



3er Encuentro de Ingeniería, innovación y sostenibilidad 2024

Estrategias para la adaptación
al cambio climático

13, 14 y 15 de noviembre
Auditorio Fernando Gómez Martínez

MEMORIAS DEL ENCUENTRO

ISSN: 3028-3213 (Recurso electrónico en línea)

Facultad de
Ingeniería



POLITÉCNICO COLOMBIANO
Jaime Isaza Cadavid

EL POLI

60
AÑOS



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024: Estrategias para la adaptación al cambio climático



ISSN: 3028-3213 (Recurso electrónico en línea)

Todos los derechos reservados. Ninguna parte de esta obra puede ser reproducida o transmitida de manera alguna sin previo permiso de sus autores.

Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151, El Poblado – Antioquia

Código postal: 050022

Canal anticorrupción:

denuncias@elpoli.edu.co

NIT: 890980136-6

Numero de edición: 02

Año y mes: Febrero del 2025

Ciudad: Medellín

Periodicidad: Anual

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025

Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |

NIT: 890980136-6 Código Postal: 050022



COMITÉ ORGANIZADOR

DECANA FACULTAD DE INGENIERIA

Adriana Xiomara Reyes Gamboa
Doctora en Ingeniería

ÁREA DE CIVIL

Diana Cristina Guzmán Corredor
Magister en Sostenibilidad y Eficiencia
Energética

Carolina González Morales
Doctora en Ingeniería Ambiental

Silvana Bolaños Chavarría
Doctora en Ingeniería Ambiental

Diana Patricia Urrea Ramírez
Magister en Ingeniería

Julián Andrés Lenis Rodas
Doctor en Ingeniería de Materiales.

ÁREA DE AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

Jean Pierre Díaz Paz
Doctor en Ingeniería

Jairo Alberto Cuellar Guarnizo
Magister en Ingeniería Electrónica

ÁREA DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO

Juan Felipe Flórez Montoya
Especialista en Gestión del Riesgo de
Emergencias y Desastres

ÁREA DE INFORMÁTICA

Hernando Recaman Chaux
Magister en Ingeniería

COMITÉ CIENTÍFICO

Jean Pierre Díaz Paz
PhD. en Ingeniería Electrónica

Jairo Alberto Cuellar Guarnizo
Magister en Ingeniería Electrónica

Juan Felipe Flórez Montoya
Especialista en Gestión del Riesgo de
Emergencias y Desastres

María Marcela Lozano Ortiz.
Esp. Patología de la construcción

Henry Omar Sarmiento Maldonado
PhD en Ingeniería Electrónica

Julián Andrés Lenis Rodas
PhD. en Ingeniería de Materiales

Breiner Bastidas
Magister en Ingeniería Ambiental



TABLA DE CONTENIDO

Prólogo.....	1
PONENCIAS	4
Tecnología sostenible. La necesidad de un relato en educación que involucre a todos	5
Implementación de control avanzado para la eficiencia en compresión de gas natural offshore mediante controlador fuzzy	11
Detección de cambios de cobertura en el Valle de Aburrá con imágenes sentinel-1	18
Las aplicaciones del Metaverso.....	23
Análisis hidráulico con imágenes de radar en la confluencia de los ríos Nechí y Cauca en el bajo Cauca Antioqueño	26
Control del punto de máxima potencia de un panel solar, utilizando controladores tipo servo con integrador y controlador PI diseñado mediante el método del lugar de las raíces	31
Movilidad eficiente, implementación de algoritmos de proximidad y georreferenciación en python para una comunidad universitaria de Cali	39
Uso del biocarbón generado a partir de la pirólisis de <i>pinus patula</i> para la remoción de vancomicina del agua potable	47
Alcantarillado por vacío: gestión de alcantarillados en zonas costeras y palafíticas de Colombia	53
Monitoreo de variables agroambientales en un lote de café para evaluar su comportamiento mediante analítica de datos e IoT	58
Evaluación de la bio-mineralización de carbonato de calcio para la fabricación de bio-ladrillos y su uso en la industria de la construcción	65
Riesgos psicosociales emergentes, fatiga, higiene del sueño y cambio climático	72
Propuesta de arquitectura empresarial para la gestión del conocimiento en salud ambiental... ..	80
Reconstrucción 3D estéreo activa.....	85
Celda de combustible microbiana con sensor de metano	89
La regulación hídrica en la planificación territorial: factores condicionantes en la cuenca hidrográfica de Rionegro.....	93
Prevención de riesgos laborales por la exposición a temperaturas extremas durante la producción de panela en Nariño Antioquia Colombia	6
Coberturas vegetales para la regulación hídrica del suelo en cultivos de café	13



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024: Estrategias para la adaptación al cambio climático



Impacto del transporte a larga distancia (LRT) de aerosoles de biomasa, estimación de aportes e influencia en el cambio climático. Valle de Aburrá	20
Lineamientos para el desarrollo del sector de los hidrocarburos en clave de transición, soberanía y sostenibilidad. Caso de estudio Republica Dominicana	30
Aprovechamiento de arenas recicladas de RCD para el uso en morteros y concretos sostenibles	37
Sustainability and Minimum Viable Product: a gamble between innovation and its understanding	42
Diseño, desarrollo e implementación soluciones digitales en la nube basadas en big data e inteligencia artificial para optimizar y monitorear procesos de gestión de proyectos y de aprendizaje: caso Roccap	51
Condiciones de movilidad de los colaboradores del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid –Una base para evaluar las emisiones generadas	54
Geodrenes nodulares o alveolares prefabricados y sostenibles.....	60
POSTER	61
Análisis hidráulico para la gestión de inundaciones urbanas en la zona de influencia del proyecto urbano parques del río norte	62
Conocimiento y reducción del riesgo de avenidas torrenciales en la quebrada malpaso sector robledo aures 2	69
Evaluación de indicadores para prevenir episodios críticos atmosféricos en el Valle de Aburrá - Información base para mitigar cambio climático.....	72
Análisis Geoespacial Multicriterio de Criticidades Socioambientales en el Sistema Interconectado Nacional mediante la aplicación del Proceso Analítico Jerárquico	78
Diseño de una app para la gestión de celdas de parqueo en Centros Comerciales en la ciudad de Medellín	85
Huella de carbono, medida de la efectividad de los programas ambientales en el ITM	89
Metabolismo urbano del agua en El Santuario, Antioquia. un enfoque desde la planificación y el ordenamiento territorial prospectivo	94
Modelo Predictivo Basado en Machine Learning y Scrum para el Mantenimiento Automotriz ..	99
Modelos de optimización de procesos en plantas de tratamiento de aguas residuales	103
Análisis de los factores socioambientales que inciden en la soberanía alimentaria en el corregimiento de Paimadó en Rio Quito – Chocó.....	109
Diseño de prototipo de máquina compactadora para optimizar la gestión de residuos alimenticios generados en centros comerciales de Medellín	113



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024: Estrategias para la adaptación al cambio climático



Análisis bibliométrico sobre el impacto de la minería de oro y platino en los ecosistemas acuáticos en Unión panamericana, Chocó	118
Gestión de sistemas de tratamiento de aguas residuales en campamentos de obra: Caso de estudio Quibdó, Chocó	124
Restauración de suelos intervenidos por diferentes actividades antrópicas en el municipio de Iloró departamento de Chocó, Colombia	129
Identificación de microplásticos en los biosólidos y su vertimiento al medio ambiente	134
Evaluación y optimización de un sistema convencional en la remoción de vancomicina del agua potable	140
Análisis de los límites de consistencia de suelos residuales en América del sur y su utilización para clasificar suelos tropicales.....	145

PROYECTOS DE AULA 153

Análisis de características de salud mental para la predicción de alertas tempranas en estudiantes universitarios	154
Análisis predictivo del nivel de uso de smarthphones – phone scanner	156
Evaluación de las propiedades físico-mecánicas mezclas de concreto con agregados sostenibles	158
Optimización de tiempo de movilidad pública - UNIFICARS	162
Diseño e implementación de un sistema para monitoreo de contaminantes basado en Arduino e IoT acoplado a una biocolumna de lavado a escala piloto, para la fitorremediación de aire interior.....	164
Agromap (Portal de Asistencia Agrícola: Optimización de Cultivos a Partir de la Ubicación Geográfica y Datos Climáticos)	166
Sistema generador de temarios	172
Sistema de Gestión de Préstamos PoliSGP	175
Docencia e investigación: estrategias para la adaptación al cambio climático en microcuencas urbanas.....	178
EqualTech	180
Análisis Morfométrico y Climático de la Cuenca del Río Sonsón: Implicaciones para la Gestión Territorial y Adaptación al Cambio Climático.....	183
Plataforma digital de guía personalizada para turismo gastronómico: My Explorer Guide	185
Condiciones de seguridad y salud en el trabajo de trabajadoras informales vendedoras de tintos en la ciudad de Medellín	189
Condiciones de seguridad y salud en el trabajo de caficultores informales en el valle de San Nicolás	193

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025

Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |

NIT: 890980136-6 Código Postal: 050022



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024: Estrategias para la adaptación al cambio climático



Dispositivo para determinar fallos en las estructuras a través de campos magnéticos	196
Realidades de las condiciones laborales dentro del proceso productivo de la población trabajadora informal campesina en el valle de San Nicolás	201
Hogar a flote.....	206
Software para la unificación de resultados de búsqueda de los diferentes catálogos web de las MBIES de Antioquia.....	215
Eco Trashapp	222
Semillero de higiene industrial - HINDU.....	229
PONENCIAS DOCTORADO.....	231
Desarrollo de un filtro catalítico para ser utilizado en motocicletas de 4 tiempos, con el fin de disminuir las concentraciones de óxidos de nitrógeno (NO _x) en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá.....	232
Modelo ágil de gestión curricular para programas académicos de educación superior	238
Modelo para la gestión de la educación inclusiva e intercultural en el contexto de la educación superior en Colombia	244
Desarrollo de una red dinámica de biosensores de bajo costo para determinar confort térmico en instalaciones avícolas en tiempo real	249
Modelo Híbrido para el Monitoreo del Transporte de Sedimentos en Cuencas Andinas: Integración de Teledetección Multiespectral, Radar SAR y Modelos Hidráulicos 2D.....	253
Desarrollo de habilidades blandas en estudiantes, mediante la implementación de escenarios inmersivos en dos instituciones de educación superior de Medellín	260
Modelo de adopción de tecnologías de inteligencia artificial para la gestión de riesgos de ciberseguridad en activos digitales del entorno empresarial.	265
Diseño curricular con enfoque de género para la enseñanza de inteligencia artificial en educación básica secundaria en Medellín	271
Plataforma de Aprendizaje asistida por Inteligencia Artificial y el DUA, para el desarrollo de competencias matemáticas, en estudiantes con Discapacidad Auditiva de la ciudad de Medellín	284



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Prólogo

El III Encuentro de Ingeniería, Innovación y Sostenibilidad ha reunido a investigadores, profesionales, académicos y representantes del sector productivo en un espacio de reflexión y discusión sobre estrategias para la adaptación al cambio climático. Este evento, organizado por la **Facultad de Ingeniería del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid**, ha servido como plataforma para la presentación de soluciones innovadoras y sostenibles a los desafíos actuales en diversas áreas de la ingeniería.

La convocatoria para la recepción de resúmenes de trabajos de investigación se abrió el **5 de agosto de 2024**, recibiendo más de **80 propuestas** provenientes de diversas instituciones universitarias y del sector privado. Todas las propuestas fueron sometidas a un riguroso proceso de revisión por parte del **comité científico del evento**.

El encuentro contó con una participación significativa, con más de **500 asistentes**, incluyendo estudiantes, docentes, profesionales y egresados. A lo largo del evento, se llevaron a cabo **31 ponencias nacionales e internacionales**, distribuidas en **27 ponencias presenciales, 3 virtuales y 1 en modalidad mixta (virtual/presencial)**.

La agenda del evento incluyó diversos escenarios diseñados para fomentar el intercambio de conocimientos y experiencias:

- **Ponencias magistrales (presenciales y virtuales):** Presentaciones de resultados de proyectos académicos, investigaciones, desarrollos tecnológicos e innovaciones. También se incluyeron ponencias técnicas de empresas invitadas.
- **Exposición de pósteres:** Presentaciones visuales con resultados de proyectos académicos o de investigación.
- **Proyectos de aula:** Espacio para la socialización de proyectos académicos desarrollados por los estudiantes como parte de su proceso formativo.
- **Jornadas lúdico-académicas por área:** Retos planteados en diferentes disciplinas, incluyendo **ingeniería civil, informática, seguridad y salud en el trabajo, y automatización**.
- **Panel de expertos:** Espacio de discusión con la participación de invitados nacionales e internacionales.

Las memorias que aquí se presentan recogen el esfuerzo y la dedicación de los participantes, reflejando un compromiso con la generación de conocimiento aplicado a la mitigación de los efectos del cambio climático y la sostenibilidad en distintos sectores. A través de este evento se presentaron **31 ponencias, 36 pósters, 10 proyectos de aula y 8 ponencias de doctorado**,

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025

Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |

NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



abordando temas clave como la optimización de recursos hídricos, la movilidad sostenible, el uso de inteligencia artificial en la gestión ambiental y el impacto socioeconómico del cambio climático.

Además del aporte de la comunidad académica, este evento contó con la valiosa participación de empresas y entidades que desempeñan un papel fundamental en el desarrollo tecnológico y la sostenibilidad en Colombia y la región:

- **COPNIA** (Consejo Profesional Nacional de Ingeniería) – Entidad encargada de la regulación y supervisión del ejercicio profesional de la ingeniería en Colombia, garantizando el cumplimiento de estándares éticos y técnicos en el sector.
- **LAMIDREN** – Empresa especializada en soluciones de drenaje geosintético y manejo de aguas en proyectos de infraestructura, construcción y sostenibilidad ambiental.
- **ByR INGENIEROS** – Firma enfocada en la consultoría e ingeniería aplicada a la construcción, con énfasis en eficiencia energética y desarrollo sostenible.
- **ROCCAP** – Empresa dedicada al diseño e implementación de soluciones digitales en la nube, con un enfoque en el uso de big data e inteligencia artificial para la optimización de procesos.
- **DIRIMPEX** – Compañía especializada en la importación y distribución de equipos y materiales para la industria eléctrica y electrónica, con un enfoque en eficiencia y sostenibilidad.
- **I+D ELECTRÓNICA** – Empresa innovadora en el desarrollo de tecnologías electrónicas para automatización, control y optimización de procesos industriales.
- **SIATA** (Sistema de Alerta Temprana del Valle de Aburrá) – Proyecto dedicado a la monitorización ambiental y la gestión de riesgos, proporcionando datos clave para la toma de decisiones en la mitigación de impactos climáticos y desastres naturales.

Uno de los momentos más destacados del encuentro fue el **panel de expertos "Desafíos y Oportunidades del Cambio Climático en la Educación y la Ingeniería"**, en el que participaron reconocidos especialistas nacionales e internacionales:

- **María Tereza Cavazos Pérez, PhD en Geografía**, del Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California (CICESE).
- **Joaquín Paredes, PhD en Pedagogía**, de la Universidad de Madrid.
- **Sergio Andrés Castaño Giraldo, PhD en Ingeniería Química y Magíster en Automatización y Control**, de la Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- **Juan Camilo Parra, PhD en Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente**, del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid.

Asimismo, el evento brindó un espacio clave para la **socialización de las propuestas doctorales** de los estudiantes del **Doctorado en Ingeniería e Innovación Tecnológica** del Politécnico Colombiano

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025
Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |
NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Jaime Isaza Cadavid, consolidando este encuentro como un escenario para la divulgación de investigaciones emergentes con alto impacto en el desarrollo tecnológico y la sostenibilidad.

Otro momento importante fue la **sesión de pósters**, realizada en el coliseo de la institución, donde se presentaron más de **30 investigaciones** en curso y proyectos destacados en diversas áreas de la ingeniería y la innovación. Esta actividad permitió el intercambio de ideas entre investigadores, docentes y estudiantes, promoviendo la discusión y el fortalecimiento del conocimiento científico.

Para cerrar el evento, el último día se desarrolló una jornada de interacción con estudiantes, en la que se promovió el aprendizaje práctico a través de desafíos de ingeniería y tecnología. Durante esta jornada, los participantes pusieron a prueba sus conocimientos y habilidades en distintos retos:

- **Reto: Construcción de un puente levadizo**
- **Reto: Competencia de Programación de Drones**
- **Reto: Construyendo un lugar de trabajo seguro**
- **Torneo de minisumos**

Estas actividades fomentaron el trabajo en equipo, la creatividad y la aplicación de conceptos fundamentales en contextos reales, reafirmando el compromiso del evento con la formación de futuros profesionales en ingeniería e innovación.

Este documento no solo constituye un registro del evento, sino también una fuente de consulta y referencia para investigadores y profesionales interesados en la innovación y la sostenibilidad. Esperamos que las ideas aquí compiladas inspiren nuevas iniciativas y contribuyan al desarrollo de estrategias efectivas para un futuro más resiliente y sostenible.

Facultad de Ingeniería

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid
Medellín, 2025

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025
Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |
NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



PONENCIAS



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Tecnología sostenible. La necesidad de un relato en educación que involucre a todos

AUTORES

Joaquín Paredes Labra.

Universidad Autónoma de Madrid (España)

joaquin.paredes@uam.es.

RESUMEN

El problema de la sostenibilidad de la tecnología está comenzando a preocupar a los investigadores en educación. Además de la problemática de los residuos, se viene observando que hay otras nuevas, como la producción y funcionamiento de la tecnología. Sin embargo, algunas organizaciones, como Naciones Unidas, reivindican nuevos usos de la tecnología para el cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible y la mejora de la condición de la ciudadanía, la gobernanza y la inclusión social. Para valorar si es posible una tecnología sostenible se realiza una revisión de tres investigaciones desarrolladas por los autores. La primera, desarrollada en Rio Grande (Brasil), sobre evaluación de acciones del hombre en el litoral, con una comunidad de pescadores, y recogida etnográfica de información. La segunda, en una zona deprimida de la ciudad de Sao Paulo (Brasil), sobre validez del diseño de un curso de autoformación del agente de salud comunitaria, con 50 participantes, con cuestionarios sobre conocimientos, tipo de formación y usabilidad de los materiales. La tercera, desarrollada en Goias (Brasil), sobre la sensibilización sobre agrotóxicos para una comunidad agraria mediante la implementación de una comunidad de práctica basada en una red social, con recogida de información en diarios y notas de campo. Se ofrece entre sus resultados que para trabajar sosteniblemente hay que cambiar el relato de los usos de la tecnología en programas educativos. Este cambio debe ser iluminado por una idea de competencia digital y ciudadanía alfabetizada vinculadas a la sostenibilidad.

PALABRAS CLAVE:

Tecnología educativa, sostenibilidad, educación, agenda 2030.

INTRODUCCIÓN

El problema de la sostenibilidad de la tecnología está comenzando a preocupar a los investigadores en educación. Además de la problemática de los residuos tecnológicos, se viene observando que hay otras nuevas dificultades, como las asociadas a la producción y funcionamiento de la tecnología. Todo consume, gasta y, además, genera residuos.

Las tecnologías son un problema medioambiental. Por ejemplo, la necesidad de poseer dispositivos se ha incrementado notablemente. Así, se ha observado que, durante la pandemia, la producción

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025

Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |

NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



de dispositivos para responder a la demanda se disparó, con un crecimiento de 1,8% anual (a medio camino del crecimiento típico anual de una empresa con éxito y en expansión que se estima en casi el 2,8% anual), lo que es sorprendente en un negocio que se suponía estancado (<https://www.recyclia.es/2021/II-INFORME-RECYCLIA.pdf>).

Es más, se observa que el consumo de energía por parte de todos los dispositivos es enorme. Incluso algo tan bien visto como el almacenamiento en la nube supone un consumo disparado. Se calcula que todos los centros de almacenamiento en la nube consumen 150 Tw al año (<https://www.iea.org/reports/data-centres-and-data-transmission-networks>) lo que equivale a 3/4 partes del consumo anual de energía eléctrica de un país de casi 50 millones de habitantes como es España.

A ello se añade el problema de los residuos. En una cultura de usar y tirar, cada vez hay más residuos electrónicos. Por ejemplo, en la Unión Europea, los residuos de equipos informáticos y de telecomunicaciones supone el 14,1% del total de residuos. Equivale a que, en un camión con dispositivos desechados, junto a 4 máquinas de lavar, 3 frigoríficos y 1 pequeño electrodoméstico van 2 ordenadores o tabletas (<https://www.europarl.europa.eu/news/es/headlines/society/20201208STO93325/residuos-de-aparatos-electricos-y-electronicos-en-la-ue-datos-y-cifras>).

Lo peor no sólo es que haya más dispositivos en la basura, sino que las sociedades más ricas están procurando deshacerse de la basura más problemática, la que puede ser más contaminante, en terceros países. Un ejemplo es el vertedero tecnológico de Ghana, cuyo deplorable estado denuncia *Amnistía internacional* (<https://blogs.es.amnesty.org/andalucia/2020/06/01/el-algacireno-andres-carrasco-ragel-ganador-del-iv-concurso-de-fotografia-sobre-derechos-humanos-de-amnistia-internacional-andalucia/ghana-vertedero-tecnologico/>), al que sigue llegando basura tecnológica a pesar de la convención de Basilea, que prohíbe el envío de residuos a países que no pueden procesarlos.

Frente al consumo y los residuos, los tecnólogos educativos vienen haciendo una labor de pedagogía del consumo, reivindicando históricamente sacar provecho a los equipos hasta que realmente no sean útiles. Frente a las modas y la publicidad, la decisión del cambio de equipo informático se debe basar en la pérdida significativa de funcionalidad o potencia de procesamiento.

Otra pedagogía está asociada a la reducción de consumo y emisiones. Por ejemplo, lo que recomienda la universidad de Córdoba (España) (<https://www.uco.es/servicios/uat/fags/fags-software/33-ahorrar-energia-en-el-uso-del-equipos-informaticos>), que puede subscribir cualquier institución educativa: apagar los equipos informáticos al acabar la jornada de trabajo, utilizar equipos informáticos con etiquetas ecológicas, utilizar equipos informáticos adecuados a las



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



necesidades del trabajo que se va a desarrollar y por lo tanto no sobredimensionados, utilizar configuraciones de ahorro de energía (incluidos salvapantallas, brillo, standby), y utilizar regletas eléctricas para cerciorarse de que los equipos se apagan.

Otras medidas de pedagogía del consumo apuestan por implementar usos sostenibles de materiales digitales con repositorios y recursos abiertos, manejar software libre o impulsar la filosofía de “ciencia abierta” y el “conocimiento producido seriamente”. Todo ello quiere apuntar a limitar las compras, escalar el consumo de recursos para leer materiales digitales y, más allá, trabajar para que los estudiantes tomen conciencia de la importancia de evitar el consumo, con otra ética de usos de la tecnología. Todo ello tiene ventajas para las instituciones educativas, si bien no salva los costes derivados de trabajar en la nube, que se mencionaron antes.

Tomar conciencia de todas estas situaciones parece un primer paso en la resolución de la paradoja de tecnología y sostenibilidad. Para ir más allá, y hacer consciente a la población de usos alternativos de la tecnología que pueden redundar en una mejora sostenible de las sociedades, algunas organizaciones, como Naciones Unidas (Sustainable Development Goals of the 2030 Agenda for Sustainable Development, <https://sdgs.un.org/goals>), reivindican nuevos usos de la tecnología para el cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible y la mejora de la condición de la ciudadanía, la gobernanza y la inclusión social. En la propuesta que implementa una de las agencias de la ONU, se plantea que la tecnología puede reducir el problema de los desechos, al tiempo que se amplían los derechos y la solución de los problemas de los más necesitados.

Esta propuesta de Naciones Unidas es coherente con las que vienen haciendo organizaciones no gubernamentales que trabajan con refugiados (por ejemplo <http://ciudadaniaglobal.redongdmad.org>). A partir de la penosa situación de los acogidos, reclaman ir hacia una ciudadanía democrática global en la que la tecnología tiene un papel relevante en la ampliación de los sujetos de ciudadanía, alcanzado a minorías, migrantes, mujeres y jóvenes, la ampliación de los derechos asociados, tales como los derechos de cuarta generación como los ecológicos y los culturales, la redefinición de la esfera pública, más allá de los espacios formales existentes para la participación democrática, la promoción de nuevos modelos de participación con tecnología (democracia con tecnología), y la generación de nuevos modelos de convivencia en sociedades multiculturales.

Esta reivindicación de derechos está en la base de otra dinámica, la de cambiar el relato de los usos educativos de la tecnología. Al respecto están trabajando los museos de ciencias naturales que colaboran con redes ciudadanas, como ocurre con los museos de ciencias naturales de Londres, Ámsterdam, Berlín, Caixaforum-Madrid o Nueva Zelanda. Más allá de la mera exposición o acumulación de información, con auxilio de la tecnología se construyen redes de investigación en la comunidad, y hay circulación de ideas y debates muy interesantes para trabajar en busca de la sostenibilidad.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Una limitación de estas propuestas es que, en ocasiones, no abordan problemas sentidos por la comunidad y simplifican los conocimientos que trabajan. Por ello, algunos autores (Morozov, 2015; Adell, 2018) reclaman que los proyectos educativos que cambian el relato de los usos educativos de la tecnología, y para una tecnología sostenible, se desarrollen dentro de un proyecto social y colectivo, exhiban la eticidad de relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad, utilicen tecnologías no extractivas (de datos, de públicos cautivos, de posteriores ventas) y que pongan las tecnologías en manos de los docentes.

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

Para valorar si es posible una tecnología sostenible se realiza revisión de tres investigaciones sobre propuestas de tecnología educativa desarrolladas por los autores en diferentes contextos. La primera, desarrollada en Rio Grande (Brasil), sobre evaluación acciones del hombre en el litoral, en la que la tecnología tuvo un papel muy limitado, con una comunidad de pescadores, y recogida etnográfica de información. La segunda, desarrollada en Goias (Brasil), sobre la sensibilización sobre agrotóxicos para comunidades agrarias mediante la implementación de una comunidad de práctica basada en una red social disponible en la comunidad que compartiera con micro-videos tanto denuncias como buenas prácticas sobre agrotóxicos, con recogida de información en diarios y notas de campo. La tercera, en una zona deprimida de la ciudad de Sao Paulo (Brasil), sobre validez del diseño de un curso y materiales para la autoformación del agente de salud comunitaria, a través de micro series animadas en episodios con narrativas y situaciones cercana a la realidad profesional, con 50 agentes de salud comunitaria, con cuestionarios sobre conocimientos, tipo de formación y usabilidad de los materiales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la primera investigación, la desarrollada en Rio Grande, tras implementar la recogida de información y monitoreo del litoral, se realizaban actividades para integrar el conocimiento comunitario tradicional popular con los resultados del monitoreo ambiental. Eran actividades de educación informal, con ayuda de tecnologías muy elementales para documentar sus hallazgos y analizarlos con la comunidad. Había un proyecto social y colectivo, el problema analizado se preocupaba de forma inherente por la eticidad de relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad, pero la tecnología fue meramente para registrar y transmitir y no se puso en manos de los protagonistas. La tecnología sirvió sin embargo para ordenar el diálogo con la comunidad y generó tanto satisfacción en la población como efectos posteriores, como deseos de mejorar el entorno. El compromiso medioambiental de los moradores de la costa fue, además, un valor intrínseco para garantizar la marcha del proyecto (Reigota, 2006).

En la segunda investigación, la desarrollada en Goias, había un problema medioambiental en una zona con fuerte incremento de agricultores en un territorio virgen, con un importante acuífero, al borde de territorio protegido, y un uso desmesurado de plaguicidas. A la idea de que la comunidad

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025

Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |

NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



compartiera micro-videos tanto con denuncias como con buenas prácticas sobre agrotóxicos, los agentes comunitarios, que estaban trabajando con esa comunidad, propusieron recortar el proyecto porque les pareció mejor no molestar a la asociación de productores agrarios (Paredes-Labra, Siri y Oliveira, 2018). Se trató de una experiencia social y colectivamente muy comprometida, preocupada por exhibir la eticidad de relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad, en el que los participantes eran los propietarios de los datos que generaban y con tecnología en manos de los participantes. Sin embargo, la experiencia tuvo que abortarse porque iba mal. A veces el cambio del relato no es posible por las condiciones del contexto. La idea de ciudadanía y la militancia con los objetivos de desarrollo sostenible requieren compromiso político de quienes promueven los proyectos (Costa y Loureiro, 2015).

En la tercera experiencia (Benet, Silva y Paredes, en prensa), en Sao Paulo, se pusieron en marcha los microvideos para la formación de agentes de mediación sanitaria por parte del proyecto y fue muy bien recibido por los agentes. El proyecto adolece de problemas relacionados con clarificar su sentido no extractivo y poner la tecnología realmente en manos de los participantes.

CONCLUSIONES

En la primera investigación, la desarrollada en Rio Grande, se observa que son mejores relatos educativos incompletos que falta de relatos, sobre todo cuando hay un compromiso medioambiental que ha calado en la población. En la segunda, la desarrollada en Goias, se vivieron los límites de la investigación y de los usos de tecnología en la transformación de la realidad. Esta contrariedad se convierte en una evidencia del poder inherente de proyectos que cambian el relato de los usos con la tecnología. En el tercero, en Sao Paulo, se observó que la continuación de la experiencia quería devoluciones de los participantes que se iban a incorporar como micro-videos para compartir con la comunidad.

En todas ellos está subyaciendo que la apuesta por tecnología que reinterpreta la competencia digital de la población, que es apropiada por la población y que es abundante en su contexto permite levantar proyectos que interesan a todos. Los proyectos educativos con tecnología en busca de la sostenibilidad relanzan dichos valores.

REFERENCIAS

AA.VV. Consumo eléctrico en centros de datos en el mundo. <https://www.iea.org/reports/data-centres-and-data-transmission-networks>

AA.VV. Crecimiento de la producción de dispositivos durante la pandemia <https://www.recyclia.es/2021/II-INFORME-RECYCLIA.pdf>

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025
Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |
NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



AA.VV. Residuos de aparatos electrónicos en la Unión Europea.

<https://www.europarl.europa.eu/news/es/headlines/society/20201208STO93325/residuos-de-aparatos-electricos-y-electronicos-en-la-ue-datos-y-cifras>

Adell, J. (2018). Más allá del instrumentalismo en tecnología educativa. En J. Gimeno (Ed.), *Cambiar los contenidos cambiar la educación* (pp. 117–127). Morata.

Amnistía Internacional. El blog de Amnistía.

<https://blogs.es.amnesty.org/andalucia/2020/06/01/el-algecireno-andres-carrasco-ragel-ganador-del-iv-concurso-de-fotografia-sobre-derechos-humanos-de-amnistia-internacional-andalucia/ghana-vertedero-tecnologico/>

Benet, A.; Silva, E.; Paredes-Labra, J. (en prensa). Micro-learning (micro-series animadas) para la mejora de la formación permanente de los agentes comunitarios de salud en Brasil. *Tendencias pedagógicas*.

Costa, C.A.; Loureiro, C. (2015). Interdisciplinaridade e educação ambiental crítica. *Ciencia & Educação*, 21(3): 693-708.

Morozov, E. (2015). La locura del solucionismo tecnológico. *Clave Intelectual*.

Naciones Unidas (2015). Sustainable Development Goals of the 2030 Agenda for Sustainable Development (<https://sdgs.un.org/goals>)

Ong Ciudadanía Global. Materiales para la ciudadanía global.

<http://ciudadaniaglobal.redongdmad.org>

Paredes-Labra, J.; Siri, I.; Oliveira, A. (2018). Preparing public pedagogies with ICT. The case of pesticides and popular education in Brazil. *Sustainability*, 10(10), 3377-3388.

Reigota, M. (2006). Ciencia y sustentabilidad. Contribución de la investigación en educación ambiental en Brasil. *Trayectorias: revista de ciencias sociales de la Universidad Nacional de Nuevo León*, 8(20-21): 89-99.

Universidad de Córdoba, España. Recomendaciones para ahorrar energía en el uso de equipos informáticos. <https://www.uco.es/servicios/uat/faqs/faqs-software/33-ahorrar-energia-en-el-uso-del-equipos-informaticos>



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Implementación de control avanzado para la eficiencia en compresión de gas natural offshore mediante controlador fuzzy

Sergio A.C. Giraldo¹, Thamires A.L. Guedes¹, Marcelo L. de Lima², Mario
C.M.M. Campos¹, Daniel M. Lima³, Leonardo D. Ribeiro², Argimiro R.
Secchi¹

¹ Chemical Engineering Program, LADES—Software Development Laboratory, COPPE,
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Cidade Universitária, Rio de
Janeiro, 21941-914, RJ, Brazil

² Centro de Pesquisas Leopoldo Américo Miguez de Mello (CENPES), Petrobras, Cidade
Universitária, Rio de Janeiro, 21941-915, RJ, Brazil

³ Department of Control, Automation and Computing, Federal University of Santa
Catarina, Bairro Velha, Blumenau, 89036-256, SC, Brazil

sergio@peq.coppe.ufrj.br

RESUMEN

Este estudio presenta un sistema de control avanzado basado en lógica difusa diseñado para incrementar la eficiencia y sostenibilidad en la compresión de gas natural en plataformas offshore. La implementación de este controlador difuso busca mitigar las paradas operativas no programadas, reduciendo el sobrecalentamiento en compresores y optimizando la gestión de la presión de descarga. Mediante el uso de un gemelo digital validado con datos reales, se desarrollaron simulaciones que permitieron evaluar el impacto del controlador en términos de reducción de emisiones de gases y consumo energético. Los resultados muestran que la regulación de la presión de descarga mediante este enfoque reduce significativamente el volumen de gas quemado (flare), minimizando las emisiones de CO₂ y maximizando la continuidad operativa. Este avance subraya el potencial de los sistemas de control avanzado para optimizar la eficiencia, confiabilidad y sostenibilidad ambiental en entornos industriales complejos, alineándose con los objetivos de tecnología sustentable en la industria energética.

PALABRAS CLAVE:

Control Difuso, Compresión de Gas Natural, Reducción de Emisiones, Sostenibilidad, Gemelo Digital

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025
Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |
NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



INTRODUCCIÓN

La creciente demanda de gas natural ha impulsado la implementación de metodologías avanzadas de control en sistemas de compresión de gas (GCS) en plataformas offshore. La necesidad de gestionar flujos y restricciones complejas, al tiempo que se evita la activación de sistemas de desfogue para cumplir con normas ambientales, es un reto significativo en la extracción y procesamiento de gas natural (Jones et al., 2017).

Un sistema de compresión de gas está compuesto por compresores, intercambiadores de calor, separadores y cabezales que, en conjunto, regulan la presión y temperatura del gas. En estos sistemas, los compresores centrífugos son esenciales para elevar la presión del gas, pero presentan desafíos debido a la variabilidad en el flujo y composición del gas, lo que puede llevar a situaciones de recirculación y, en el peor de los casos, a apagados operativos, generando altos costos y emisiones de CO₂ (Mokhatab et al., 2018).

Para minimizar la quema de gas, el sistema de control del GCS debe ajustar rápidamente la potencia de los compresores, maximizando la capacidad de procesamiento. La Figura 1 muestra un esquema del GCS donde se emplea una configuración de compresores en paralelo (Trenes A, B y C), donde los Trenes A y B operan continuamente mientras que el Tren C actúa como una unidad de reserva que se activa durante el mantenimiento o ante un incremento en la demanda de compresión. Cada tren de compresión contiene tres etapas, interconectadas y controladas por una turbina por cada tren la cual regula la velocidad del compresor. Desde el cabezal de succión, el gas ingresa a las etapas de compresión donde se enfría y pasa por separadores para eliminar líquidos y partículas. Esto protege las aspas de los compresores y asegura la pureza del gas. Después, el gas comprimido llega al cabezal de descarga, donde un controlador PID regula la presión para asegurar que el gas esté listo para su venta o inyección. Para mantener la estabilidad, el GCS cuenta con controladores PID en las secciones de succión, descarga y desfogue, ajustando en tiempo real el flujo y la presión. Además, el sistema incluye válvulas de anti-surge, que redirigen el flujo de salida hacia la entrada si el flujo de entrada cae por debajo del umbral de surge, evitando daños y manteniendo la eficiencia del compresor (Gravdahl et al., 2000).



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático

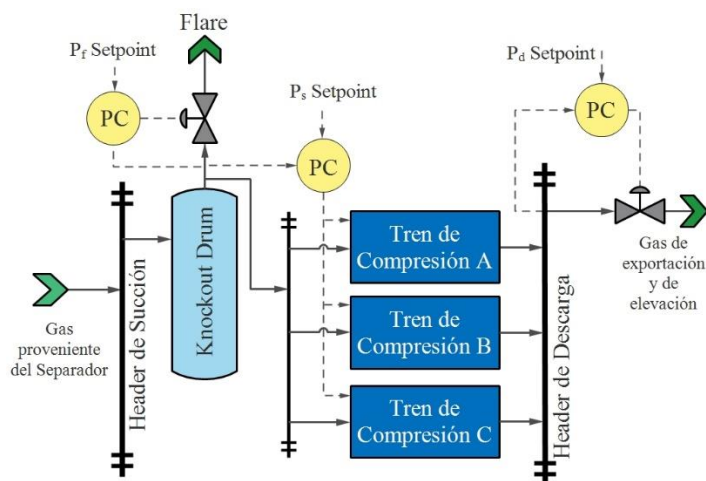


Figura 1. Esquema del sistema de compresión de gas natural en plataforma offshore

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

En este estudio, se desarrollaron e implementaron dos estrategias de control avanzado para el GCS, con el objetivo de minimizar las paradas operativas y reducir las emisiones de CO₂ mediante el ajuste de la presión de descarga de los compresores. Para construir el modelo de gemelo digital (Digital Twin) en el simulador EMSO, se utilizaron datos históricos y operativos de la planta. Este modelo permitió identificar las causas de las paradas no planificadas en el sistema y analizar las condiciones que generaban sobrecargas en los compresores. El análisis de los datos mostró que las paradas de emergencia se producían principalmente por elevadas temperaturas en la segunda o tercera etapa del compresor cuando había un aumento en la oferta de gas del pozo productor. Este sobrecalentamiento activaba los sistemas de protección, forzando la desactivación del compresor hasta que la temperatura retornara a niveles operativos.

Esta situación era crítica, ya que el gas acumulado debía ser liberado mediante su quema en las chimeneas de desfogue (flare), generando no solo pérdida de producto sino también emisiones contaminantes. Además, las interrupciones en el compresor implicaban una disminución en la producción y la acumulación de costos adicionales, incluyendo multas por sobrepasar los límites de emisiones de CO₂ establecidos en las normativas ambientales. Dado que el rearme del compresor no es instantáneo, la máquina permanecía inactiva hasta alcanzar nuevamente su temperatura nominal, afectando significativamente la continuidad de las operaciones de la plataforma.

Para mitigar estos eventos, se analizó la posibilidad de reducir las temperaturas críticas de los compresores antes de que el sistema los desactivara. A través de simulaciones en el gemelo digital, se observó que una disminución de la presión de descarga lograba una reducción rápida en la temperatura de los compresores, mitigando así el riesgo de sobrecalentamiento y evitando las



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



paradas operativas. Para validar esta estrategia, se realizaron pruebas manuales en colaboración con el personal operativo de la planta, quienes ajustaron la presión de descarga en condiciones reales y confirmaron que la temperatura respondía favorablemente a estos cambios. A partir de esta validación, se procedió al diseño de un sistema de control avanzado que automatizara estos ajustes de setpoint en tiempo real.

La solución propuesta consistió en desarrollar dos controladores avanzados: un controlador fuzzy y un controlador MPC. El controlador fuzzy, basado en reglas heurísticas, fue diseñado para implementarse directamente en el sistema de automatización de la plataforma, debido a su facilidad de integración. Su estructura modular permitió incorporar funciones de fuzzificación, inferencia basada en reglas y defuzzificación, lo cual facilitó su operación y comprensión por parte del personal de campo. Este controlador ajusta automáticamente el setpoint de presión de descarga en función de las temperaturas críticas de los compresores, logrando un control ágil sin intervención manual y evitando sobrecargas.

En paralelo, se desarrolló un controlador MPC en el gemelo digital del GCS como un enfoque complementario y de validación académica. A diferencia del controlador fuzzy, el MPC tiene dos grados de libertad, lo que le permite ajustar simultáneamente los setpoints de presión de succión y presión de descarga para gestionar de manera óptima las temperaturas de los compresores bajo condiciones simuladas. Los resultados obtenidos confirmaron la capacidad del MPC para anticiparse a cambios en la carga térmica, optimizando la respuesta de control y validando teóricamente la estrategia de control avanzado para prevenir paradas operativas y reducir las emisiones de CO₂.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para evaluar el rendimiento de los controladores avanzados (fuzzy y MPC) en el sistema de compresión de gas (GCS), se examinaron las respuestas del sistema ante perturbaciones no medidas en el flujo de gas de entrada. A continuación, se presentan los resultados de la implementación en planta del controlador fuzzy, seguido del estudio complementario del MPC en simulación, y una discusión sobre las ganancias ambientales obtenidas a través de la reducción de emisiones de CO₂.

Respuesta del Controlador Fuzzy en Planta Real

El controlador fuzzy fue implementado en la planta real para regular de manera dinámica la presión de descarga del sistema de compresión, manteniendo las temperaturas de los compresores dentro de los límites seguros. Este controlador cuenta con un margen operativo definido entre 183 y 193 bar, con un setpoint nominal de 193 bar que se ajusta en función de las temperaturas críticas en las etapas dos y tres del compresor. La Figura 2 muestra cómo el controlador fuzzy responde eficientemente a incrementos en la temperatura de la tercera etapa del compresor durante el período de análisis, que abarcó del 5 de octubre al 23 de noviembre de 2023.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático

Cuando la temperatura en la tercera etapa del compresor supera el umbral de "condición normal", el controlador fuzzy reduce el setpoint de presión de descarga para disminuir rápidamente la temperatura del compresor y evitar que se alcance el punto de disparo. Una vez que la temperatura descende por debajo del umbral crítico, el controlador fuzzy restablece el setpoint de presión al valor nominal de 193 bar, permitiendo una operación estable y continua sin intervención manual. Estos resultados evidencian la efectividad del controlador fuzzy en el control de temperatura, proporcionando un ajuste ágil y adaptable a las condiciones operativas reales, lo cual contribuye a evitar paradas innecesarias y reduce el riesgo de sobrecalentamiento.

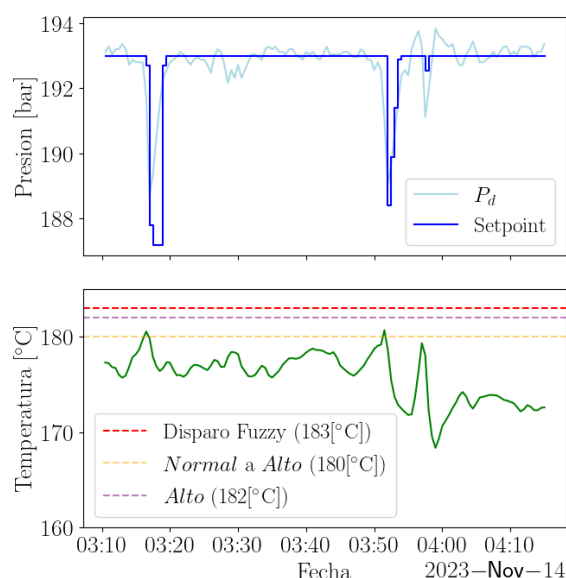


Figura 2. Respuesta del controlador fuzzy mostrando los ajustes de presión de descarga y el control de temperatura en la planta real.

Estudio Complementario del Controlador MPC en Simulación

Como estudio complementario y con fines de validación académica, se evaluó el controlador MPC en un entorno simulado usando el gemelo digital del GCS en EMSO. La Figura 3-a muestra la respuesta del MPC ante perturbaciones en el flujo de gas de entrada, simulando variaciones de -5%, -7%, 25% y 0% en el caudal de alimentación para representar condiciones dinámicas reales.

En el caso de perturbaciones negativas, que podrían llevar a un calentamiento no deseado en los compresores, el MPC disminuyó los setpoints de presión de succión y descarga, reduciendo la generación de calor y optimizando el consumo de potencia. Para perturbaciones positivas, el MPC aumentó las presiones hasta sus límites superiores, Figura 3-b, manteniendo las temperaturas dentro del rango seguro y previniendo el apagado del compresor, Figura 3-c. Estos ajustes



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático

automáticos permitieron al MPC equilibrar la temperatura y el consumo de potencia, demostrando su capacidad para gestionar condiciones operativas complejas en el entorno simulado.

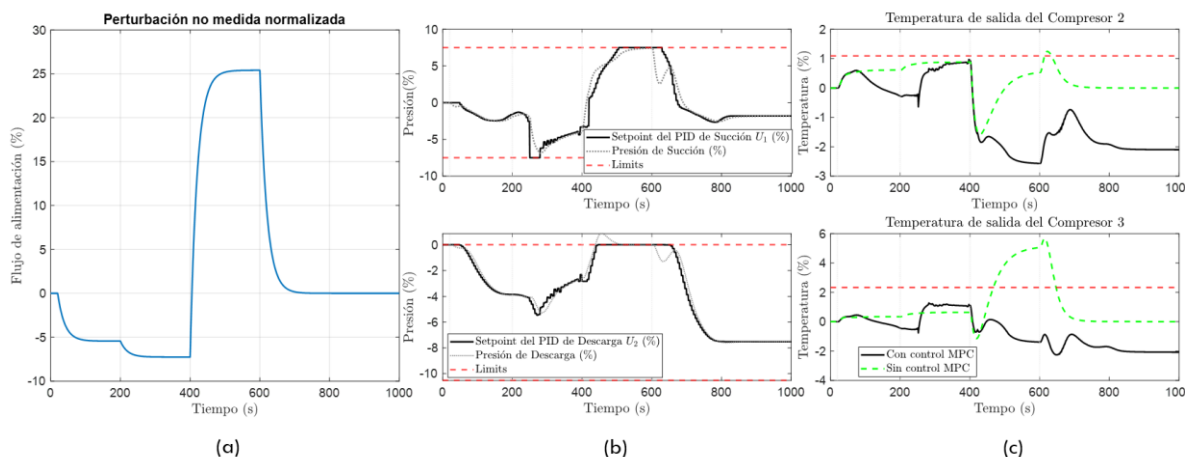


Figura 3. Respuesta del MPC en simulación mostrando los ajustes de presión de succión y descarga y el control de temperatura en las etapas del compresor bajo perturbaciones.

Ganancias Ambientales

La implementación del controlador fuzzy en la planta no solo optimizó el control de temperatura y evitó paradas operativas, sino que también generó ganancias ambientales significativas. La Tabla 1 presenta los datos de dos periodos de operación, antes y después de la implementación del fuzzy, y muestra una reducción aproximada del 84.4% en el volumen de gas quemado. Esta disminución en el gas quemado contribuye directamente a la reducción de las emisiones de CO_2 , validando la efectividad del fuzzy como una solución sostenible y eficiente en el contexto operativo de la plataforma.

Tabla 1. Reducción del volumen de gas quemado tras la implementación del controlador fuzzy.

Periodo	Volumen de Gas Quemado (m^3)
04/06/2022 – 06/06/2022	76,687.00
25/05/2024 – 30/06/2024	11,919.75
Reducción	84.4%

Estos resultados confirman que el controlador fuzzy no solo cumple con los requisitos de operación continua y seguridad, sino que también proporciona un beneficio ambiental tangible al reducir significativamente las emisiones de CO_2 generadas en la plataforma.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



CONCLUSIONES

La implementación de controladores avanzados en el sistema de compresión de gas de una plataforma offshore ha demostrado ser una estrategia eficaz para optimizar la operación y reducir el impacto ambiental. En este estudio, el controlador fuzzy, implementado en planta, se presentó como una solución práctica, de fácil integración y altamente efectiva en condiciones operativas reales, logrando una significativa reducción de emisiones de CO₂ mediante la disminución del volumen de gas quemado y mejorando la eficiencia energética del sistema.

El controlador MPC, evaluado en simulación a través del gemelo digital, aportó una validación adicional al mostrar su capacidad para anticiparse a variaciones operativas complejas, ajustando los setpoints de presión de succión y descarga de manera óptima. Sin embargo, su implementación en planta real requeriría mayores recursos y ajustes técnicos.

Estos resultados subrayan la importancia de integrar estrategias de control avanzado, como el fuzzy, en la industria offshore. La adaptabilidad y efectividad del controlador fuzzy en la reducción de paradas no planificadas y emisiones contaminantes resaltan su valor en la búsqueda de una operación más sostenible y ambientalmente responsable en plataformas de gas natural.

REFERENCIAS

Campos, M. C. M. M., Carvalho, M. V., & Perez, J. M. G. T. (2013). *Controle Avançado e Otimização na Indústria do Petróleo*. Interciência, Rio de Janeiro, Brasil.

Jones, K., Cortinovis, A., Mercangoez, M., & Ferreau, H. (2017). Distributed model predictive control of centrifugal compressor systems. *IFAC-PapersOnLine*, 50(1), 10796–10801.

<https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2017.08.2343>

Mokhatab, S., Poe, W. A., & Mak, J. Y. (2018). *Handbook of Natural Gas Transmission and Processing: Principles and Practices* (3rd ed.). Gulf Professional Publishing.

Gravdahl, J., Willems, F., de Jager, B., & Egeland, O. (2000). Modeling for surge control of centrifugal compressors: Comparison with experiment. *Proceedings of the 39th IEEE Conference on Decision and Control* (Vol. 2, pp. 1341–1346). IEEE. <https://doi.org/10.1109/CDC.2000.912043>



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Detección de cambios de cobertura en el Valle de Aburrá con imágenes sentinel-1

AUTORES

Rubén Darío Vásquez-Salazar¹, Jean Pierre Díaz-Paz¹, Juan Andrés Jaramillo-Pineda¹, Valentina Cortés-Arango¹, Ahmed Alejandro Cardona-Mesa¹, Luis Gómez², Carlos M. Travieso-González²

¹Facultad de Ingeniería. Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. Medellín, Colombia

²Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, España

*Correspondencia: rdvasquez@elpoli.edu.co

RESUMEN

En el presente trabajo se realiza el análisis de cambios de cobertura en el Valle de Aburrá (Antioquia) usando imágenes de radar de apertura sintética capturados por el satélite Sentinel-1. Se define como periodo de estudio los años 2018 a 2024, dada la disponibilidad de imágenes de esta misión. Las imágenes de cada periodo anual son fusionadas mediante una operación estadística de desviación estándar y posterior cálculo de mapa de calor, lo cual demuestra ser útil para detectar las variaciones en las coberturas que se presentan en cada año. Los resultados muestran una notable variabilidad en áreas de alta actividad urbana, especialmente en las zonas sur del Valle, donde el crecimiento urbanístico ha impactado significativamente el paisaje. Estos hallazgos resaltan la utilidad de las imágenes SAR para estudios de monitoreo multitemporal, ya que ofrecen información consistente independientemente de las condiciones climáticas. Se propone como futuro desarrollo la inclusión de otras operaciones y la integración en canales de imágenes a color RGB para realizar un análisis más profundo que integre la información proveniente de dichas operaciones.

PALABRAS CLAVE:

Teledetección, radar de apertura sintética, análisis multitemporal, visión por computador.

INTRODUCCIÓN

El Valle de Aburrá, situado en el departamento de Antioquia, Colombia, se encuentra entre las latitudes 6°22'0"N - 6°8'0"N y entre las longitudes 75°39'0"W - 75°31'0"W. Esta región, que alberga la ciudad de Medellín y otros 10 municipios, constituye un importante centro urbano y económico del país. Con una densidad de población de 3.505 habitantes por km², su crecimiento demográfico y urbanístico ha sido acelerado en las últimas décadas, lo que ha generado transformaciones significativas en su cobertura terrestre. Estos cambios en la cobertura superficial no solo impactan el paisaje, sino que influyen en la gestión de recursos, la planificación urbana y la mitigación de riesgos ambientales (Alvarado & Marin, 2024).

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025
Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |
NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático

La detección de cambios en la cobertura del Valle de Aburrá se centra entre 2018 y 2024 por la disponibilidad de imágenes del satélite Sentinel-1, lanzado en 2014 (Hafner & Ban, 2022) y con frecuencia mensual disponible desde 2018. Esta elección permite aprovechar una serie temporal suficientemente larga para observar patrones de variabilidad en la cobertura del terreno, especialmente en áreas urbanas en rápida expansión. Además, el uso de imágenes de radar de apertura sintética (SAR) es crucial en esta región debido a las condiciones climáticas adversas y la presencia de nubosidad que limitan el uso de imágenes ópticas (Kulkarni & Rege, 2020). Las imágenes SAR descargadas de Sentinel-2 (Copernicus, 2024), (University of Alaska, 2024) usando la herramienta Google Earth Engine (Google Inc, 2024) ofrecen la ventaja de proporcionar datos consistentes, independientemente de las condiciones meteorológicas, permitiendo una observación continua y confiable. La metodología basada en la fusión estadística de la desviación estándar para cada año se justifica por su capacidad para resaltar cambios significativos en la superficie, proporcionando información útil para la planificación urbana y la gestión de recursos naturales (Bouskour, Bahatti, & Zaggaf, 2023).

Este artículo está estructurado de la siguiente manera. En el capítulo 2 se describen los métodos, procedimientos y herramientas usadas para la adquisición de las imágenes de radar. En el capítulo 3 se describen los resultados, especialmente obtenidos a partir del análisis de desviaciones estándar. Finalmente, en el capítulo 4 se presentan las conclusiones y trabajo futuro.

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

Para detectar los cambios superficiales se seleccionó la polarización VH, pues ha mostrado tener más constancia en sus tonos de gris que la polarización VV (Vásquez-Salazar, y otros, 2024). La Figura 1 (a, b, c) muestra tres de las imágenes SAR de polarización VH con las que se realizó el estudio. Estas imágenes, por su naturaleza y tecnología de captura, se encuentran en escala de grises.

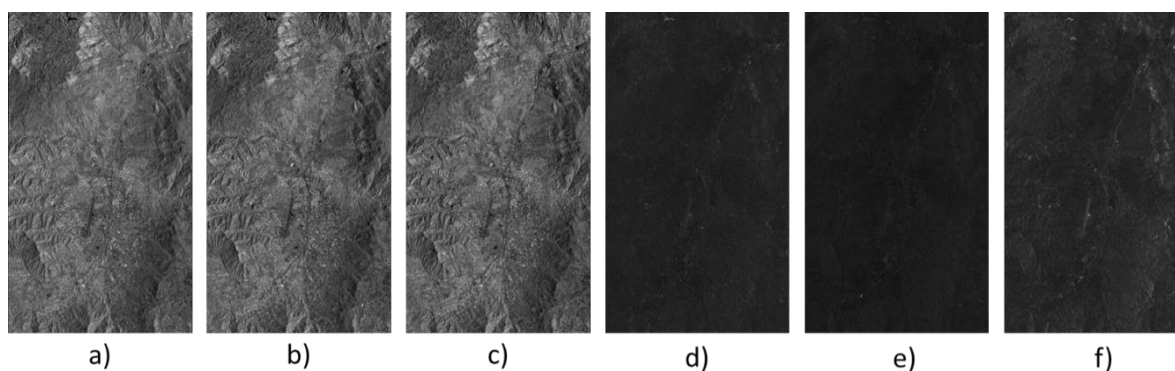


Figura 1. Muestras de imágenes de radar con polarización VH de diferentes periodos. a) SAR 2018, b) SAR 2021, c) SAR 2024, d) Desviación 2018, e) Desviación 2021, f) Desviación 2024



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 (d, e, f) se muestran las imágenes resultantes de la desviación para los años 2018, 2021 y 2024. Las imágenes se encuentran en escala de grises, donde píxeles más cercanos a 0 (negro) aportan información de zonas muy homogéneas durante el respectivo año, mientras que píxeles más cercanos a 255 (blanco) indican una alta variabilidad. Para realizar una inspección visual más interactiva y usando herramientas de información geográfica, se enfatiza en diferentes zonas de interés en estos mismos años, buscando las que tengan mayor desviación en su comportamiento anual.

Se asignó un mapa de color a la imagen en escala de grises, donde los valores bajos con reasignados negros, los intermedios a rojos y los altos a amarillos. En la Figura 3 se evidencia la zona sur del aeropuerto local de Medellín y alrededores, impactados por la construcción de centros comerciales de gran superficie, especialmente en 2018 y cuyos cambios se atenuaron en 2021 a 2014. Además, una mayor actividad en la variación propia del aeropuerto.

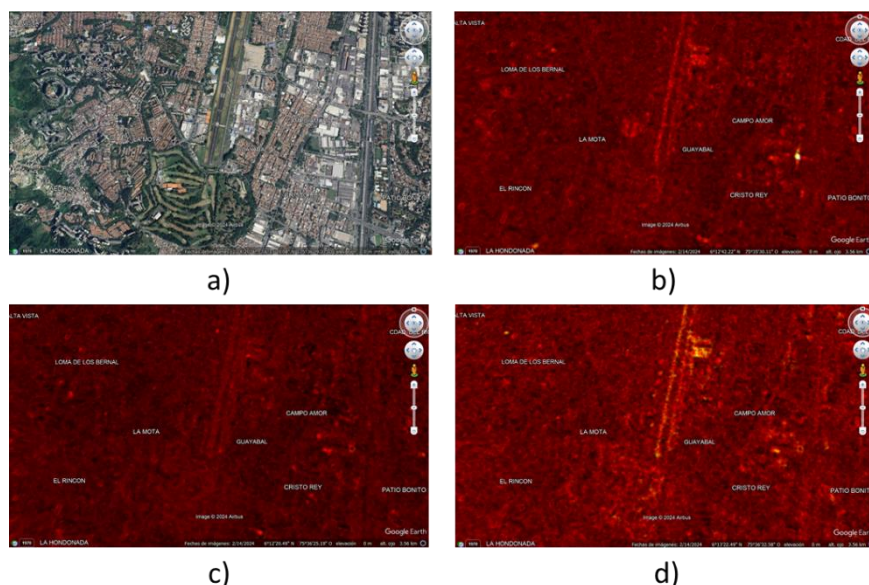


Figura 2. Imágenes de región de interés por alta desviación. a) Imagen RGB 2024, b) Mapa de calor de desviaciones 2018, c) Mapa de calor de desviaciones 2020 y d) mapa de calor de desviaciones 2024.

CONCLUSIONES

El presente estudio ha permitido detectar los cambios en la cobertura del Valle de Aburrá entre 2018 y 2024 mediante el uso de imágenes de radar de apertura sintética (SAR) y técnicas de fusión estadística, destacando las áreas con mayor variabilidad, especialmente aquellas impactadas por el crecimiento urbano. Los resultados confirman que el análisis multitemporal basado en la desviación estándar es una herramienta útil para identificar patrones de transformación en la superficie



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



terrestre, independientemente de las condiciones climáticas. Sin embargo, una de las principales limitaciones de este estudio radica en el enfoque unidimensional del análisis, que no permite discriminar entre los diferentes tipos de cambio (por ejemplo, construcción, deforestación, regeneración natural). Además, el uso exclusivo de la polarización VH puede limitar la identificación de detalles presentes en la polarización VV.

El cálculo de desviación propuesto permite obtener un mapa de calor para análisis multitemporal por cada año, encontrando variaciones entre las imágenes para estos periodos analizados. Dicho análisis se puede realizar definiendo un periodo deseado a estudiar y realizar la fusión multitemporal de imágenes. Se pueden también realizar composiciones de color RGB incluyendo la media, mediana, desviación estándar u otros cálculos estadísticos.

La imagen de desviaciones con imágenes SAR permite identificar zonas de alta variabilidad en su cobertura, por lo que la inspección visual de la imagen en mapa de calor facilita dicho análisis y posibilita el desarrollo de una futura herramienta automática o de inteligencia artificial que clasifique o detecte variaciones.

REFERENCIAS

Alvarado, M. C., & Marin, L. (12 de septiembre de 2024). Diagnóstico temporal y espacial de las coberturas del Alto de San Miguel, Caldas Antioquia. Obtenido de <https://dspace.tdea.edu.co/handle/tdea/5769>

Bouskour, S., Bahatti, L., & Zaggaf, M. H. (2023). The use of NDVI to improve cereals agriculture: A review. 3rd International Conference on Innovative Research in Applied Science, Engineering and Technology (IRASET).

Copernicus. (5 de septiembre de 2024). Estos son nuestros satélites. Obtenido de <https://www.copernicus.eu/es/sobre-copernicus/infraestructura/estos-son-nuestros-satelites#:~:text=Los%20sat%C3%A9lites%20gemelos%20Sentinel%2D1A,de%20abril%20de%202016%2C%20respectivamente>.

Google Inc. (5 de septiembre de 2024). Google Earth Engine. Obtenido de <https://earthengine.google.com/>

Hafner, S., & Ban, Y. (2022). Unsupervised domain adaptation for global urban extraction using Sentinel-1 SAR and Sentinel-2 MSI data. Remote Sensing of Environment, 113192.

Kulkarni, S., & Rege, P. P. (2020). Pixel level fusion techniques for SAR and optical images: A review. Information Fusion, 13-29.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



University of Alaska. (5 de septiembre de 2024). ASF Datasearch Vertex. Obtenido de <https://search.asf.alaska.edu/#/>

Vásquez-Salazar, R. D., Cardona-Mesa, A. A., Valdés-Quintero, J. C., Olmos-Severiche, C., Gómez, L., Travieso-González, C. M., . . . Vásquez-Cano, E. (2024). Detection of Coastal Erosion and Progradation in the Colombian 'Atrato River' Delta by Using Sentinel-1 Synthetic Aperture Radar Data. Remote Sensing, 552.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Las aplicaciones del Metaverso

AUTORES

José León León, jose_leonl@cun.edu.co. Aura Vetsy Munera Monsalve,

*Correspondencia: aura_munera@cun.edu.co.

RESUMEN

El metaverso da a los usuarios una interacción en el espacio virtual inmersivo. Esta herramienta gracias a sus capacidades inmersivas y a la tecnología de realidad virtual y mediante las capacidades de la observación permite tener una experiencia realista en escenarios complejos y abstractos. Existen diferentes aplicaciones desde el sector de marketing, educación y salud que con ayuda del metaverso mejoraron las experiencias de usuario y los resultados.

PALABRAS CLAVE:

Experiencias realistas, Metaverso, realidad virtual.

INTRODUCCIÓN

Existen tecnologías que ayudan a mejorar no solo la presentación de servicios sino también tener una experiencia de usuario diferente. El metaverso con su experiencia inmersiva a generado cambios no solo en la interacción social en el mundo virtual sino también se utiliza para la educación, juegos, marketing, industria y salud entre otros.

Las soluciones donde se utiliza el metaverso y los dispositivos que mejoran la experiencia de usuario en este entorno virtual se han convertido en foco de investigación ya que permiten mediante este mundo virtual a los usuarios desarrollar habilidades y recibir terapias o tratamientos apoyados de esta tecnología.

Dentro de las principales investigaciones se tienen a nivel de educación, salud y marketing demostrando que su uso no solo es para entretenimiento sino también se permite ampliar su campo de uso dependiendo de las necesidades.

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

El metaverso da a los usuarios una interacción en el espacio virtual inmersivo. Esta herramienta gracias a sus capacidades inmersivas y a la tecnología de realidad virtual y mediante las capacidades de la observación permite tener una experiencia realista en escenarios complejos y abstractos. Algunos escenarios como los industriales han visto potencial en esté y algunos investigadores como en (Bellalouna & Puljiz, 2023) exploran su uso para la revisión del diseño de una máquina llenadora de viales.

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025

Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |

NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



El uso del metaverso permitió mejorar la calidad de vida y el estado mental de personas adulto mayor implementando un centro social virtual, ya que el metaverso permite romper barreras de distancia y limitaciones físicas dando a sus usuarios una mejor experiencia social y ayudando a tratar problemas de depresión y soledad. Con el metaverso y herramientas de realidad virtual (Liang et al., 2023) realizaron pruebas en el hospital terciario en el departamento de rehabilitación geriátrica.

En la academia el uso de la realidad virtual permite mejorar las habilidades de los usuarios en diversos campos. Una de las aplicaciones del metaverso estudiada por (Shim, 2023) es la educación moral en niños grado de primaria, donde los autores desarrollaron un programa de educación moral de realidad virtual con elementos de historia, juego y discusión utilizando herramientas como encuestas, en este programa los usuarios deben superar dilemas morales y acorde a las decisiones tomadas la historia se va desarrollando.

En el campo comercial el uso de la realidad virtual también desempeña un papel importante como lo han encontrado (Sun et al., 2023), donde utilizan realidad virtual para motivar la toma de decisiones en la adquisición de un producto de comercio electrónico. Aunque en el estudio presentan limitaciones como lo es el uso de datos en la web y su experiencia es diferente dependiendo de la aplicación web utilizada se ve un resultado positivo y facilita a los usuarios a tomar la decisión de adquirir o no el producto.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se evidencia que utilizando la realidad aumentada es posible impactar en la salud de los adultos mayores ya que debido a algunas limitaciones que pueden tener las personas de la tercera edad han limitado su vida social, utilizando las tecnologías como el metaverso experimentaron nuevamente esta interacción generando cambios no solo en su ánimo sino también en la salud.

También se utilizó para evaluar la moral de los niños presentándoles escenarios donde las decisiones frente a situaciones que deben tomar acciones morales y así determinar si se superaron los dilemas morales presentados, presentando este tipo de pruebas como un juego.

En el campo del marketing se realizó una investigación para ayudar a tomar decisiones de compras de productos a través del uso de realidad virtual, esto permite que el usuario tenga una mayor facilidad de tomar decisiones ya que permite explorar el producto sin temor a dañarlo o deteriorarlo por la manipulación.

CONCLUSIONES

El uso de las tecnologías permite mejorar la calidad de vida y las experiencias de usuarios positivamente permitiendo desarrollar terapias o estrategias de ventas más avanzadas y que permitan tener mejores resultados que con métodos tradicionales.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



En la educación facilita el desarrollo de nuevas estrategias de evaluación en este caso la medición de la moral ya que es algo que no es fácil de medir, utilizando pruebas a través de juegos hacen que los usuarios presenten estas pruebas sin sentir la presión que genera un examen o una prueba escrita.

A nivel industrial permite evaluar la calidad de los diseños presentados en productos lo cual hace que se puedan identificar mejoras y realizar correcciones antes de que los productos salgan a la venta evitando perdidas no solo en producto sino también de clientes.

REFERENCIAS

Bellalouna, F., & Puljiz, D. (2023). Use case for the Application of the Industrial Metaverse Approach for Engineering Design Review. *Procedia CIRP*, 119, 638-643. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2023.03.116>

Liang, H., Li, J., Wang, Y., Pan, J., Zhang, Y., & Dong, X. (2023). Metaverse virtual social center for elderly communication in time of social distancing. *Virtual Reality & Intelligent Hardware*, 5(1), 68-80. <https://doi.org/10.1016/j.vrih.2022.07.007>

Shim, J. (2023). Investigating the effectiveness of introducing virtual reality to elementary school students' moral education. *Computers & Education: X Reality*, 2, 100010. <https://doi.org/10.1016/j.cexr.2023.100010>

Sun, Y., Lu, Y., Wang, B., & Fan, W. (Patrick). (2023). Like being there: How the soft VR technology could change consumers' initial decision-making. *Computers in Human Behavior*, 146, 107814. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2023.107814>



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Análisis hidráulico con imágenes de radar en la confluencia de los ríos Nechí y Cauca en el bajo Cauca Antioqueño

César Aníbal Olmos-Severiche^{1*}, Juan Camilo Parra Toro¹, Juan Carlos Valdés-Quintero¹, Silvana Bolaños Chavarría¹, Carolina González Morales¹, Rubén Darío Vásquez-Salazar¹

¹Facultad de Ingeniería. Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid

*Correspondencia: cesarolmos@elpoli.edu.co

RESUMEN

La región del bajo Cauca Antioqueño presenta dinámicas socioeconómicas y culturales muy complejas que impactan de manera directa e indirecta los recursos naturales y la calidad de vida de su población, entre ellas la deforestación y el deterioro de la calidad y cantidad de los cuerpos de agua. Por otra parte, la persistente nubosidad en la zona dificulta el análisis con sensores remotos ópticos y se hace necesario el uso de tecnología de radar, que al ser activa y dada las longitudes de onda que utiliza, permite la obtención de información de los cuerpos de agua día y noche, superando las condiciones ambientales adversas. En este trabajo se realiza el análisis de la zona de confluencia de los ríos Nechí y Cauca en la subregión del bajo Cauca Antioqueño, la cual presenta una dinámica hidráulica destacada. El uso de imágenes satelitales de radar de apertura sintética (SAR) permitió obtener información de forma periódica mensual, lo cual conlleva a un análisis con mayor frecuencia para identificar el dinamismo en la morfología hidráulica de la zona de confluencia de estos ríos. El uso de esta tecnología demostró ser adecuado para realizar seguimiento a estos cuerpos de agua superficiales y abre posibilidades de extender estos análisis a otras escalas temporales y espaciales.

PALABRAS CLAVE:

Radar de apertura sintética, clasificación, dinámica de cauce, pulso hidrológico, llanura de inundación, aprendizaje automático, imágenes SAR.

INTRODUCCIÓN

La región del Bajo Cauca Antioqueño enfrenta serios desafíos ambientales, agravados por complejas dinámicas socioeconómicas y culturales (Montoya Restrepo, 2024). Entre los principales problemas destacan la deforestación y el deterioro de los cuerpos de agua, que afectan directamente la calidad de vida de sus habitantes (Correa Argota, 2017). A pesar de la presencia de ríos de gran importancia, como el Cauca, la disponibilidad de agua en la región es insuficiente para satisfacer las necesidades básicas de la población. Este proyecto propone el uso de imágenes de radar de apertura sintética (SAR) en combinación con técnicas de inteligencia artificial para detectar cambios en la cobertura vegetal y los cuerpos de agua en la región. Dentro del Bajo Cauca se seleccionó la región de

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025
Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |
NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



confluencia entre el río Cauca y el río Nechí, y a partir de un análisis multitemporal usando imágenes SAR y desarrollando mapas de calor se evidenciaron los principales cambios en la región de estudio, relacionados a cambios en la cobertura vegetal y a la dinámica hidrológica e hidráulica de ambos ríos. A diferencia de otros enfoques que combinan datos de diferentes fuentes (Guisao-Betancur et al., 2023), el uso exclusivo de imágenes SAR permite superar limitaciones impuestas por las condiciones climáticas adversas, como la alta nubosidad característica de la zona. Los resultados obtenidos proporcionan una herramienta útil para futuros análisis multitemporales de cambios ambientales en la región. El presente trabajo se encuentra estructurado de la siguiente manera. En el Capítulo 2 se exponen los métodos y procedimientos utilizados, incluyendo las imágenes satelitales de radar. En el Capítulo 3 se presentan los resultados obtenidos y su análisis y finalmente en el Capítulo 4 se presentan las conclusiones y trabajo futuro.

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

Descripción de la región de interés

El Bajo Cauca Antioqueño (Figura 1) se sitúa al norte de este departamento colombiano y es una región que topográficamente marca la transición de la zona andina a la planicie Caribe y a sus zonas bajas inundables (Departamento Nacional de Planeación, 2012; Correa Argota, 2017). Con más de 8 mil kilómetros cuadrados, y 6 municipios antioqueños en esta región, el Bajo Cauca posee una gran riqueza hídrica superficial y subterránea, e importantes yacimientos mineros, relacionados principalmente con el oro de aluvión, factores que son determinantes ambientales de gran importancia en la zona, pues suponen presiones sobre las matrices ambientales suelo y agua mayoritariamente, y en menor medida aire; y que tienen implicaciones ambientales en lo relativo a la calidad ambiental y las coberturas del suelo (Departamento Nacional de Planeación, 2012; Correa Argota, 2017).

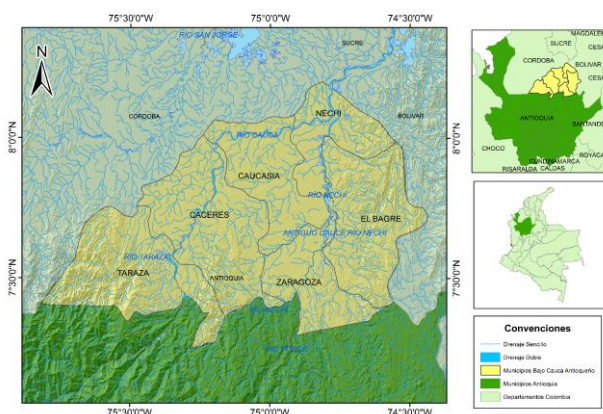


Figura 1. Mapa del Bajo Cauca Antioqueño. Fuente: los autores con recursos del IGAC y Corantioquia

Análisis multitemporal

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025
Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |
NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



A partir de las imágenes de radar descargadas de los años 2017 a 2024 se realizaron algunas operaciones sobre las imágenes, con el fin de extraer información útil de ellas y analizar el comportamiento hidráulico de los ríos presentes en las mismas. La primera operación fue un clasificador no supervisado, el cual logra segmentar las imágenes como agua/no agua. Esta segmentación arroja imágenes binarias, presentando valores blancos (numéricamente 255) para agua, y valores negros (numéricamente 0) para el resto de la imagen. El clasificador usado fue con entrenamiento no supervisado, específicamente K-Means, de forma similar a como se realiza en Kodge (2023). Dichas imágenes clasificadas son promediadas por año, de lo cual se genera nuevamente una imagen en escala de grises para cada uno de estos periodos. Para facilitar la inspección visual se aplica un mapa de color a esta imagen en escala de grises como se evidencia en el centro de la Figura 2. Una segunda operación que se aplica para identificar cambios en la polarización VH en el tiempo fue la desviación estándar, para identificar datos que se alejen de las condiciones medias de la cobertura rastreada en las imágenes SAR. Para ello se calculó la desviación pixel a pixel de cada ubicación geográfica para todas las imágenes de cada año (Figura 2 parte derecha).

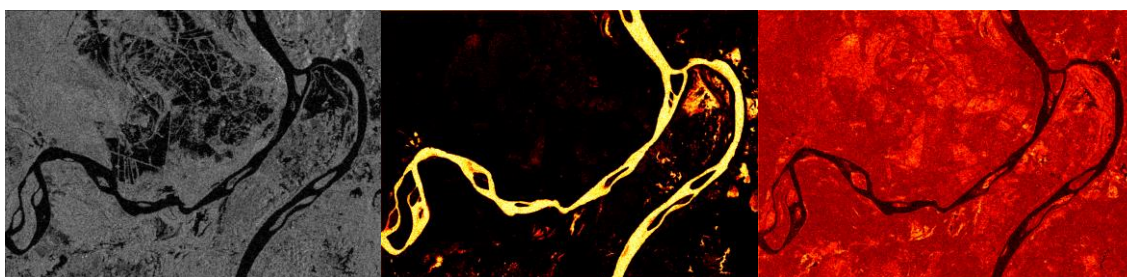


Figura 2. Imagen del año 2019 de la zona de interés de confluencia de los ríos. Izquierda: imagen de radar polarización VH. Centro: mapa de calor de clasificación de agua anual. Derecha: mapa de desviaciones estándar anual. Fuente: los autores con datos Sentinel-1

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Entre los resultados encontrados resaltan la detección de cambios en la dinámica de los ríos, como variaciones en bancos de arena y la aparición de secanos. Estos cambios son indicadores de alteraciones en la hidráulica del río, como eventos de crecida o desecaciones. También se identificaron fenómenos de ocurrencia rápida, como avenidas torrenciales o rupturas de diques, proporcionando una visión detallada de eventos extremos y su impacto en el sistema fluvial. Estos cambios se identificaron a lo largo del tiempo en las características hidráulicas de los ríos, proporcionando información valiosa sobre el comportamiento y la variabilidad de los cuerpos de agua.

Otros hallazgos importantes fueron la identificación de deforestación y cambios en la cobertura vegetal, lo que puede estar vinculado a la actividad minera en la región. Esto tiene repercusiones directas en la estabilidad del suelo, el ciclo del agua y la biodiversidad. Además, fenómenos como la



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



erosión acelerada o sedimentación en los cuerpos de agua pueden llevar a la degradación de la calidad del agua y aumentar la vulnerabilidad de las áreas ribereñas. Por último, se realizó también un análisis por cuatrienios obteniendo los resultados de la Figura 3. Allí se encontró una disminución del 2.18% en el área de cuerpos de agua entre los dos periodos. Esto se pudo generar por actividades antropogénicas como la minería, la deforestación o la construcción de infraestructuras, o bien por variaciones climáticas como cambios en regímenes de precipitación o temperatura, relacionadas con eventos de escala local o regional, como el ENSO, por ejemplo.

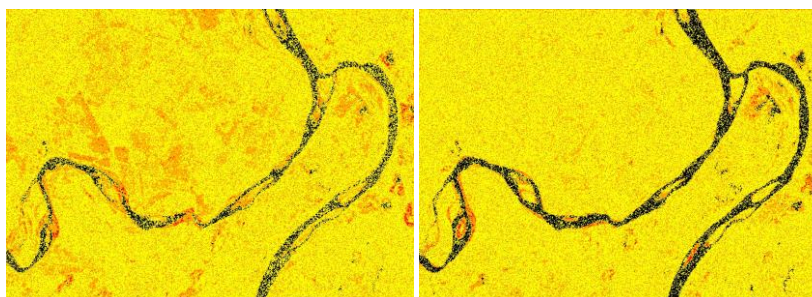


Figura 3. Análisis por cuatrienios. Izquierda: 2016-2020. Derecha: 2020-2024. Fuente: los autores con datos Sentinel-1

CONCLUSIONES

La posibilidad de usar SAR para acortar los tiempos de obtención de imágenes libres de nubosidad y con mejor resolución espacial suficiente para captar estos cambios es clave para entender fenómenos de baja duración como crecientes, avenidas torrenciales, rupturas de diques, etc.

El uso e interpretación de los diferentes estadísticos permitió generar mapas para magnificar la variabilidad de cada región de la zona de estudio, permitiendo centrar la atención del investigador en esas zonas con mayores o menores variaciones y sugerir posibles implicaciones de estas situaciones desde la hidráulica para las coberturas, poblaciones o ecosistemas aledaños a estas zonas.

REFERENCIAS

Correa-Argota, R. (2017). Desarrollo socio-económico regional: Impactos de la minería artesanal en el Bajo Cauca antioqueño. Universidad San Buenaventura: Revista Internacional de Cooperación y Desarrollo, e-ISSN:2382-

5014, <https://revistas.usb.edu.co/index.php/Cooperacion/article/view/3116/2735>

Departamento Nacional de Planeación. (2012). *Plan integral de ordenamiento ambiental y desarrollo territorial de la región de La Mojana*.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Guisao-Betancur, A., Gómez Déniz, L., & Marulanda-Tobón, A. (2023). Forest/Nonforest Segmentation Using Sentinel-1 and -2 Data Fusion in the Bajo Cauca Subregion in Colombia. Remote Sensing, 16(1), 5. <https://doi.org/10.3390/rs16010005>

Kodge, B. G. (2023). Extraction and analysis of snow covered area from high resolution satellite imageries using K-means clustering. Earth Science Informatics, 16(4), 4285–4291. <https://doi.org/10.1007/s12145-023-01108-2>

Montoya Restrepo, L. P. (2024). Los Conflictos Socioambientales en el Bajo Cauca Antioqueño (Colombia): Sentidos y Políticas Públicas. Estudios de Derecho, 81(177). <https://doi.org/10.17533/udea.esde.v81n177a6>



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Control del punto de máxima potencia de un panel solar, utilizando controladores tipo servo con integrador y controlador PI diseñado mediante el método del lugar de las raíces

AUTORES

Luis Eduardo García Jaimes ¹, Maribel Arroyave Giraldo ², Diego Alejandro Herrera Jaramillo ²

1 Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid

2 Institución Universitaria de Envigado

Correspondencia: luisgarcia@elpoli.edu.co

RESUMEN

En aplicaciones de sistemas fotovoltaicos se requiere utilizar un panel solar, un convertidor de potencia y una carga. Cuando es necesario adecuar el voltaje de un panel a una batería, generalmente se propone un convertidor reductor. En el estado del arte, se encuentran gran variedad de controladores orientados a paneles comerciales; sin embargo, a pesar de que medir la extracción de energía de un panel solar es el indicador principal, existen otras métricas como el esfuerzo de conmutación que también afectan el rendimiento del sistema fotovoltaico. La principal contribución de este trabajo es el diseño de dos controladores digitales para la extracción de energía fotovoltaica: un controlador tipo servo con integrador y un controlador PI basado en técnicas del lugar geométrico de las raíces que consideran un algoritmo MPPT y perturbaciones del sistema para demostrar la confiabilidad y la eficiencia de los controladores bajo diferentes escenarios del sistema.

PALABRAS CLAVE:

Modelos de sistemas PV, convertidores Buck, control RLM, Control tipo servo, Algoritmo MPPT

INTRODUCCIÓN

Debido al crecimiento exponencial de las instalaciones fotovoltaicas (FV) en todo el mundo, la comunidad científica ha abordado el tema de la optimización de la producción de energía y la reducción de los costes de esta tecnología. Sin embargo, su eficiencia se ve fuertemente afectada por factores climáticos como la temperatura, la irradiancia y el sombreado parcial, (Sarvaiya y Seshadri, 2013); estas perturbaciones afectan directamente a la estrategia de seguimiento del punto de máxima potencia (MPP), por lo que mantener el PV en este punto exige encontrar una solución

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025

Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |

NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático

robusta a cualquier perturbación de esta naturaleza (Zúniga, 2014); Por lo general, se utilizan las técnicas MPPT en los sistemas solares para extraer la máxima potencia independientemente del clima actual (Siham, et al, 2023).

Existe una buena información sobre el estado del arte en torno a las estrategias de control y los convertidores de potencia implementados para regular la energía en los sistemas fotovoltaicos, incluidas las estrategias lineales clásicas como PID en diferentes tipos de convertidores CC-CC (Yadav y Mehar, 2022; Woodhouse et al, 2016) así como estrategias no lineales como el control de modo deslizante (SMC), (Khamooshi et al, 2014; Cuellar, 2019), redes neuronales inteligentes (Attia, 2019; Tapia Palma, 2023) y estrategias de control adaptativo (Martín y Jesús, 2023)

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

El sistema propuesto consiste en un panel fotovoltaico de 210W que alimenta a una microrred de corriente continua con 12 V a través de un convertidor reductor (Buck) que regula la energía extraída del panel. Para representarlo, existen diferentes propuestas en la literatura especializada, tales como: el Modelo de Diodo Único (SDM) (Carrión, Murillo y Montero, 2022) o el Modelo de Diodo Doble (DDM), (Corti et al, 2020), estos son modelos no lineales. También se pueden considerar aproximaciones lineales como la del circuito equivalente de Norton que da una solución adecuada para representar el comportamiento de un panel PV alrededor del punto de operación, Herrera et al 2021) como se muestra en la figura 1.

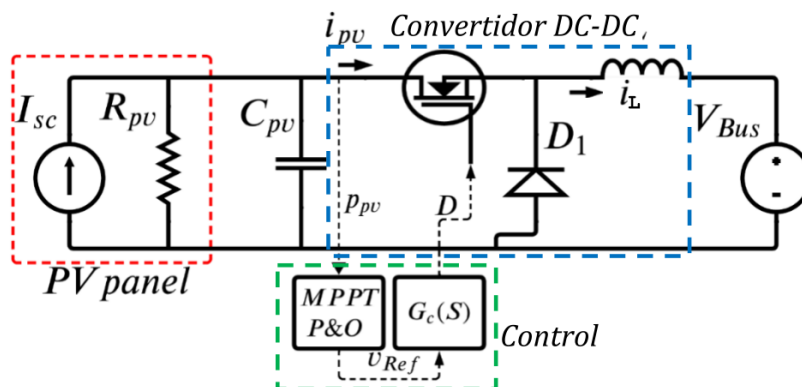


Figura 1 Convertidor reductor que interconecta un módulo fotovoltaico a un bus de corriente continua

El valor de la resistencia R_{pv} se calcula mediante la ecuación (1)

$$R_{pv} = \frac{V_{mp}}{I_{mp}} \quad (1)$$

V_{mp} e I_{mp} corresponden al voltaje y corriente a máxima potencia respectivamente. (Ver tabla 1)



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024: *Estrategias para la adaptación al cambio climático*

Tabla 1. Parámetros del panel.

Parámetro	Símbolo	Valor	Unidad
Condensador	C_{pv}	216.84	μF
Inductor	L	35.229	μH
voltaje DC Bus	V_{Bus}	12	V
Voltaje a máxima potencia	V_{mp}	19.9771	V
Corriente a máxima potencia	I_{mp}	8.8797	A
Corriente de corto circuito	I_{sc}	11.07	A
Resistencia del modelo Norton al MPP	R_{pv}	2.250	Ω

Fuente: Autores del proyecto

Modelo Matemático del panel

La dinámica del modelo conmutado, linealizada, tomando como variables de estado $i_L(t)$ y $v_{pv}(t)$ y como entrada $u = D(t)$, queda definida por las ecuaciones (2) y (3):

$$\begin{bmatrix} \dot{i}_L(t) \\ \dot{v}_{pv}(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{R_L D}{L} & \frac{D}{L} \\ -\frac{D}{C_{pv}} & -\frac{1}{R_{pv} \cdot C_{pv}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_L(t) \\ v_{pv}(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{V_D + v_{pv}(t) - R_L i_L(t)}{L} \\ -\frac{i_L(t)}{C_{pv}} \end{bmatrix} D(t) \quad (2)$$

$$y(t) = \begin{bmatrix} 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_L(t) \\ v_{pv}(t) \end{bmatrix} \quad (3)$$

El Sistema en variables de estado en tiempo continuo se da en la ecuación (4)

$$\begin{bmatrix} \dot{i}_L(t) \\ \dot{v}_{pv}(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1827 & 1.827 \cdot 10^4 \\ -2968 & -505.6 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_L(t) \\ v_{pv}(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 5.646 \cdot 10^5 \\ -4.095 \cdot 10^4 \end{bmatrix} D(t) \quad (4)$$

$$y(t) = \begin{bmatrix} 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_L(t) \\ v_{pv}(t) \end{bmatrix}$$

El Sistema discreto con $T = 13.4\mu s$ se da en la ecuación (5)

$$\begin{bmatrix} i_L(k+1) \\ v_{pv}(k+1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.9709 & 0.2418 \\ -0.03928 & 0.9884 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_L(k) \\ v_{pv}(k) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 7.431 \\ -0.6989 \end{bmatrix} D(k) \quad (5)$$

$$[y(k)] = \begin{bmatrix} 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_L(k) \\ v_{pv}(k) \end{bmatrix}$$

Algoritmo MPPT de perturbar y observar (P&O)

El algoritmo P&O consiste en realizar pequeñas perturbaciones periódicas aumentando o disminuyendo el voltaje de salida del sistema fotovoltaico, como se indica en la figura 2. Si la perturbación da como resultado una potencia de salida más alta, la siguiente perturbación continúa en la misma dirección; de lo contrario, se cambia la dirección de la perturbación. Una vez que se

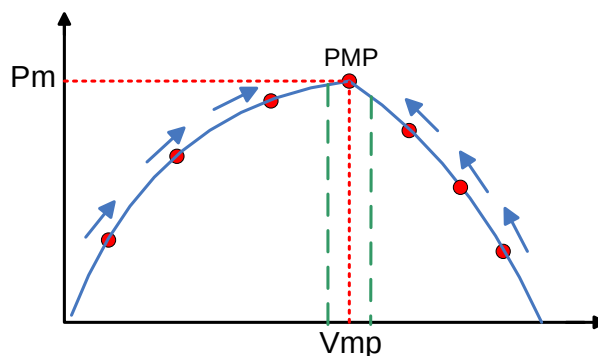


III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático

alcanza el punto de máxima potencia, el algoritmo utiliza sus características para mantener el punto de operación oscilando alrededor de ese punto. (Herrera et al 2021) . El voltaje del panel se controla tomando como referencia los valores estimados por el algoritmo de P&O.

Figura 2. Algoritmo P&O



Fuente: Autores del proyecto

Diseño del Control PI por el método del lugar geométrico de las raíces

Este método se puede utilizar en el diseño de controladores continuos o discretos, cuando se desea ubicar los polos dominantes de lazo cerrado en cierta posición y se conocen las especificaciones de respuesta temporal deseadas para el sistema. (Siddiqui , Anwar y Laskar; 2019) . Para el diseño se deben cumplir dos condiciones:

Condición de ángulo:

$$\angle G_c(S)G_p(S)|_{(S=S_0)} = -180^\circ \quad (6)$$

Condición de módulo:

$$|G_c(S)G_p(S)|_{(S=S_0)} = 1 \quad (7)$$

Donde el término $G_c(S)$ es el controlador PI y se define mediante la ecuación (8):

$$G_c(S) = \frac{M(S)}{E(S)} = K_c \left(1 + \frac{1}{T_i S} \right) = \frac{K_c [T_i S + 1]}{T_i S} \quad (8)$$

El equivalente discreto $D(z)$ del controlador continuo $G_c(S)$ estimado se puede obtener utilizando la transformación bilineal o el método de Tustin [26] dado por la ecuación (10):

$$(z) = \frac{M(z)}{E(z)} = G_c(S)|_{S=\frac{2(z-1)}{T(z+1)}} \quad G_c(z) = \frac{M(z)}{E(z)} = \frac{-0.03231z + 0.03223}{z - 1} \quad (10)$$

Diseño del controlador de tipo servo con integrador



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático

La Figura 3 muestra el sistema de control con realimentación del estado y observador de orden completo en el que se utiliza un integrador adicional para estabilizar adecuadamente el sistema y mejorar su exactitud (Palacios; 2017, García Jaimes, Arroyave; 2010).

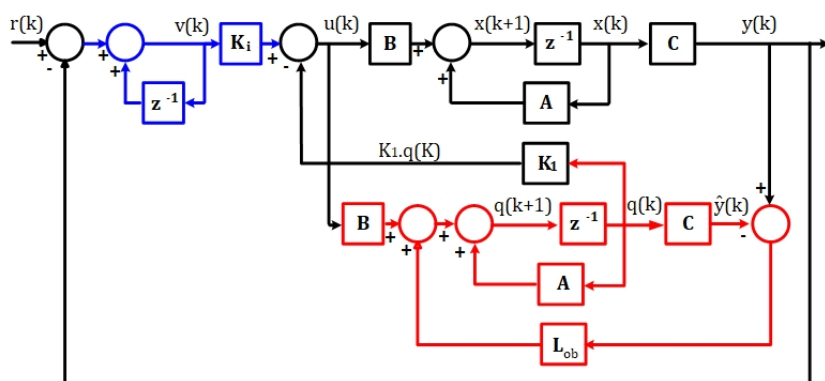


Figura 3 Sistema tipo servo con integrador
Fuente: Autores del proyecto

La ecuación (11) da la ley de control del sistema tipo servo con integrador

$$U(z) = \frac{[1 + K_1[zI - A + LC]^{-1}B]^{-1}[K_i z[R(z) - Y(z)] - (z - 1)K_1[zI - A + LC]^{-1}LY(z)]}{z - 1} \quad (11)$$

Los parámetros obtenidos para el cálculo de $U(z)$ se dan en la ecuación (12)

$$K_1 = [0.1223 \quad -0.1287] \quad K_i = [-0.0028] \quad L_{ob} = \begin{bmatrix} 0.2243 \\ 0.0116 \end{bmatrix}$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para simular la señal de radiación incidente en el panel fotovoltaico, se utilizó una rampa de subida y bajada ya que físicamente la variación de la radiación solar no sigue el comportamiento de una señal en forma de escalón.

Se propusieron las siguientes condiciones: primero, la irradiación comienza a 800 W/m^2 , luego se realiza una perturbación de tipo rampa para alcanzar 1000 W/m^2 y finalmente, una rampa descendente hasta 700 W/m^2 . En la Figura 4, se muestra la potencia ideal generada por el panel y la potencia real obtenida con cada uno de los controladores diseñados. Al comienzo de la primera rampa, hay una diferencia notable entre la trayectoria ideal y la que se obtiene con ambos controladores. Esto se debe a que el algoritmo MPPT está en proceso de ajustar la referencia. Una vez que se alcanza la referencia, la potencia real se alinea con la referencia generada por el MPPT. Un análisis de la respuesta indica que el algoritmo MPPT y los controladores diseñados permiten

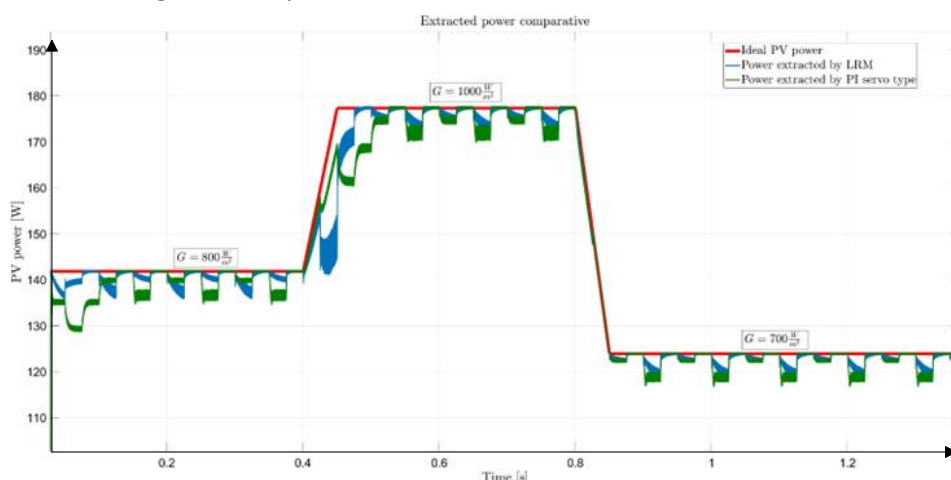


III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático

un seguimiento adecuado de la potencia ideal máxima en respuesta a cambios en el valor de irradiación. En ambos casos, el seguimiento de la referencia es aceptable, con una respuesta suave y oscilaciones apenas perceptibles. Es evidente que el controlador de tipo Servo con integrador presenta un tiempo de estabilización más corto en comparación con el RLM. La figura 10 representa el comportamiento de la ley de control para los dos reguladores. Se puede observar que ambos reguladores exhiben un comportamiento suave sin saturación ni sobreimpulso significativo. La salida de ambos controladores se mantiene en torno a valores similares, con un ciclo de trabajo de aproximadamente el 70%, lo que indica un bajo esfuerzo de control de variabilidad.

Figura 4. Respuesta del sistema ante cambios en la irradiancia.



CONCLUSIONES

La simulación del rendimiento del sistema fotovoltaico se llevó a cabo utilizando el software Matlab/Simulink®, empleando un algoritmo de P&O y dos estrategias de control: un sistema tipo servo con un integrador y un controlador PI basado en técnicas del lugar de las raíces. Este proyecto proporciona una herramienta valiosa para simular e implementar MPPT y las estrategias de control que mejor se adapten al sistema de control de carga del panel solar.

Ambos controladores siguen la referencia de voltaje impuesta por el algoritmo MPPT. Las respuestas no muestran oscilaciones distintas a las causadas por la conmutación de los MOSFET, ni muestran sobreimpulso. En términos de tiempo de estabilización, se observa que el algoritmo de tipo servo con integrador tiene mayor velocidad de respuesta. En cuanto al esfuerzo de control, ambos controladores se comportan de manera similar, presentando un PWM con un ciclo de trabajo de aproximadamente el 70%, exhibiendo una acción suave y sin saturación en el elemento de control final. A través de estas simulaciones, es posible predecir, con mayor precisión, la cantidad de energía que se puede generar en respuesta a los cambios en la irradiancia.

REFERENCIAS



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Attia, H. (2019). High performance PV system based on artificial neural network MPPT with PI controller for direct current water pump applications. *International Journal of Power Electronics and Drive Systems*, 10(3), 1329-1338

Carrión-Chamba, W., Murillo-Torres, W., & Montero-Izquierdo, A. (2022). Una revisión de los últimos avances de los colectores solares térmicos aplicados en la industria. *Ingenius. Revista de Ciencia y Tecnología*, (27), 59-73.

Cuellar, J. A. (2019) *Diseño de un controlador para el seguimiento del punto de máxima potencia (MPPT) en paneles solares*. Tesis de maestría. Universidad Santo Tomás. Maestría en Ingeniería Electrónica. Facultad de Ingeniería Electrónica. Bogotá, Colombia

Carrión-Chamba, W., Murillo-Torres, W., & Montero-Izquierdo, A. (2022). Una revisión de los últimos avances de los colectores solares térmicos aplicados en la industria. *Ingenius. Revista de Ciencia y Tecnología*, (27), 59-73.

Corti, F., Laudani, A., Lozito, G. M., & Reatti, A. (2020). Computationally efficient modeling of dc-dc converters for PV applications. *Energies*, 13 (19), 5100

Dubey, S., Sarvaiya, J. N., & Seshadri, B. (2013). Temperature dependent photovoltaic (PV) efficiency and its effect on PV production in the world—a review. *Energy procedia*, 33, 311-321.

Henríquez Seguel, F. N. (2023). *Implementación de un MPPT (Maximum Power Point Tracking) para panel fotovoltaico usando PLC Fatek FBs–20MCR*. Universidad de Concepción Facultad de Ingeniería Departamento de Ingeniería Eléctrica.

García Jaimes, L. E., Arroyave, Maribel (2010). Controlador tipo servo con observador de orden completo y controlador según Ciancone Marlín para un sistema de flujo. 6 (10), 34-43.

Herrera, Jaramillo, D., Henao, Bravo, E., González Montoya, D., Ramos, Paja, C, y Saavedra-Montes, A. J. (2021). Control-oriented model of photovoltaic systems based on a dual active bridge converter. *Sustainability*, 13 (14), 7689.

Khamooshi, M., Salati, H., Egelioglu, F., Hooshyar Faghiri, A., Tarabishi, J., Babadi, S., et al. (2014). A review of solar photovoltaic concentrators. *International Journal of Photoenergy*, 2014.

Martín, M., Marjorie, N., & Jesús, R. F. (2023). *Diseño de un Controlador Adaptativo por Modelo de Referencia Usando la Regla del MIT Aplicado a un Convertidor DC-DC Reductor de Voltaje*. *Revista Politécnica*, 51(1), 19-28.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Palacios, A. (2017). Controlador con observador de estados de orden completo para un motor de DC mediante dspace., 7 (1).

Siddiqui, M. A., Anwar, N., & Laskar, S. H. (2019, March). A simple tuning approach for PID controller based on direct synthesis and root locus. In *2019 3rd International Conference on Computing Methodologies and Communication (ICCMC)* (pp. 466-470). IEEE.

SİHAM, A., Bechouat, M., Sedraoui, M., Kahla, S., & Amieur, T. (2023). *Synthesis of Voltage PID Controller to Improve INC-MPPT Algorithm for Cascade Regulation of KC200GT Panel-Based Solar System*. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*. European Journal of Science and Technology Special Issue 47, pp. 73-78, January 2023 Copyright © 2023 EJOSAT.

Tapia Palma, J. C. (2023). *Diseño y simulación de un Sistema de Tracking basado en redes neuronales para mantener la máxima eficiencia de paneles solares* (Master's thesis, Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi, (UTC)).

Woodhouse, M., Jones-Albertus, R., Feldman, D., Fu, R., Horowitz, K., Chung, D., Kurtz, S. (2016). On the path to sunshot. the role of advancements in solar photovoltaic efficiency, reliability, and costs (Tech. Rep.). National Renewable Energy Lab. (NREL), Golden, CO (United States).

Yadav, H. K., & Mehar, V. (2022) *Design and Analysis of PV System with P&O Method MPPT Technique and PID Controller algorithms*, 10, 11.

Zúniga-Ventura, Y. A. (2014). Control del punto de máxima potencia en paneles solares bajo variaciones de radiación y temperatura (Master's thesis).



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Movilidad eficiente, implementación de algoritmos de proximidad y georreferenciación en python para una comunidad universitaria de Cali

AUTORES

Nelson Andrés Cabrera Narváez, Alexandra Pérez Larrahondo
Institución Universitaria Antonio José Camacho

*correspondencia: alexandraperez@estudiante.uniajc.edu.co

RESUMEN

Este artículo presenta un estudio sobre la movilidad estudiantil de una universidad de la ciudad de Cali, enfocado en la implementación de un algoritmo de proximidad y georreferenciación utilizando Python. El objetivo principal es optimizar la asignación de estaciones del MIO (Masivo Integrado de Occidente) a los estudiantes de la Institución Universitaria Antonio José Camacho, considerando aproximadamente 7000 direcciones de residencia. La metodología empleada incluye la recopilación de datos geográficos de las direcciones de los estudiantes y de las estaciones del MIO. Se utilizó el algoritmo del vecino más próximo para determinar la estación más cercana a cada dirección registrada. La implementación se realizó mediante herramientas de programación en Python, permitiendo un análisis eficiente de grandes volúmenes de información. Los resultados obtenidos indican que la mayoría de los estudiantes tienen acceso a estaciones del MIO en un rango de distancias que favorece el uso del transporte público. Esto sugiere que la asignación de estaciones puede mejorarse mediante la integración de los datos de residencia y la georreferenciación. Este trabajo proporciona una base para futuras investigaciones en el ámbito de la movilidad urbana y el uso de tecnologías para la optimización del transporte, alineándose con los objetivos de sostenibilidad y desarrollo urbano.

PALABRAS CLAVE:

Movilidad vial, Modelación matemática, Python, Algoritmo de proximidad.

INTRODUCCIÓN

La movilidad urbana se ha convertido en un tema crítico en la agenda de desarrollo de las ciudades contemporáneas, especialmente en aquellas con una población estudiantil significativa. En Cali, la creciente demanda de transporte ha puesto de manifiesto la necesidad de sistemas más eficientes

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025
Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |
NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



que faciliten el desplazamiento de los ciudadanos, en particular de los estudiantes que requieren acceso rápido y seguro a sus instituciones educativas. La movilidad no solo se refiere al desplazamiento físico, sino que también abarca aspectos como la conectividad, la accesibilidad y la sostenibilidad, elementos esenciales en la planificación de un entorno urbano moderno.

En este contexto, la movilidad inteligente emerge como un concepto clave que integra tecnologías avanzadas para optimizar el transporte y mejorar la calidad de vida de los habitantes. Este enfoque se basa en el uso de datos en tiempo real, algoritmos y plataformas digitales que permiten la toma de decisiones informadas sobre el desplazamiento. La implementación de herramientas computacionales, como el uso de algoritmos de proximidad y georreferenciación, representa un avance significativo en la forma en que se gestionan y planifican las rutas de transporte.

Este proyecto tiene como objetivo desarrollar un sistema que identifique las estaciones del sistema de transporte público MIO más cercanas a las residencias de los estudiantes de la Institución Universitaria Antonio José Camacho, utilizando el algoritmo del vecino más próximo. Para ello, se recopilarán y georreferenciarán aproximadamente 7,000 direcciones de estudiantes, lo que permitirá establecer un mapa de movilidad que facilite la asignación eficiente de estaciones de transporte. La metodología incluirá el uso de Python y la API de Google Maps para convertir direcciones en coordenadas geográficas, lo que permitirá una integración fluida en un plano urbano.

La elección del algoritmo del vecino más próximo se fundamenta en su capacidad para resolver problemas de asignación en entornos donde la eficiencia y la rapidez son primordiales. Este enfoque no solo optimiza los tiempos de traslado de los estudiantes, sino que también contribuye a una mejor planificación del sistema de transporte, permitiendo identificar áreas con alta demanda que podrían beneficiarse de una mayor cobertura de las estaciones del MIO.

La relevancia de este trabajo radica en su potencial para influir en la movilidad urbana de Cali, promoviendo un sistema de transporte más accesible y eficiente. Al integrar tecnologías de geolocalización y algoritmos avanzados en la planificación del transporte, se busca contribuir a un futuro más sostenible y conectado para la comunidad estudiantil, así como para la ciudad en su conjunto. De este modo, el proyecto no solo responde a las necesidades inmediatas de los estudiantes, sino que también sienta las bases para una movilidad urbana más inteligente y adaptable a las demandas cambiantes de la población.

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

La metodología aplicada en este estudio se centra en optimizar la movilidad estudiantil en Cali a través de la implementación de un algoritmo del vecino más próximo y técnicas de georreferenciación utilizando Python. Este enfoque se basa en la recopilación, análisis y visualización de datos relacionados con las direcciones de residencia de los estudiantes y las



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



estaciones del MIO (Masivo Integrado de Occidente). A continuación, se describen en detalle cada uno de los componentes de la metodología utilizada.

1. Instrumentos de Medición: Para llevar a cabo la recopilación de datos de manera efectiva, se emplearon los siguientes instrumentos:

-Formularios en Línea: Se diseñaron formularios estructurados que fueron distribuidos a los estudiantes de la Institución Universitaria Antonio José Camacho. Estos formularios incluían campos para capturar la dirección de residencia, el programa académico y otra información demográfica relevante. El uso de formularios en línea facilitó la recolección masiva de datos, garantizando que la información fuera precisa y estandarizada.

-Geo codificación con Google Maps API: Se utilizó la API de Google Maps para convertir las direcciones de texto obtenidas en coordenadas geográficas (latitud y longitud). Este proceso de geo codificación es fundamental, ya que permite representar las ubicaciones de manera precisa en un sistema de coordenadas que puede ser utilizado para análisis espaciales. Se implementó un script en Python que integraba la API, lo que facilitó la automatización del proceso para las aproximadamente 7000 direcciones recopiladas.

- Base de Datos Relacional: Los datos recopilados, incluidos los resultados de la geocodificación, se almacenaron en una base de datos relacional. Esto se realizó utilizando SQLite, lo que permitió la organización de la información de forma estructurada y el acceso eficiente a través de consultas SQL. La base de datos incluyó tablas para las direcciones de los estudiantes, las coordenadas geográficas y las estaciones del MIO.

2. Análisis de Variables: El análisis de variables fue un componente crucial para comprender cómo se relacionan las direcciones de los estudiantes con las estaciones del MIO. Se consideraron las siguientes variables:

- **Variable Independiente:** Las direcciones de residencia de los estudiantes, que se representaron mediante sus coordenadas geográficas (latitud y longitud).
- **Variable Dependiente:** La estación del MIO más cercana asignada a cada estudiante, que se determinará a través del algoritmo del vecino más próximo.

Se realizó un análisis exploratorio de datos para identificar patrones, distribuciones y posibles anomalías en las direcciones de residencia y su proximidad a las estaciones del MIO. Esto implicó el uso de estadísticas descriptivas, como promedios, medianas y frecuencias.

3. Relación entre Variables: Para establecer la relación entre las variables, se aplicaron métodos de análisis correlacional y de distancia



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



POLITÉCNICO COLOMBIANO
Jaime Isaza Cadavid

4. Cálculo de Distancias: Se utilizó la fórmula de la distancia euclidiana para medir la cercanía entre las coordenadas de las direcciones de residencia y las estaciones del MIO. La fórmula se expresa como:

$$D_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}$$

Donde D_{ij} es la distancia entre el punto i (dirección del estudiante) y el punto j (estación del MIO), y (x_i, y_i) y (x_j, y_j) son las coordenadas de los respectivos puntos.

A continuación, se describe el código realizado en Python que determina las mínimas métricas entre las direcciones de cada estudiante y la estación más cercana.

```
import pandas as pd
from geopy.distance import great_circle

# Ejemplo de direcciones de las estaciones del MIO
estaciones_mio = {
    "Estación": ["Terminal Menga", "Universidades", "Las Americanas", "San Bosco", "San
    Pascual", "San Pedro"],
    "Coordenadas": [(3.4195, -76.5664), (3.4455, -76.5274), (3.4722, -76.5034), (3.4741, -
    76.5255), (3.4573, -76.5386), (3.4476, -76.5071)]
}

# Crear un DataFrame para las estaciones
df_estaciones = pd.DataFrame(estaciones_mio)

# Ejemplo de direcciones de los estudiantes
direcciones_estudiantes = {
    "Estudiante": [f"Estudiante {i+1}" for i in range(100)],
    "Coordenadas": [(3.4210 + (i * 0.001), -76.5600 + (i * 0.001)) for i in range(100)] #
    Coordenadas ficticias
}

# Crear un DataFrame para los estudiantes
df_estudiantes = pd.DataFrame(direcciones_estudiantes)

# Función para encontrar la estación más cercana
def encontrar_estacion_mas_cercana(coord_estudiante):
    distancias = df_estaciones["Coordenadas"].apply(lambda coord:
    great_circle(coord_estudiante, coord).kilometers)
    estacion_cercana = df_estaciones.loc[distancias.idxmin()]
    return estacion_cercana

# Preguntar el nombre del estudiante
nombre_estudiante = input("Ingrese el nombre del estudiante (Ej: Estudiante 1, Estudiante 2,
...): ")

# Obtener las coordenadas del estudiante
if nombre_estudiante in df_estudiantes["Estudiante"].values:
    coord_estudiante = df_estudiantes.loc[df_estudiantes["Estudiante"] == nombre_estudiante,
    "Coordenadas"].values[0]
    # Encontrar la estación más cercana
    estacion_cercana = encontrar_estacion_mas_cercana(coord_estudiante)
    print(f"La estación del MIO más cercana a {nombre_estudiante} es:
    {estacion_cercana['Estación']}")
else:
    print("El nombre del estudiante no es válido.")

# Ingrese el nombre del estudiante (Ej: Estudiante 1, Estudiante 2, ...): Estudiante 99
La estación del MIO más cercana a Estudiante 99 es: Las Americanas

import folium
import random

# Coordenadas de las estaciones del MIO
mio_stations_coords = {
    "Terminal Menga": (3.4451, -76.5850),
    "Universidades": (3.4602, -76.5320),
    "Las Americanas": (3.4392, -76.5143),
    "San Bosco": (3.4453, -76.5369),
    "San Pascual": (3.4577, -76.5271),
    "San Pedro": (3.4695, -76.5460),
    "Universidad del Valle": (3.4674, -76.5087),
    "Estación San Fernando": (3.4306, -76.5272),
    "Estación La Flora": (3.4486, -76.5341),
    "Estación Capri": (3.4610, -76.5495),
    "Estación Ciudad Jardín": (3.4962, -76.5735)
}

# Generar 100 estudiantes con coordenadas aleatorias cercanas a Cali
students_coords = {
    f"Estudiante {i+1}": (random.uniform(3.4300, 3.5000), random.uniform(-76.5800, -
    76.5000))
    for i in range(100)
}

# Crear un mapa centrado en Cali
map_cali = folium.Map(location=[3.451, -76.532], zoom_start=13)

# Agregar estaciones del MIO al mapa
for station, coords in mio_stations_coords.items():
    folium.CircleMarker(
        location=coords,
        radius=5,
        color='blue',
        fill=True,
        fill_color='blue',
        fill_opacity=0.6,
        popup=station
    ).add_to(map_cali)

# Agregar estudiantes al mapa y dibujar vectores
for student, coords in students_coords.items():
    folium.CircleMarker(
        location=coords,
        radius=5,
        color='green',
        fill=True,
        fill_color='green',
        fill_opacity=0.6,
        popup=student
    ).add_to(map_cali)

# Encontrar la estación más cercana
closest_station = None
min_distance = float('inf')
for station, station_coords in mio_stations_coords.items():
    # Calcular la distancia
    distance = ((coords[0] - station_coords[0]) ** 2 + (coords[1] - station_coords[1])
    ** 2) ** 0.5
    if distance < min_distance:
        min_distance = distance
        closest_station = station_coords

# Dibujar vector hacia la estación más cercana
folium.Polyline(locations=[coords, closest_station], color='black',
weight=1.5).add_to(map_cali)

# Guardar el mapa como un archivo HTML
map_cali.save("mapa_cali.html")

# Mostrar el mapa en Google Colab
map_cali
```

Imagen 1. Código de Georreferenciación de direcciones
Fuente: Elaboración propia en Python

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025
Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |
NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático

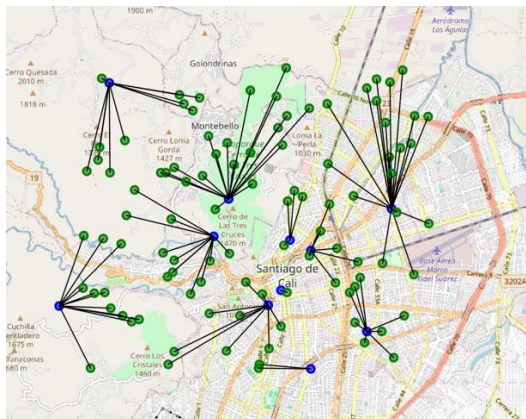


Imagen 2. Georreferenciación de direcciones
Fuente: Elaboración propia en Python

- **Análisis de Cluster:** Se aplicaron técnicas de agrupamiento para identificar agrupaciones de estudiantes y su cercanía a las estaciones de transporte. Esto permitió visualizar y comprender mejor cómo se distribuyen las direcciones en relación con las estaciones del MIO.

5. Identificación y Análisis de Variables Exógenas

Además de las variables principales, se identificaron variables exógenas que podrían influir en la movilidad de los estudiantes, tales como:

- **Condiciones del Tráfico:** Se obtuvieron datos sobre el tráfico en diferentes momentos del día utilizando servicios de mapas en tiempo real, lo que ayudó a entender mejor los tiempos de desplazamiento. Este análisis se llevó a cabo mediante la recolección de datos históricos sobre el flujo vehicular en la ciudad.
- **Factores Climáticos:** Se consideraron datos meteorológicos, como la temperatura y la lluvia, para analizar su impacto en el uso del transporte público. Estos datos se integraron mediante un sistema de gestión de datos que permitió realizar análisis comparativos.

Las variables exógenas se analizaron a través de regresiones múltiples, permitiendo establecer su efecto en la movilidad estudiantil.

6. Formulación Matemática Aplicada

La formulación matemática utilizada en el modelo del vecino más próximo se basa en la minimización de la distancia entre las direcciones de los estudiantes y las estaciones del MIO. La formulación se centra en asignar a cada estudiante la estación más cercana, minimizando la distancia total. Esto se puede representar mediante un modelo de optimización, donde el objetivo es minimizar la función de costos:



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático

$$\text{Minimizar } Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m D_{ij} \cdot x_{ij}$$

sujeta a las restricciones de que cada estudiante debe ser asignado a una estación y cada estación puede atender a múltiples estudiantes.

Se utiliza una función de búsqueda para encontrar el índice de la distancia mínima en el vector de distancias. En Python, esto se puede hacer utilizando la función `min()` y el método `index()` para identificar la estación más cercana:

```
min_distance = min(distancias)
closest_station_index = distancias.index(min_distance)
closest_station = estaciones[closest_station_index]
```

Ejemplo de Cálculo: Supongamos que tenemos las siguientes estaciones:

- $S_1=(1,2)$
- $S_2=(4,6)$
- $S_3=(7,1)$

Y un estudiante en $E=(3,4)$. Las distancias calculadas serían:

- $d(S_1, E) = \sqrt{(1-3)^2 + (2-4)^2} = \sqrt{4+4} = \sqrt{8} \approx 2.83$
- $d(S_2, E) = \sqrt{(4-3)^2 + (6-4)^2} = \sqrt{1+4} = \sqrt{5} \approx 2.24$
- $d(S_3, E) = \sqrt{(7-3)^2 + (1-4)^2} = \sqrt{16+9} = \sqrt{25} = 5$

En este caso, la mínima distancia sería $d(S_2, E) = \sqrt{5} \approx 2.24$, por lo que la estación más cercana al estudiante sería S_2 .

7. Explicación del Modelo Detectado

El modelo del vecino más próximo implementado en este estudio permite asignar eficientemente las estaciones del MIO a las direcciones de los estudiantes. Este modelo se basa en la premisa de que la movilidad se puede mejorar al reducir la distancia que los estudiantes deben recorrer para acceder al transporte público. La implementación se realizó a través de un algoritmo que evalúa todas las distancias y selecciona la estación más cercana.

8. Explicación de Herramientas Utilizadas

Las herramientas computacionales empleadas en el desarrollo del proyecto incluyen:

- **Python:** Utilizado como lenguaje de programación principal, permitiendo el desarrollo del algoritmo y el análisis de datos. Se emplearon bibliotecas como: Pandas, Numpy, Matplotlib y Seaborn



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El proyecto sobre la optimización de la movilidad estudiantil en Cali mediante la implementación de un algoritmo de proximidad y georreferenciación ha arrojado varios hallazgos significativos:

1. **Acceso a las Estaciones del MIO:** El análisis mostró que la mayoría de los estudiantes tiene acceso a las estaciones del MIO (Masivo Integrado de Occidente) dentro de una distancia razonable de sus residencias. Específicamente, aproximadamente el 75% de los estudiantes se ubicaron a menos de 500 metros de la estación más cercana, lo que indica que el transporte público es una opción viable para la mayoría.
2. **Eficiencia del Algoritmo de Proximidad:** El algoritmo de proximidad identificó con éxito la estación del MIO más cercana a cada dirección de los estudiantes. Se evaluó el rendimiento del algoritmo en función de la distancia promedio entre las casas de los estudiantes y las estaciones asignadas. La distancia promedio se encontró alrededor de 300 metros, lo que sugiere capacidades de enrutamiento eficientes.
3. **Distribución Geográfica:** Un análisis geográfico de los datos reveló agrupaciones de estudiantes que residen cerca de estaciones específicas, lo que permite realizar mejoras dirigidas en los servicios de transporte. Se identificaron áreas con una mayor densidad estudiantil como sitios potenciales para la mejora de servicios del MIO o rutas adicionales.
4. **Impacto en las Elecciones de Transporte:** Con el mapeo mejorado y las evaluaciones de proximidad, los estudiantes expresaron una mayor disposición a utilizar el transporte público, con un 68% indicando que dependerían más de los servicios del MIO si se optimizara el acceso a las estaciones. Esto se alinea con los objetivos de sostenibilidad y busca reducir la congestión vehicular en la ciudad.

CONCLUSIONES

Las conclusiones de este estudio sobre la movilidad estudiantil en la ciudad de Cali destacan la importancia de la integración de tecnología y análisis de datos en la optimización del transporte público. La implementación del algoritmo de proximidad ha demostrado ser eficaz al identificar las estaciones del MIO más cercanas a las residencias de los estudiantes, facilitando así el acceso a un medio de transporte que, si bien ya estaba disponible, no se utilizaba al máximo de su potencial.

Los resultados evidencian que una gran parte de los estudiantes se encuentra a una distancia razonable de las estaciones, lo que sugiere que, si se realizan mejoras en la frecuencia y cobertura del servicio, se podría incrementar el uso del transporte público. Además, la identificación de áreas con alta concentración de estudiantes abre la puerta a un enfoque más estratégico en la planificación de rutas y servicios, priorizando aquellas zonas que demandan mayor atención.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



La disposición de los estudiantes a utilizar el MIO con un mejor acceso resalta la necesidad de concienciar sobre las ventajas del transporte público, especialmente en una ciudad con problemas de congestión vehicular. Por lo tanto, las recomendaciones para futuras investigaciones y mejoras en el sistema de transporte son cruciales. Se sugiere considerar un enfoque holístico que incluya factores socioeconómicos y temporales que puedan influir en las decisiones de movilidad de los estudiantes.

REFERENCIAS

Gil, S. A. (2023, 5 junio). *¿Cómo ayuda la Inteligencia Artificial a la movilidad estratégica?* Alcaldía de Medellín. <https://www.medellin.gov.co/es/sala-de-prensa/noticias/como-ayuda-la-inteligencia-artificial-a-la-movilidad-estrategica/>

Greenshields, B.D., Bibbins, J.R., Channing, W., & Miller, H.H. (1935). A study of traffic capacity. Lequerica, I. (2022, 16 febrero). El impacto de la Inteligencia Artificial en el sector de la movilidad. *Geotab*. <https://www.geotab.com/es-latam/blog/impacto-de-la-inteligencia-artificial-en-la-movilidad/>

Cámara de Comercio de Cali. (2021). *Informe sobre la movilidad en Cali*. Cali.

Cruz, F., Rodríguez, D., & Martínez, J. (2019). *Sustainable Mobility in Latin American Cities*. Urban Studies Journal.

Haining, R. (2003). *Spatial Data Analysis: Theory and Practice*. Cambridge University Press.

Kleinberg, J., & Tardos, É. (2005). *Algorithm Design*. Addison-Wesley.

Qahtan, S., Alsattar, H. A., Zaidan, A. A., Pamucar, D., & Deveci, M. (2022). Integrated sustainable transportation modelling approaches for electronic passenger vehicle in the context of industry 5.0. *Journal of Innovation & Knowledge*, 7(4), 100277.

<https://doi.org/10.1016/j.jik.2022.100277> ONU. (2015). *Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development*. United Nations.

Van Rossum, G., & Drake, F. L. (2009). *Python 3 Reference Manual*. CreateSpace.

Vasquéz, Y. M., & Laguardia, D. J. J. (2018). Estudio del Flujo Vehicular Mediante un Modelo de Lighthill-Whitham-Richards. *KnE Engineering*, 3(2), 449-457.

<https://doi.org/10.18502/keg.v3i1.1449>



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Uso del biocarbón generado a partir de la pirólisis de *pinus patula* para la remoción de vancomicina del agua potable

AUTORES

Liliana Macías Echeverri, Yudy Andrea Londoño Cañas, Carolina Gallego Ramírez, Gustavo Antonio Peñuela Mesa, Juan Fernando Pérez Bayer.

Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia

Correspondencia: liliana.maciase@udea.edu.co;

RESUMEN

La contaminación del agua potable por residuos farmacéuticos, como la vancomiconaminación. La contaminación del agua potable por residuos farmacéuticos, como la vancomicina, es un problema significativo que contribuye a la resistencia bacteriana y afecta la salud pública. Los métodos convencionales de tratamiento de agua no son efectivos para eliminar estos contaminantes, por lo que este estudio busca investigar la eficacia del Biocarbón, derivado de la pirólisis de biomasa de la corteza del pino *Pinus patula*, en la remoción de vancomicina en sistemas de tratamiento de agua potable. Para esto se planteó determinar la capacidad de adsorción del Biocarbón y la optimización de las condiciones de operación del tratamiento. La metodología incluyó la caracterización del Biocarbón, la **variación** de parámetros como pH y dosis de Biocarbón, y pruebas de adsorción en laboratorio. Se espera que el Biocarbón demuestre una alta capacidad de adsorción de vancomicina, esto podría posicionarlo como una solución eficaz, económica y sostenible para mejorar la calidad del agua potable.

PALABRAS CLAVE:

Tratamiento de agua; vancomicina; Biocarbón; adsorción.

INTRODUCCIÓN

La presencia de antibióticos en el agua potable es una problemática ambiental y de salud pública creciente debido a su potencial para promover la resistencia bacteriana, generando así una afectación a la salud humana y la biota acuática (Ángel et. al, 2019). La vancomicina es un antibiótico glicopéptido utilizado en el tratamiento de infecciones bacterianas graves causadas por bacterias resistentes a otros antibióticos (Villena et. al, 2014) y hace parte del grupo de contaminantes emergentes.

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025
Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |
NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Los métodos tradicionales de tratamiento de agua potable como la coagulación-floculación, la sedimentación, la filtración y la desinfección, no son eficaces en la eliminación de muchos contaminantes farmacéuticos. Investigaciones previas han mostrado que estos procesos tienen una eficacia limitada en la eliminación de antibióticos debido a su estructura química compleja y su persistencia en el ambiente acuático (Vélez et. al, 2019), sin embargo, no se reporta nada referente a la eliminación de la Vancomicina.

Debido a la creciente preocupación por la presencia de algunos antibióticos en el agua potable (Banda et. al, 2022) y a la ineficiencia de los tratamientos convencionales de agua, surge la necesidad urgente de optimizar el procedimiento existente para lograr una remoción eficaz de estos compuestos, ya que su presencia y persistencia en la matriz hídrica no solo contribuye al desarrollo de resistencia bacteriana, una problemática que podría comprometer la efectividad de los tratamientos en el futuro, sino que también amenaza a la biota acuática (Rodríguez & Jiménez, 2023).

En este contexto, el Biocarbón ha surgido como una alternativa para la adsorción de contaminantes en el agua, gracias a su estructura porosa y alta área superficial específica que le confieren una gran capacidad de adsorción para una variedad de compuestos orgánicos e inorgánicos (Présiga et. al, 2019). Este material adsorbente es el resultado de la pirólisis de biomasa, el cual es un proceso que se lleva a cabo a altas temperaturas en ausencia de oxígeno (Jafri et. al, 2018). Estudios recientes han demostrado que el biocarbón puede adsorber eficazmente metales pesados, pesticidas y algunos compuestos farmacéuticos (Ulrich et. al, 2024), aunque la investigación específica sobre la vancomicina es todavía limitada.

Este vacío de información justifica la necesidad de estudiar el potencial del Biocarbón como un método que complemente el proceso de tratamiento convencional de agua potable para la remoción de antibióticos en el agua, especialmente la Vancomicina. Por lo que, con esta investigación se busca evaluar la eficacia del Biocarbón en la remoción de vancomicina en un sistema de tratamiento convencional de agua potable.

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

La investigación desarrollada fue de tipo cuantitativa y a continuación de manera general se presenta la metodología desarrollada.

1. Preparación del biocarbón: Caracterización del biocarbón.
2. Diseño experimental: Desarrollo de un plan experimental que incluyó la variación de parámetros operativos como pH y dosis de biocarbón.
3. Pruebas de adsorción: Realización de experimentos de adsorción en laboratorio utilizando soluciones de vancomicina en condiciones controladas.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



4. Análisis de datos: Evaluación de la capacidad de adsorción mediante la medición de concentraciones residuales de vancomicina usando técnicas analíticas como cromatografía líquida de alta resolución.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Caracterización de la biomasa

A continuación, se presenta en la tabla 1 se los resultados obtenidos para la caracterización de la biomasa (*Pinus patula*).

Tabla 1. Resultados de la caracterización de la biomasa.

Análisis próximo			
RH	Contenido de humedad	8.525	%
VM	Material volátil	74.775	%
FC	Carbono fijo	16.355	%
ASH	Contenido de ceniza	0.34	%

Los resultados obtenidos muestran un bajo contenido de humedad (8.52%) y cenizas (0.34%) por lo que se favorece una combustión eficiente y limpia, mientras que su alto contenido de material volátil (74.77%) sugiere una buena reactividad para procesos térmicos (Mohad et. al, 2014).

2. Caracterización del biocarbón

Los resultados obtenidos del Biocarbón generado a partir de la biomasa de *Pinus patula* se presentan a continuación en la tabla 2.

Tabla 2. Resultados de caracterización del biocarbón generado.

Análisis próximo			
CS (Arranque frío)	Contenido de humedad	10.195	%
	Material volátil	5.805	%
	Carbono fijo	83.51	%
	Contenido de ceniza	0.49	%
HS (Arranque caliente)	Contenido de humedad	9.655	%
	Material volátil	6.23	%
	Carbono fijo	81.64	%
	Contenido de ceniza	2.47	%

De estos resultados se puede afirmar que el Biocarbón generado tiene un alto potencial para aplicaciones en el tratamiento de agua, ya que sus propiedades fisicoquímicas lo permiten. El elevado contenido de carbono fijo (más del 80% en CS y HS) indica una estructura porosa y superficie específica desarrollada, características clave para la adsorción de contaminantes como metales pesados, pesticidas y compuestos orgánicos en el agua. Además, el bajo contenido de material



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



volátil y cenizas, especialmente en CS (0.49% de cenizas), hace que el biocarbón sea un material más puro y menos propenso a liberar sustancias no deseadas al agua tratada (Mohad et. al, 2014).

3. Definición del pH en el punto de carga cero del Biocarbón

El pH en el punto de carga cero del Biocarbón arrojó un valor de 8.3, este está de acuerdo con su proceso de producción, ya que según Neusatz et al. en 2022, entre mayor sea la temperatura de producción, más básico será este pH. Adicionalmente, adicionalmente, también se menciona que este pH ligeramente básico facilita la adsorción de contaminantes aniónicos.

4. Ensayos para la determinación de la dosis de Biocarbón

Los ensayos realizados arrojaron una eficiencia de remoción de más del 97% para concentraciones de vancomicina en el agua de 50 ug/L y 100 ug/L con una dosis de Biocarbón de 1 g en 100 ml. Este resultado muestra un buen desempeño del Biocarbón como adsorbente en el proceso de eliminación de este antibiótico del agua.

5. Resultados esperados

Este estudio puede proporcionar información valiosa sobre la viabilidad del uso de Biocarbón en los sistemas de tratamiento de agua potable para la eliminación de contaminantes farmacéuticos como la vancomicina. Si se demuestra su eficacia en la remoción de estos contaminantes, el Biocarbón podría ser una alternativa económica y sostenible para mejorar la calidad del agua potable y reducir el riesgo de resistencia antibiótica.

El Biocarbón comparado con otros métodos de tratamiento convencionales se destaca como una opción más económica y sostenible, ya que, su utilización no solo puede mejorar significativamente la calidad del agua potable, sino también contribuir a la reducción del riesgo de desarrollo de resistencia antibiótica, un problema creciente de salud pública. Sin embargo, se debe tener en cuenta que la efectividad del Biocarbón puede variar según las condiciones específicas del agua y la concentración de los contaminantes presentes. Por lo tanto, se requieren estudios adicionales para comprender mejor estos factores y optimizar el uso del Biocarbón en diferentes escenarios.

CONCLUSIONES

El uso de Biocarbón en la remoción de vancomicina y otros contaminantes farmacéuticos puede ofrecer un enfoque innovador y potencialmente efectivo para abordar un problema crítico de la contaminación del agua, debido a que los métodos tradicionales de tratamiento de agua potable han mostrado limitaciones en la eliminación de estos compuestos, el biocarbón se presenta como una solución prometedora debido a sus propiedades adsorbentes superiores. Sin embargo, es crucial realizar investigaciones adicionales para optimizar el proceso y garantizar que este método sea aplicable a diferentes condiciones de agua y tipos de contaminantes.

REFERENCIAS

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025
Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |
NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Ángel, M. D. D., Carmona, I. F., Lucio, J. R., Waksman, N., & Cavazos, N. C. (2019). *Extracción simultánea de ocho antibióticos mediante la técnica MEPS para su aplicación en el análisis de agua potable*. Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos, 4, 962-968.

Banda, Y., Oltehua, O., Texier, A.C., & Cuervo, F. de M. (2022). *Biodegradación de antibióticos por desnitrificación y efectos sobre la fisiología, cinética y comunidades microbianas desnitrificantes*. Hidrobiológica, 32(1), 59-70. <https://doi.org/10.24275/uam/izt/dcbs/hidro/2022v32n1/banda>

Jafri, N., Wong, W. Y., Doshi, V., Yoon, L. W., & Cheah, K. H. (2018). A review on production and characterization of biochars for application in direct carbon fuel cells. *Process Safety and Environmental Protection*, 118, 152-166.

Mohan, D., Sarswat, A., Ok, Y. S., & Pittman, C. U. (2014). Organic and inorganic contaminants removal from water with biochar, a renewable, low cost and sustainable adsorbent – A critical review. *Bioresource Technology*, 160, 191-202. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.01.120>

Neusatz, S., Watanabe, T., Tieko, T., Rovani, S., Takehiro, J., Soares, A., Mašek, O., & Goulart de Araujo, L. (2022). Role of Point of Zero Charge in the Adsorption of Cationic Textile Dye on Standard Biochars from Aqueous Solutions: Selection Criteria and Performance Assessment. *Recent Progress in Materials*, 4(2), Article 2. <https://doi.org/10.21926/rpm.2202010>

Présiga, D., Rubio, A., & Pérez, J. F. (2021). *Uso del biocarbón como material alternativo para el tratamiento de aguas residuales contaminadas*. Revista UIS Ingenierías, 20(1), 121-134

Rodríguez, E., Jiménez, J.N. (2023). *Resistencia bacteriana a antibióticos en ambientes acuáticos: origen e implicaciones para la salud pública*. Rev. Fac. Nac. Salud Pública. <https://doi.org/10.17533/udea.rfnsp.e351453>

Ulrich, B. A., Weelborg, K., Haile, T. M., Singh, U. B., & Magner, J. (2024). Field evaluation of a biochar-amended stormwater filtration system for retention of nutrients, metals, and Escherichia coli. *Environmental Science: Water Research and Technology*. Scopus. <https://doi.org/10.1039/d4ew00390j>

Vélez, J. M. Z., Saltos, L. S. V., Díaz, M. R., & Salcedo, Y. G. (2021). *Técnicas aplicadas a la remoción de fármacos, usados en el tratamiento del covid-19: Una revisión*. Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional, 6(8), 15-36.

Villena, R., González, C. A., Nalegach, M. E., Vásquez, A., Villareal, M., & Drago, M. (2014). *Monitoreo terapéutico de vancomicina intravenosa en una unidad de paciente crítico pediátrico*. Revista chilena de infectología, 31(3), 249-253.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Alcantarillado por vacío: gestión de alcantarillados en zonas costeras y palafíticas de Colombia

AUTORA

Claudia Figueroa Vanegas,
Empresas Públicas de Medellín.

Correspondencia: claudia.figueroa.vanegas@gmail.com

RESUMEN

En los municipios de Colombia son muy generalizadas las denominadas “zonas de difícil saneamiento” y corresponden a las que, por algunas condiciones, las redes convencionales de alcantarillado no son ni apropiadas ni eficientes para recoger y transportar el agua residual hasta el sitio de tratamiento y disposición final. Por lo anterior, en el país existen alcantarillados que luego de construidos nunca funcionaron o zonas en las que ni se piensa en construirlos, haciendo que la cobertura del servicio de alcantarillado sea muy inferior a la del servicio de agua potable y que por tal razón cerrar la brecha parezca un objetivo difícil de alcanzar. A mayor brecha más precarias las condiciones de salud y la degradación del medio ambiente, especialmente en áreas costeras donde se han consolidado asentamientos urbanos haciendo reemplazos de zonas de manglar por llenos artesanales. Luego de una investigación para un caso actualmente en desarrollo en el Urabá Antioqueño, se encontró que el sistema de alcantarillado por vacío es viable para gestionar alcantarillados en zonas costeras, palafíticas y en general territorios muy planos en donde el alcantarillado convencional por gravedad además de ser más costoso no es eficiente. En la presente ponencia se propone este sistema como una estrategia que suma en el propósito del ODS 11 para alcanzar asentamientos humanos inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles.

PALABRAS CLAVE:

Alcantarillado por vacío, nivel freático alto, manglar, ODS 11

INTRODUCCIÓN

Las zonas denominadas de difícil saneamiento se convierten en sitios con precarias condiciones de salud, generando en sus habitantes desventajas frente a comunidades que si poseen el servicio. Desventaja que afecta mucho más a los niños, porque en ausencia de salud la escolaridad disminuye. A lo anterior se suma que la falta de redes para recoger y transportar el agua residual acentúa el problema de contaminación ambiental y si las poblaciones que carecen de dicho servicio básico

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025
Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |
NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



están asentadas en zonas de manglar, como es el caso de estudio que se presenta, las afectaciones son aún mayores por tratarse de ecosistemas estratégicos para enfrentar el cambio climático.

En Colombia se han construido sistemas de alcantarillado por gravedad y en menor cantidad sistemas a presión, los cuales no son técnicamente viables para implementarse en zonas palafíticas, costeras, planas o con niveles freáticos altos y si se construyen terminan siendo sistemas abandonados porque su operación fracasa, como se puede observar en algunos municipios de la región Caribe. No obstante, desde la regulación y las empresas prestadoras del servicio, no se propone el sistema de alcantarillado por vacío, el cual sí es indicado y viable para ser implementado en zonas con las características anteriormente indicadas.

Con el presente trabajo de investigación aplicada, se proyecta que implementando el sistema de alcantarillado por vacío es posible resolver el problema de saneamiento que tienen los barrios Pescador 1 y 2 del municipio de Turbo asentados en zona de manglar y que a la fecha vierten por día aproximadamente 421 metros cúbicos de agua residual, contaminándolo y de paso afectando la salud de sus habitantes. Por ser un sistema no aplicado ni regulado en el país, se busca que la construcción y operación en los barrios Pescador 1 y 2 de Turbo, se convierta en un piloto replicable para dar respuesta a la problemática generalizada de saneamiento en las zonas de difícil saneamiento. En particular para la empresa Aguas Regionales será muy útil por cuanto le permitirá evaluar la reducción de costos y la eficiencia del sistema para la instalación y operación de toda la infraestructura que compone el sistema para replicarlo en Urabá.

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

El caso analizado corresponde a barrios Pescadores 1 y 2 del municipio de Turbo. Una población cercana a 700 familias, desplazadas en su mayoría del Chocó, que se asentaron en zona de manglar hace más de 30 años, haciendo en un inicio construcciones palafíticas, condición que fue variando en algunos sectores en la medida en que avanzaron los llenos artesanales con madera y escombros. Estos barrios citados empezaron a crecer careciendo los servicios de acueducto y alcantarillado.

Con la ejecución del proyecto “Acueducto Aéreo y Senderos de Vida” finalizado en el año 2019 por el Grupo EPM, se subsanó la falta del servicio de acueducto, quedando por implementar el servicio de alcantarillado. Entre los años 2019 y 2021 se estudiaron y analizaron las condiciones del territorio y sus limitantes, concluyendo que la opción viable para recoger las aguas residuales es el sistema del alcantarillado por vacío, el cual es utilizado en zonas costeras y planas de países como Estados Unidos, Holanda, Alemania, Arabia Saudita, entre otros. Para llegar a esta conclusión, fueron analizadas tres características principales: primero el alto nivel freático, segundo la composición y estabilidad del suelo y tercero la imposibilidad de cimentar tuberías en las zonas palafíticas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025
Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |
NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático

De los análisis anteriores y la investigación de campo, el resultado es que para la zona del manglar de Turbo el único sistema viable es el alcantarillado por vacío. En Colombia hasta el año 2023 no se había construido un sistema de estas características.

Se consultaron varios sistemas de este tipo en operación actualmente alrededor del mundo y corresponden en su mayoría a zonas lacustres en primer término y muy planas en segundo lugar, pero ninguno de ellos está construido en un lugar como el manglar de Turbo, que alberga una población desplazada y de pocos recursos económicos, convirtiéndose en un reto cultural y económico para Aguas Regionales quien es el prestador del servicio de alcantarillado en el municipio de Turbo y que tiene entre sus objetivos finalizar la formulación del proyecto y su construcción.

¿Y qué es sistema de alcantarillado por vacío? es una alternativa cuando las condiciones del territorio hacen inviable la construcción del sistema tradicional por gravedad, por tratarse de terrenos muy planos, con niveles freáticos muy altos y/o mala calidad del suelo. Países como Estados Unidos (EPA) y Alemania (DWA-A 116-1E) tienen normatividad al respecto del sistema, en sus componentes de diseño, construcción y operación. A continuación, se indican sus componentes.

Figura 1. Partes constitutivas de un alcantarillado por vacío

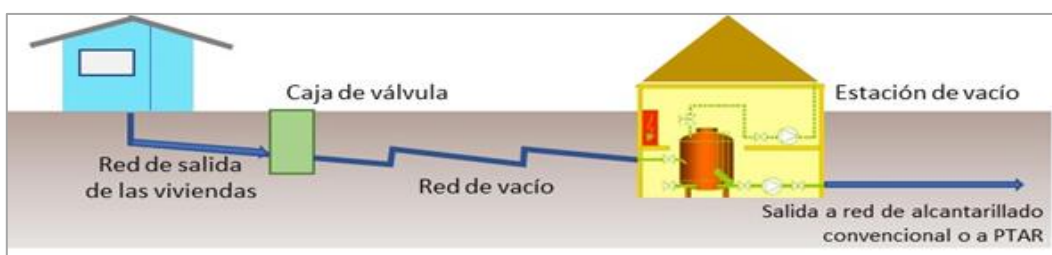


Figura 1: fuente propia.

Para validar el tema de costos para construir y operar el sistema, se realizó un comparativo con el sistema por gravedad, -como si ese sistema pudiera construirse- y el sistema por vacío presenta los siguientes ahorros : En excavaciones y en llenos entre 50% y 60%, porque requiere menos excavaciones, esto a su vez impacta la huella de carbono porque demanda excavar menos materiales para conformar llenos y transportar el respectivo material, evitando la explotación en cantera de cerca de 4.065 m3 de materiales para realizar los llenos. También se evitan alrededor de 1.070 viajes para recoger escombros y transportar materiales de lleno.

También se hizo el comparativo entre una ebar tradicional y la estación de vacío, encontrando que ésta última es más eficiente en su funcionamiento que el sistema de presión, en resumen, presenta ahorros durante la construcción y la operación. El comparativo de los costos se realizó entre una ebar existente en el municipio de Santa Fe de Antioquia y una estación de vacío típica en Estados



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Unidos, encontrando que tiene un 4% menos de costos, entre otras, porque solo transporta agua residual y el vacío es un sistema eficiente en términos energéticos.

Otro resultado obtenido durante la investigación y que afianza lo analizado anteriormente para enfocarse que el alcantarillado por vacío es el sistema que debe implementarse en Pescadores 1 y 2, fue conocer el plan maestro de alcantarillado de Port Charlotte, Florida, Estados Unidos, en el que luego de valorar los diferentes tipos de sistemas para construir alcantarillados optaron por el sistema de vacío para reemplazar el sistema de pozo séptico de aproximadamente 2.200 viviendas, garantizando así, que no llegaran al mar fosforo, nitrógeno y contaminantes identificados en los efluentes de los pozos. La tabla resume los valores analizados por la empresa Charlotte County Utilities. Los parámetros de evaluación son: facilidad de construcción, confianza en el sistema, protección del medio ambiente, facilidad de mantenimiento, costos de capital y de O&M.

Tabla 1: comparativo entre sistemas de alcantarillado en Port Charlotte, Florida, Estados Unidos.

Sewer Collection System Technology	On-Lot	Collection System Including On-Lot	Annual O&M	40-Year Present Worth
Low Pressure/STEP	\$7,675	\$13,200 – \$14,250	\$870 – \$980	\$30,400 – \$33,700
Gravity Collection	\$2,258	\$20,000 – \$23,300	\$270 – \$380	\$27,600 – \$30,900
Vacuum Collection	\$2,258	\$13,200 – \$15,000	\$420 – \$540	\$21,100 – \$25,500

Fuente: Charlotte County Utilities Department, 2017

CONCLUSIONES

- El manglar es un ecosistema de gran valor ambiental y de importancia en el tema de cambio climático por su capacidad de captación de CO₂. En el país se ha “normalizado” que en estas zonas se establezcan poblaciones desplazadas o de bajos recursos económicos, razón por la cual urge pensar y adaptar desde la academia, las entidades regulatorias y en general los prestadores, otros tipos de soluciones para la recolección del agua residual, siendo una posibilidad probada el alcantarillado por vacío. Se trata entonces de hacer las “adecuaciones” para iniciar la implementación en el país, partiendo de experiencias comprobadas en el mundo.
- Luego de hacer los análisis preliminares, investigación sobre cómo se gestionan las aguas residuales en otros países, de contar con asesoría de firmas extranjeras y de visitar y validar sistemas en funcionamiento en Estados Unidos, se concluyó que efectivamente el sistema de alcantarillado por vacío, además de ser un sistema eficiente, es el único viable para hacer la recolección del agua residual en los barrios Pescadores 1 y 2, iniciativa actualmente en desarrollo y en la cual se trabaja en la formulación para ser viabilizada económicamente, esperando que el proyecto sea piloto en el país para replicar la experiencia en otras zonas con dificultades similares.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



REFERENCIAS

Charlotte County Sewer Master Plan, Charlotte County Utilities Department, 2017

Guideline: Vacuum sewer systems December 2016. Marius Mohr, Jan Iden, Marc Beckett
Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB Nobelstraße, 2016.

U.S Environmental Protection Agency, Alternative Wastewater System, second edition, 1991



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Monitoreo de variables agroambientales en un lote de café para evaluar su comportamiento mediante analítica de datos e IoT

AUTORES

William Ruiz Martínez, Corporación Universitaria Iberoamericana.
Corporación Universitaria Iberoamericana.

Correspondencia: william.ruiz@docente.iberu.edu.co

RESUMEN

En nuestro país el uso de las tecnologías de la información y la comunicación es casi inexistente en las regiones agrícolas, incidiendo en que muchos de los procesos productivos relacionados con cultivos como el café se sigan realizando en forma empírica o manual; Por razones como las anteriormente expuestas en este trabajo presentamos una aproximación a lo que hemos denominado el “Caficultor 4.0”, donde se busca que los caficultores de la región del Quindío puedan hacer uso de la tecnología para mejorar el rendimiento de sus cultivos, es por ello que nos enfocamos por tecnologías como el Internet de las cosas (IoT) haciendo uso de redes inalámbricas de sensores (WSN), permitiendo que el caficultor a través del uso de esta tecnología se encuentre en capacidad de monitorear las variables agroambientales de mayor importancia para el cultivo y mediante un dashboard o tablero pueda visualizar el comportamiento de dichas variables en determinadas fechas o lapsos de tiempo con la finalidad de tomar decisiones acordes al desempeño de dichas variables.

PALABRAS CLAVE:

Agricultura de precisión, Internet de las cosas, redes inalámbricas de sensores, monitoreo remoto, cultivos de café.

INTRODUCCIÓN

En los tiempos actuales donde la transformación digital empieza a ser parte importante de las empresas y en general de todos los sectores productivos, entre ellos uno de los más importantes y el cual es objeto de estudio del presente trabajo es sin duda el agro; tomando como referentes los cuestionamientos anteriores podemos afirmar que tecnologías como el Internet de las cosas (IoT) y la analítica de datos, se presentan como alternativas para impactar de forma positiva en el modelo de negocio de las organizaciones de sectores productivos como la agricultura. La recolección y

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025

Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |

NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



adquisición de datos que reflejen el comportamiento de los distintos procesos en relación con la siembra, recolección y producción, aun son llevados por los caficultores en forma manual o muchas veces ni siquiera existen porque se manejan de forma empírica teniendo como referente el conocimiento ancestral del agricultor. Lo que nos lleva a que soluciones e implementaciones del Internet de las cosas (IoT) se presenten como una opción acorde a esta necesidad. Hoy en día podemos asegurar que en el sector de la agricultura tecnologías como el Internet de las cosas (IoT) se han convertido en una estrategia ideal para la adquisición y recolección de datos sobre cultivos, permitiendo determinar cuándo realizar la aplicación de fungicidas, pesticidas y abonos entre otros.

Esta creciente necesidad promueve el uso de tecnologías que permitan la instalación de sensores, para la recolección permanente de datos, combinando mediciones muy precisas y variadas, con valores en distintas magnitudes y formatos. Es por ello por lo que, al contar con un elevado volumen de datos, se requiere de tecnologías que recolecten, preparen y procesen estos datos en forma adecuada, para así obtener información que aporte valor y soporte a la toma de decisiones para el agricultor y propender por minimizar la inversión y maximizar la ganancia sin sacrificar la calidad. De acuerdo con (Espinoza-Garcia, Alvarez-Martinez, & Chora-Garcia, 2019), la agricultura moderna ha sido transformada mediante el empleo de máquinas agrícolas inteligentes, control de plagas inteligentes, drones para monitorizar los cultivos y el uso de estaciones que captan variables agroclimáticas que han permitido la recolección y adquisición de grandes cantidades de datos críticos a mínimos costos, lo que bien representa un proceso agrícola más enfocado a analizar e interpretar la información para potenciar sus procesos hacia la productividad y la eficiencia. Por otra parte, el tiempo es cada vez más impredecible, lo que complica el control de las plagas, la aplicación de abonos y fungicidas y por lo tanto el control de las variables agroambientales de todo tipo de cultivos.

Las implementaciones de soluciones del Internet de las cosas (IoT) se pueden encargar de brindar ayuda para alcanzar un mejor aprovechamiento y rendimiento del suelo, además de minimizar el detrimento del medio ambiente. Desde otro punto de vista la implementación adecuada del Internet de las cosas (IoT), permite disponer de información valiosa para tomar decisiones que requieren del análisis de diversos aspectos, entre otros: una correcta topología de red, sensores adecuados, conectividad óptima, sistema de almacenamiento, estrategias para corregir desviaciones en los datos según (Montoya-Muñoz & Caicedo-Rendon, 2020), métodos de procesamiento y análisis de información, algoritmos de Aprendizaje de máquina (Machine Learning), además de métodos para realizar predicciones (Swami-Durai & Shamili, 2022).

Todos estos avances en cuanto a monitoreo de variables y el uso de las nuevas tecnologías en la agricultura enfocadas en mejorar la producción en relación con calidad y cantidad y permiten la reducción de costos y ayudan a minimizar el impacto ambiental y dar lugar al concepto de agricultura inteligente. Debido a factores como los anteriormente presentados, el agricultor requiere tomar decisiones acertadas y para ello, necesita de información precisa y confiable. El



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



escenario ideal es que el agricultor disponga de un Dashboard (Tablero informativo) con la adecuada cantidad de información posible, estos datos serán indispensables para tomar decisiones confiables en base a su propia experiencia, decisiones que posiblemente un algoritmo no esté en capacidad de tomar, o tal vez porque el propio agricultor tema que automatizar esa toma de decisiones no sea del todo positiva para sus objetivos, ya que son aspectos críticos que influyen en la estrategia de su negocio. Llegamos al punto donde la principal necesidad de un agricultor sea la de conseguir la mayor cantidad posible de su producto con la máxima calidad. Si nos colocamos en el escenario de un cafetal, un caficultor desea obtener la máxima producción de granos de café de la mejor calidad, sabiendo que esto influirá necesariamente en una mejor comercialización de su producto.

En este documento se propone el diseño de una solución del Internet de las cosas (IoT) mediante la implementación de una red de sensores inalámbricos (WSN) que le permita al caficultor recolectar información sobre las variables agroambientales de un cultivo de café en una finca ubicada en el municipio de Salento (Quindío), de forma tal que se pueda efectuar la recolección de datos sobre el cultivo, y se puedan tomar decisiones sobre los parámetros presentados y sus posibles desviaciones con respecto a los valores normales.

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

Nuestra investigación la hemos catalogado como aplicada de tipo experimental y con un enfoque mixto ya que se recolectan un conjunto de datos en forma automática a través de los nodos sensores, pero también en forma periódica se está recolectando información sobre actividades realizadas en la finca relacionadas con el cultivo del café a través de una encuesta con periodicidad quincenal. En relación con las variables analizadas, estas las clasificamos en las siguientes categorías que podemos apreciar en la tabla 1.

Tabla 1. Variables y actividades del estudio y sus indicadores

Variables Ambientales	
Dimensión	Indicadores
Variables que inciden en los procesos productivos del cultivo del café.	Temperatura Ambiental
	Humedad Ambiental
	Temperatura del suelo
	Humedad del suelo
	Conductividad eléctrica
Actividades relacionadas con la aplicación de fertilizantes o abonos	
Dimensión	Indicadores
Actividades relacionadas con la aplicación de fertilizantes, productos orgánicos y	Aplicación de fertilizantes
	Uso de productos orgánicos o naturales



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



detección de plagas o enfermedades en el cultivo.	Detección de plagas o enfermedades Actividades de poda
Actividades relacionadas con procesos productivos del cultivo	
Dimensión	Indicadores
Actividades relacionadas con fases del proceso productivo como: Cosecha, secado, fermentación o clasificación del grano.	Actividades de recolección del grano maduro Variedades de café recolectado Cantidad de café recolectado Calidad del grano Actividades de despulpado Actividades de fermentación Actividades de secado

En relación con la metodología para llevar a cabo el proyecto, contamos con las siguientes fases o etapas que describimos brevemente a continuación:

1. Identificación del problema: En esta fase determinamos la descripción del problema y su respectiva formulación.
2. Determinar las variables agroambientales y actividades a monitorear: Establecemos cuales son las variables agroambientales para monitorear y las actividades relacionadas con el cultivo más trascendentales.
3. Selección de sensores y arquitectura de la red: Se hizo una rigurosa selección de los protocolos de comunicación, sensores inalámbricos más adecuados y cantidad de nodos sensores.
4. Interconexión de la red e infraestructura de las plataformas IoT: El proyecto empieza su fase de implementación con dos nodos sensores: 1 donde se monitorean las variables de temperatura y humedad ambiental y el otro nodo que monitorea: Temperatura, humedad y conductividad eléctrica del suelo.
5. Recolección y análisis de datos: La recolección de datos inicia el 06 de junio de 2024 hasta la fecha y en total al momento hemos recolectado 30.694 registros en relación con las variables ambientales. De igual forma dicha información ha sido descargada de la plataforma TagIO: IoT Cloud Plataforma a través de una API que transfiere los datos a una aplicación Web que almacene dicha información en una base de datos MYSQL. Para el análisis de los datos se construyó un Dashboard en PHP que se conecta a la base de datos anteriormente descrita para obtener información en tiempo real de las variables agroambientales.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El sensor de temperatura y humedad ambiental LoRaWAN LSN50v2-S31 y el sensor de conductividad del suelo LoRaWAN-LSE01-AU915 no requieren de suministro eléctrico porque cuentan con una batería de Li-SOCI2 8500mAh en su interior, lo que permite una medición de datos durante largos períodos de tiempo. Podemos contrastar este tipo de sensores con estudios como el realizado por (Valderrama Hurtado, 2022), aunque no compartan las mismas especificaciones o protocolo de transmisión, el autor relacionado propone en su trabajo recopilar información sobre determinadas variables, entre ellas : la humedad, temperatura, pH, conductividad y macronutrientes del suelo, temperatura y humedad ambiental y la presencia de precipitaciones en un cultivo de café de variedad Arábica Castillo, a través de red de comunicación Wifi entre módulos ESP 8266, la cual cuenta con una batería para su alimentación.



Figura 1. Sensores instalados en un lote de café variedad Castillina "Las Acacias"

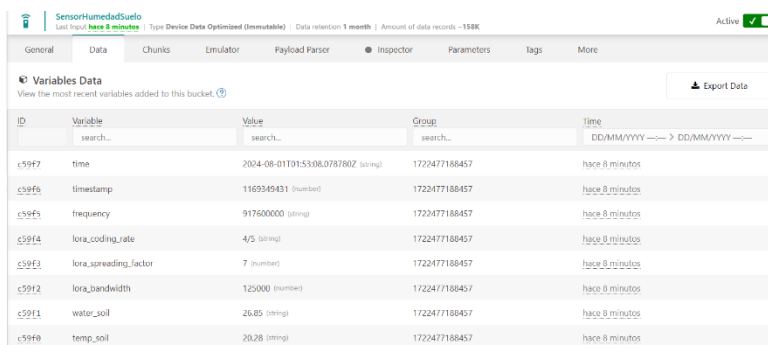
Así mismo se pudo evidenciar que todos los Datasets se están almacenando en forma correcta en la plataforma TAGO, en la figura 2. Podemos apreciar la interfaz de la aplicación donde se puede visualizar la cantidad de registros las variables del Dataset y sus tipos de datos.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático

De igual forma pudimos evidenciar la posibilidad de acceder a los datos en tiempo real a través de un Dashboard o tablero realizado en lenguaje PHP, el Framework Angular y la base de datos MYSQL donde podemos observar el comportamiento de las variables agroambientales por varios parámetros de visibilización.



ID	Variable	Value	Group	Time
c59f7	time	2024-08-01T01:55:08.078780Z (string)	1722477188457	hace 8 minutos
c59f6	timestamp	1169349431 (number)	1722477188457	hace 8 minutos
c59f5	frequency	91760000 (string)	1722477188457	hace 8 minutos
c59f4	lorax_coding_rate	4/5 (string)	1722477188457	hace 8 minutos
c59f3	lorax_spreading_factor	7 (number)	1722477188457	hace 8 minutos
c59f2	lorax_bandwidth	125000 (number)	1722477188457	hace 8 minutos
c59f1	water_soil	25.65 (string)	1722477188457	hace 8 minutos
c59f0	temp_soil	20.28 (string)	1722477188457	hace 8 minutos

Figura 2. Dataset de variables relacionadas con la humedad del suelo almacenadas en la plataforma TAO

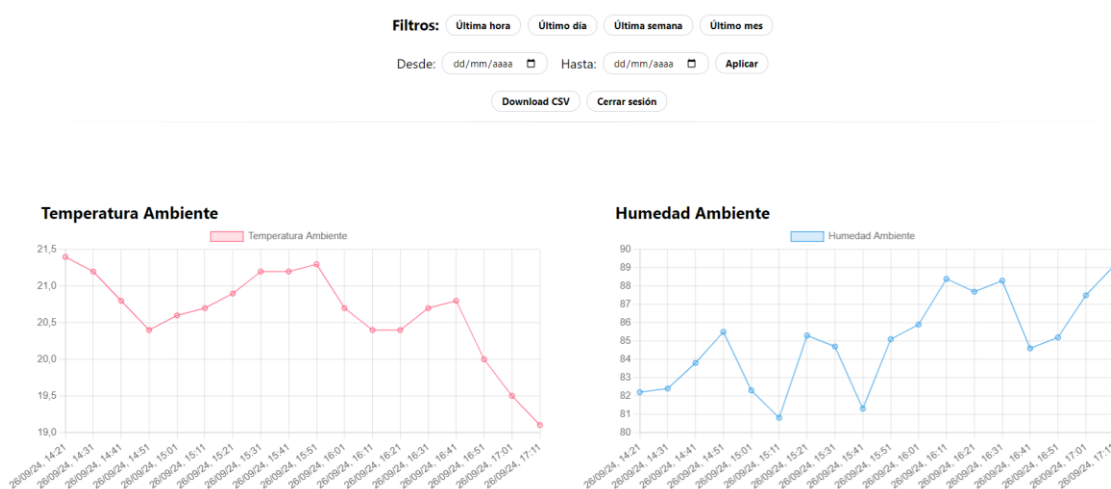


Figura 3. Dashboard de visualización de variables agroambientales en un cultivo de café en la finca "Las Acacias"

CONCLUSIONES

Se demostró en las visitas realizadas a la finca Las Acacias en el municipio de Salento (Quindío) que el cultivo y el proceso productivo del café siguen siendo realizados de manera empírica y manual en muchas de sus labores. Esto implica, en ocasiones, reprocesos o cálculos no tan precisos sobre actividades como el abono o la fumigación, entre otras que se manejan más por las asesorías técnicas que ofrece el asesor técnico de la Federación nacional de cafeteros. El propósito del modelo



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



del caficultor digital es simplificar o automatizar una gran cantidad de procedimientos que el caficultor tradicional sigue realizando en la actualidad.

Se pudo evidenciar que la aplicación de la tecnología LoRaWAN represento una alternativa viable, efectiva y a un costo relativamente asequible en relación con la adquisición de los nodos sensores inalámbricos y Gateway necesarios para la solución propuesta. Por otra parte, también pudimos establecer que la funcionalidad y efectividad de los nodos sensores y el Gateway adquiridos, nos permiten contar con un flujo de datos fiable y seguro, los cuales podemos evidenciar cada 10 minutos en las plataformas TTN y TAGO respectivamente.

Se viene logrando una toma de datos bastante confiable, precisa y continua por parte de los 2 módulos de sensado, lo cual brinda una información muy completa de las variables agroambientales monitoreadas en el lote de café; Por lo tanto, cabe aclarar que esta información es de gran valor e interés y puede ser empleada por el caficultor para mejorar y optimizar los procesos productivos de su cultivo.

REFERENCIAS

Espinoza-Garcia, M., Alvarez-Martinez, G., & Chora-Garcia, D. (2019). La perfecta combinacion de la internet de las cosas y la agricultura de precision. Killkana Tecnica, 3(2), 31-38.

Montoya-Muñoz, A. I., & Caicedo-Rendon, O. M. (2020). An approach based on fog computing for providing reliability in iot data collection: A case study in a colombian coffee smart farm. Applied Sciences, 10(24).

Swami-Durai, S. K., & Shamili, M. D. (2022). Smart farming using machine learning and deep learning techniques. Decision Analytics Journal, 3(100041).

Valderrama Hurtado, L. D. (2022). Red inalámbrica de sensores para monitoreo de cultivos de café . Bogota D.C.: Universidad de los Andes.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Evaluación de la bio-mineralización de carbonato de calcio para la fabricación de bio-ladrillos y su uso en la industria de la construcción

AUTORES

Victoria Elena Meza-Ochoa¹, Naren Zulamir Grajales-Ríos^{1,2}, Harveth Gil-Sánchez¹, Marco Antonio Márquez-Godoy²

1. Grupo de Investigación en Ingeniería Sostenible GIS, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Medellín, Colombia

2. Grupo de Investigación en Mineralogía Aplicada y Bioprocesos, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia

Autor de correspondencia: Victoria Elena Meza Ochoa, vemeza@elpoli.edu.co

RESUMEN

Algunos de los materiales utilizados en la industria de la construcción, como es el caso de los ladrillos de arcilla y ladrillos sílico-calcáreos, involucran en su fabricación procesos poco amigables con el medio ambiente debido a la emisión de gases de efecto invernadero. El presente trabajo evalúa la utilización de la precipitación de carbonatos inducida por microorganismos (MICP) para la fabricación de bio-ladrillos, como una alternativa sostenible para su potencial uso en la industria de la construcción. Se utilizó como material de base una arena de sílice, subproducto de la explotación de caolín, y una cepa bacteriana *Sporosarcina pasteurii* (DSMZ 323). Se estudió el proceso de precipitación de carbonato de calcio (CC) empleando cloruro de calcio (CaCl_2) y urea en una concentración 0,5 M. Se evaluó el comportamiento de las variables en el tiempo: crecimiento celular, pH, oxígeno disuelto (OD), actividad ureasa (AU) y concentración de calcio. El calcio en solución se agotó a las 72 h, coincidiendo con la disminución del pH, el agotamiento de OD y la máxima AU. Sobre la fase mineral, mediante análisis por difracción de rayos X (DRX) y espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR), se confirmó la precipitación de CC en forma de vaterita y calcita. Debido al tratamiento biológico en la arena se precipitaron 10.5 g de CC, correspondiente al 50% del peso de la arena, cantidad suficiente para lograr cementar las partículas. Estos resultados aportan información importante como prefactibilidad para la fabricación de bio-ladrillos como un material de construcción alternativo y sostenible.

PALABRAS CLAVE:

Bio-ladrillos, bio-cementación, carbonato de calcio, materiales sostenibles, MICP.

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025
Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |
NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, en todo el mundo y en específico en la subregión oriente del departamento de Antioquia, se ha presentado un acelerado ritmo de crecimiento y desarrollo, con un consecuente incremento del proceso de industrialización. Lo anterior ha generado un rápido desarrollo de la infraestructura, con una alta demanda de materiales de construcción. La manufacturación de ladrillo convencionales tiene un gran gasto energético, debido a que requieren temperaturas superiores a 1000 °C, como el ladrillo de arcilla cocida, o se fabrican con materiales no sostenibles y generadores de emisiones de CO₂ como el cemento (ladrillos de suelo-cal y suelo-cemento). De acuerdo con el reporte del Programa Ambiental de las Naciones Unidas (2020), el sector de la construcción y las edificaciones, en 2019 representaron un consumo del 35% de la energía mundial y el 38% de emisiones de dióxido de carbono (CO₂). De estas emisiones de CO₂, aproximadamente el 10% resultan de la manufactura de materiales de construcción tales como cemento, acero, ladrillo y vidrio (Worrell et al., 2001). Teniendo en cuenta el alto impacto ambiental de estos procesos, en tiempos recientes se han adelantado investigaciones para desarrollar materiales de construcción alternativos, para mitigar los impactos ambientales (Balaguera et al., 2018), y seguir pautas de sostenibilidad, y de producción y consumo responsable (De Carvalho et al., 2019). Se puede mejorar el impacto ambiental del ciclo de vida a través del reemplazo parcial o total de la materia prima de los ladrillos convencionales (materia prima alternativa) y reemplazar el proceso de cocción a altas temperaturas y por consiguiente su gasto energético, mediante procesos de estabilización (Ramos et al., 2020). En los últimos años se han estudiado y desarrollado procesos bio-mediados, entre ellos, la bio-cementación de suelos mediante la precipitación de carbonatos inducida por microorganismos (MICP), con potencial aplicación en la fabricación de materiales sostenibles para su utilización en la industria de la construcción. Se han realizado estudios limitados sobre el desarrollo de materiales de construcción bio-cementados (vigas y ladrillos) utilizando la bacteria *Sporosarcina pasteurii*, que utiliza la hidrólisis de la urea como ruta metabólica para inducir la MICP. Se han obtenido valores de resistencia a la compresión simple (UCS) en elementos tipo viga y/o ladrillos de 2,13 MPa (Zhao et al., 2014a), 2 MPa (Bernardi et al., 2014), 420 kPa (Bu et al., 2018). También se ha estudiado la adición de fibras naturales y sintéticas para mejorar la resistencia de bioladrillos (Li et al., 2020; Liu et al., 2021), materiales de desecho (cenizas volantes y cenizas de cascarilla de arroz (Dhami et al., 2012), áridos de hormigón reciclado (Khadim et al., 2019; Saeedi Javadi et al., 2018) y escoria de acero (Wang et al., 2016; Wang et al., 2021). Los resultados de estas investigaciones demuestran que es posible optimizar el proceso de MICP para obtener ladrillos, utilizando diferentes tipos de bacterias e incorporando diferentes tipos de productos reciclados y residuos de materias primas. El presente trabajo evalúa la factibilidad de fabricar “bioladrillos”, utilizando como materia prima una arena sílicea, residuo de exploración minera y la precipitación de carbonatos inducida por microorganismos (MICP).

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025
Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |
NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



El presente proyecto es un proyecto de Investigación y Desarrollo Experimental (i+D), que por la naturaleza de los datos se enmarca en una investigación cuantitativa.

Materiales: Se seleccionó y caracterizó una arena de sílice, que es un residuo de la exploración minera de caolín, de una zona del oriente Antioqueño (La Unión). La caracterización física se hizo mediante la determinación de propiedades índice y las fases mineralógicas presentes se determinaron mediante Espectroscopia de Transmisión de Infrarrojo con Transformada de Fourier (FTIR) y Difracción de rayos X (DRX).

Métodos: El bioensayo o aplicación de la MICP sobre la arena, se hizo a escala de Erlenmeyers, utilizando 20 g de suelo, inmerso en 200 ml de medio líquido compuesto por: solución de cementación (cloruro de calcio y urea 0,5 molar) y medio de cultivo con extracto de levadura y un inóculo al 10% de una cepa comercial de *Sporosarcina pasteurii* DSMZ.

El experimento se mantuvo en agitador orbital a una temperatura controlada de 30°C y 120 rpm, durante 7 días (168 h), tiempo en el cual se midieron variables del proceso bioquímico, como crecimiento celular en cámara de Neubauer, pH y oxígeno disuelto (OD) medidos con sonda en un multiparámetro, concentración de calcio por método de titulación con EDTA (3500 Ca B- Stantard Methods) y la actividad ureasa (AU) por el método de Phenol-Hipoclorito. Al finalizar el experimento, la arena biotratada fue caracterizada por FTIR y DRX a fin de verificar la precipitación de CC por MICP.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Del análisis del comportamiento de las variables durante los 7 días, se evidenció en el crecimiento de la población bacteriana, una fase de adaptación los primeros 48 h y luego un crecimiento exponencial de las 48 h a las 72 h (pasando de 7 a 36 UFC/ml), para luego iniciar la fase de muerte celular. Lo anterior concuerda con la Actividad Ureasa de la *Sporosarcina pasteurii*, que fue aumentando hasta alcanzar un máximo a las 72 h. El comportamiento del pH y de OD, también concuerdan, observándose una etapa de acidificación del medio líquido (disminuyendo de 8,5 a 7,1) hasta las 72h, mientras el OD también se va agotando hasta 0 mg/l. Finalmente la disponibilidad de calcio se agota a las 72 h. Lo anterior demuestra que las primeras 72 horas ocurre el proceso de MICP y posterior a las 72 h comienza la alcalinización del medio por liberación de amonio como residuo de la actividad metabólica y también comienza a disminuir la AU (Figura 1 y 2). El comportamiento de estas variables en la muestra control, evidencia que sin la presencia de microorganismos y aunque existe una fuente de calcio en el medio, no se presentan reacciones y, por tanto, no se da la precipitación de CC, lo cual corrobora que la precipitación de CC es mediada por los microorganismos. Lo anterior se evidencia por la no variabilidad en el pH, que permanece en 8,4 durante todo el bioensayo, el OD permanece en 7 mg/l y el calcio se encuentra 100% disponible hasta finalizar el experimento.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático

La cuantificación de CC medida por ataque ácido, muestra la precipitación de 10,5 g en la muestra biotratada, es decir, con este tratamiento se precipitó 0,52 g de CC/g de suelo.

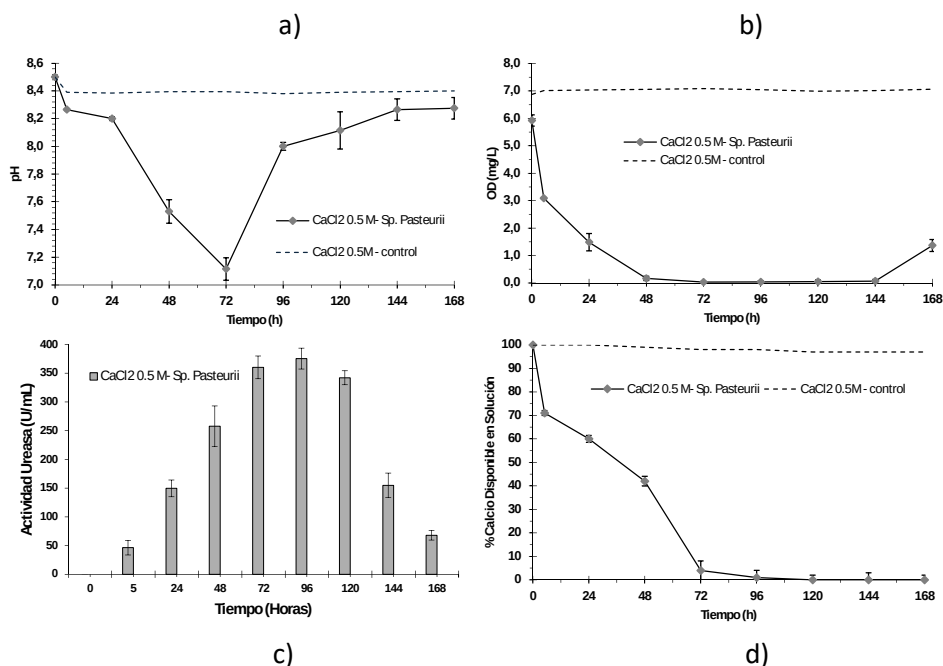


Figura 1. Comportamiento de las variables a) pH, b) Oxígeno disuelto, c) Actividad ureasa y d) calcio en solución, de bioensayo con arena biotratada por MICP con *Sporosarcina pasteurii*. Fuente propia

La figura 2 muestra los rasgos macroscópicos de la arena antes y después del tratamiento biológico por MICP.



Figura 2. Cambios macroscópicos en la arena de sílice por MICP. a) arena sin tratamiento, b) arena control y arena con tratamiento biológico. Fuente propia

A partir del análisis mineralógico se determinó que la arena sílice está compuesta por 95% cuarzo (Q), 4% caolinita (K) y 1% otros minerales de las arcillas (montmorillonita, Mnt). Debido al tratamiento biológico, se evidencia la precipitación de carbonato de calcio amorfo (Vn3) y cristalino



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático

(CCn2 y Vn4) en forma de vaterita (Figura 3). Ninguna de las bandas de CC no se evidenciaron en la muestra control.

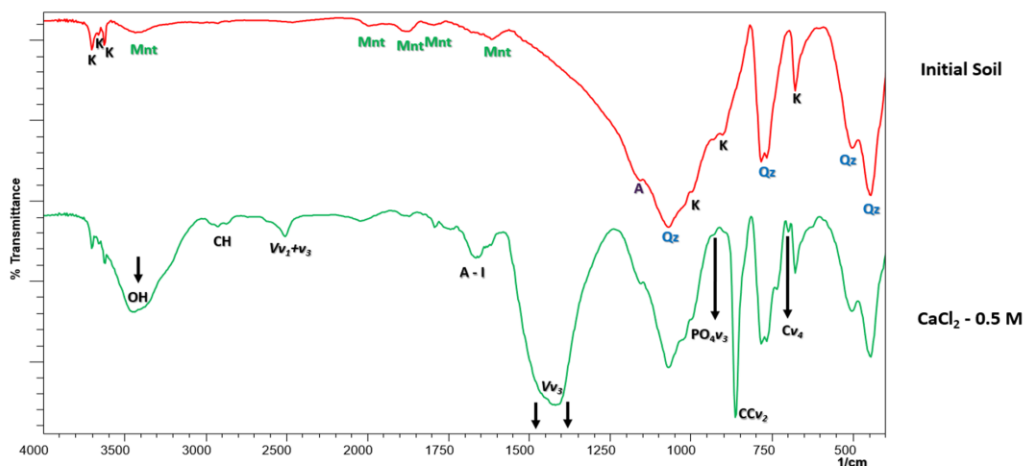


Figura 3. Espectros de FTIR de a) arena inicial y b) arena biotratada por MICP con *Sporosarcina pasteurii*. Fuente propia

CONCLUSIONES

En la arena de sílice se precipitó carbonato de calcio en una cantidad equivalente al 50% de su peso, luego de ser sometida a un tratamiento biológico con un inóculo de *Sporosarcina pasteurii*. La precipitación de CC se llevó a cabo en 72 h (3 días). Estos resultados son prometedores para conseguir en una fase posterior, la fabricación de ladrillos sílico-calcáreos para uso en mampostería no estructural, donde el cemento es remplazado por CC precipitado microbiológicamente. Lo anterior es un importante avance de innovación en materiales y construcción sostenible, por la disminución del uso del cemento, la utilización de un residuo de explotación minera y procesos biomedios.

REFERENCIAS

- Balaguera, A., Carvajal, G. I., Albertí, J. y Fullana-i-Palmer, P. (2018). Life cycle assessment of road construction alternative materials: A literature review. *Resources, Conservation and Recycling*, 132, 37–48. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.01.003>
- Bernardi, D., DeJong, J.T., Montoya, B.M. y Martinez, B.C. (2014) Bio-bricks: biologically cemented sandstone bricks. *Construction and Building Materials*, 55, 462–469. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.01.019>



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Bu, C., Wen, K., Liu, S., Ogbonnaya, U. y Li, L. (2018). Development of bio-cemented constructional materials through microbial induced calcite precipitation. *Materials and Structures*, 51(30). <https://doi.org/10.1617/s11527-018-1157-4>

De Carvalho, C. K., Salvador, R., Piekarski, C. M., Sokulski, C. C., De Francisco, A. C., y De Carvalho, S. K. (2019). Circular economy practices on wood panels: A bibliographic analysis. *Sustainability*, 11(4), 1057. <https://doi.org/10.3390/su11041057>

Dhami, N. K., Mukherjee, A. y Reddy, M. S. (2016). Micrographical, minerological and nano-mechanical characterisation of microbial carbonates from urease and carbonic anhydrase producing bacteria. *Ecological Engineering*, 94, 443–454. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.06.013>

Khadim, H. J., Ammar, S. H. y Ebrahim, S. E. (2019). Biomineralization based remediation of cadmium and nickel contaminated wastewater by ureolytic bacteria isolated from barn horses soil. *Environmental Technology and Innovation*, 14, 100315. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2019.100315>

Li, Y., Wen, K., Li, L., Huang, W., Bu, C. y Amini, F. (2020). Experimental investigation on compression resistance of bio-bricks. *Construction and Building Materials*, 265, 120751. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.120751>

Liu, S., Du, K., Huang, W., Wen, K., Amini, F. y Li, L. (2021). Improvement of erosion-resistance of bio-bricks through fiber and multiple MICP treatments. *Construction and Building Materials*, 271, 121573 <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121573>

Ramos, D. A., Goncalves, G., De Francisco, A. C., Giovanetti, M. H. y Piekarski, C. M. (2020). Life cycle assessment of traditional and alternative bricks: A review. *Environmental Impact Assessment Review*, 80, 106335. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2019.106335>

Saeedi, A., Badiiee, H. y Sabermahani, M. (2018). Mechanical properties and durability of bio-blocks with recycled concrete aggregates. *Construction and Building Materials*, 165, 859–865. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.01.079>

United Nations Environment Programme (2020). 2020 Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a Zero-emission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector. Nairobi (accessed february 28, 2023). <https://globalabc.org/sites/default/files/inline-files/2020>

Wang, K., Qian, C. y Wang, R. (2016). The properties and mechanism of microbial mineralized steel slag bricks. *Construction and Building Materials*, 113, 815–823. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.03.122>



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Wang, R., Jin, P., Dong, H., Liu, Y., Ding, Z. y Zhang, W. (2021). Effect of moist content on the bio-carbonated steel slag bricks. Construction and Building Materials, 269, 121313
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121313>

Worrell, E., Price, L., Martin, N., Hendriks, C. y Ozawa Meida, L. (2001). Carbon dioxide emissions from the global cement industry, Annu. Rev. Of Environment and Resources, 26 (1), 303-329.
<https://doi.org/10.1146/annurev.energy.26.1.303>

Zhao, Q., Li, L., Li, C., Li, M., Amini, F. y Zhang, H. (2014) Factors affecting improvement of engineering properties of MICP treated soil catalyzed by bacteria and urease. Journal of Materials in Civil Engineering, 26 (12). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)MT.1943-5533.0001013](https://doi.org/10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0001013)



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Riesgos psicosociales emergentes, fatiga, higiene del sueño y cambio climático

AUTOR

Juan Carlos Arango Múnera, Docente de Catedra, Asesor Empresarial, Gerente Bienestar y Calidad de Vida Integral SAS, juancarango@elpoli.edu.co.

RESUMEN

Se presenta en este trabajo la relación entre los riesgos psicosociales emergentes, la fatiga como efecto y la higiene del sueño como factor de protección en Salud Mental y Física en el trabajo, como desarrollar hábitos que permitan mejorar el resultado en la prevención como efecto del cambio climático en el mundo actual.

PALABRAS CLAVE:

Riesgos Psicosociales emergentes, fatiga, higiene del sueño, factores protectores, cambio climático.

INTRODUCCIÓN

La fatiga se puede definir como una sensación de cansancio, agotamiento o falta de energía, la cual puede interferir con las actividades diarias habituales de una persona. Los riesgos psicosociales emergentes, generan situaciones que afectan el descanso normal de los colaboradores en las organizaciones, produciendo fatiga y originando accidentes de trabajo y enfermedades físicas y mentales en los mismos. Es importante que se puedan establecer factores de protección que permitan mejorar la exposición a estos factores de riesgo y mejorar dichas respuestas en los colaboradores. Se presentan en este trabajo mecanismos para generar una adecuada higiene del sueño, interviniendo factores como la tecnología y el cambio climático como generador de riesgos que afectan la higiene del sueño y el descanso normal de las personas, mejorando su salud en general.

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

Se realiza una revisión bibliográfica y en la realidad de las organizaciones, identificando factores de riesgo y situaciones generadoras de fatiga que afecten el personal de las mismas, realizando recomendaciones para una adecuada higiene del sueño e identificación de factores protectores para controlar los riesgos de la tecnología y el cambio climático.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se presentan estrategias para La generación de factores protectores para un adecuado manejo de la higiene del sueño como factor protector contra riesgos como la tecnología y el cambio climático,

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025
Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |
NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



para prevenir la fatiga, la afectación de la salud física y mental de los colaboradores en las organizaciones.

Los Riesgos psicosociales emergentes son cualquier riesgo que venga causado por nuevos procesos, tecnologías, lugares de trabajo, cambios sociales u organizativos. A modo organizativo, estos riesgos han sido agrupados en cinco áreas:

- Nuevas formas de contratación laboral.
- Envejecimiento de la población laboral activa y retraso en la edad de jubilación.
- Intensificación del trabajo.
- Fuertes exigencias emocionales en el trabajo.
- Desequilibrio y conflicto entre la vida personal y laboral.

Consecuencias

En diferentes estudios sobre condiciones de trabajo realizados en España, se muestra que las principales causas de los accidentes se debían a distracciones o falta de atención. En menor medida también se deben al hecho de trabajar muy rápido y al cansancio o fatiga. Así, los trabajadores que están expuestos a factores de riesgo psicosocial presentan una mayor respuesta a los síntomas de estas enfermedades que aquellos que no han sido expuestos.

¿Qué es el cambio climático?

El cambio climático se refiere a los cambios a largo plazo de las temperaturas y los patrones climáticos. Estos cambios pueden ser naturales, debido a variaciones en la actividad solar o erupciones volcánicas grandes. Pero desde el siglo XIX, las actividades humanas han sido el principal motor del cambio climático, debido principalmente a la quema de combustibles fósiles como el carbón, el petróleo y el gas.

La quema de combustibles fósiles genera emisiones de gases de efecto invernadero que actúan como una manta que envuelve a la Tierra, atrapando el calor del sol y elevando las temperaturas.

Las emisiones principales de gases de efecto invernadero que provocan el cambio climático son el dióxido de carbono y el metano. Estos proceden del uso de la gasolina para conducir un coche o del carbón para calentar un edificio, por ejemplo. El desmonte de tierras y bosques también puede liberar dióxido de carbono. La agricultura y las actividades relacionadas con el petróleo y el gas son fuentes importantes de emisiones de metano. La energía, la industria, el transporte, los edificios, la agricultura y el uso del suelo se encuentran entre los principales emisores.

Tecnología e IA

Se espera que el desarrollo de la inteligencia artificial generativa, como la que utiliza por ejemplo ChatGPT, provoque un aumento de la basura electrónica o e-waste. Un estudio en Nature



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Computational Science calcula que, si no se aplican medidas, la IA producirá entre 1,2 y 5 millones de toneladas métricas de residuos electrónicos solo en esta década.

En su mayor parte, esta basura procederá de los elementos del hardware, como las unidades de procesamiento o las de almacenamiento, y los sistemas de alimentación, apunta el estudio. La investigación es una colaboración internacional liderada por científicos de China e Israel.

La IA y su voraz consumo de energía atentan contra los objetivos climáticos

La inteligencia artificial está teniendo un profundo impacto en la demanda de energía en todo el mundo, está provocando aumentos frecuentes de las emisiones que calientan el planeta y no hay un final a la vista.

Un estudio revisado por expertos sugiere que, en 2027, la IA podría representar el 0,5 por ciento del consumo mundial de electricidad, es decir, aproximadamente lo que consume Argentina en un año. Los analistas de Wells Fargo sugirieron que la demanda de electricidad en Estados Unidos podría aumentar un 20 por ciento para 2030, en parte debido a la IA.

Y Goldman Sachs predijo que los centros de datos representarían el 8 por ciento del consumo energético de Estados Unidos en 2030, frente al 3 por ciento actual.

“Se trata de un crecimiento potencial de la carga realmente astronómico”, explicó Ben Inskeep, director de programas de Citizens Action Coalition, un grupo de defensa de los consumidores con sede en Indiana que monitorea el impacto energético de los centros de datos.

Fatiga

El trabajo conlleva siempre exigencias físicas y mentales, la carga mental está determinada por la cantidad y el tipo de información que debe tratarse en un puesto de trabajo, el tiempo, las condiciones físicas y las condiciones extralaborales y las condiciones personales: La edad, el nivel de aprendizaje, el estado de fatiga, las características de personalidad, las actitudes hacia la tarea: motivación, interés, satisfacción, etc.

Si la realización de una tarea implica el mantenimiento prolongado de un esfuerzo al límite de nuestras capacidades, es decir, si la cantidad de esfuerzo que se requiere excede la posibilidad de respuesta de un individuo, puede dar lugar a fatiga mental. Ésta se traduce en una serie de disfunciones físicas y psíquicas, acompañadas de una sensación subjetiva de fatiga y una disminución del rendimiento. Podemos distinguir entre dos tipos de fatiga. En primer lugar, la fatiga aparece como una reacción homeostática del organismo para adaptarse al medio. El principal síntoma de este tipo de fatiga es una reducción de la actividad que se da como consecuencia de: una disminución de la atención, una lentitud del pensamiento, una disminución de la motivación.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Por otra parte, cuando existe un desequilibrio prolongado entre la capacidad del organismo y el esfuerzo que debe realizar para dar respuesta a las necesidades del ambiente, puede aparecer la fatiga crónica. Se da, no por una sobrecarga de trabajo accidental, sino por una determinada carga que se va repitiendo. Sus síntomas, que no sólo se sienten durante o después del trabajo, sino que pueden ser permanentes, son los siguientes: inestabilidad emocional: irritabilidad, ansiedad, estados depresivos, alteraciones del sueño, alteraciones psicosomáticas: mareos, alteraciones cardíacas, problemas digestivos.

Higiene del sueño

La mayoría de las personas piensa que el sueño es un comportamiento, como lo es la actividad física y la dieta. También es parte de la biología básica, como la respiración. Muchos consideran que el sueño es el “tercer pilar” de la salud. Dormir no sólo es importante; se requiere para el estado general de salud y de bienestar. Al igual que el aire y el agua, todos necesitamos dormir.

Sabemos que dormir hace muchas cosas diferentes para nuestra salud y bienestar físico y mental. Hace aproximadamente una década hubo un sorprendente hallazgo de investigación que demostró que el cerebro tenía este proceso para “lavarse” o limpiarse durante el sueño.

Ritmos Circadianos

Tenemos un reloj interno de 24 horas que señala cambios físicos, mentales y de comportamiento en el cuerpo, incluso cuando tenemos sueño. Este ciclo repetitivo de 24 horas se llama ritmo circadiano y la biología circadiana es el estudio de estos ritmos.

Los ritmos circadianos son más sensibles a la luz. Muchas personas recomiendan recibir luz brillante temprano en la mañana para dormir mejor porque la luz marca su biología circadiana. Si no recibimos la cantidad adecuada de luz en el momento adecuado del día, entonces esto esencialmente desalinea nuestras señales circadianas.

La investigación circadiana sobre la salud y la enfermedad es un enfoque cada vez mayor. Por ejemplo, los científicos están estudiando cómo los ritmos circadianos se ven afectados por la hora del día en que comemos o tomamos los medicamentos.

Los consejos sobre el sueño del Centro Nacional de Investigación de los Trastornos del Sueño (NCSDR, por sus siglas en inglés) para una mejor higiene del sueño se basan en investigaciones y su objetivo es ayudar a las personas a lograr un buen sueño en general. Sin embargo, las investigaciones han demostrado que, si bien los consejos para dormir son necesarios, es posible que no sean suficientes para todos.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático

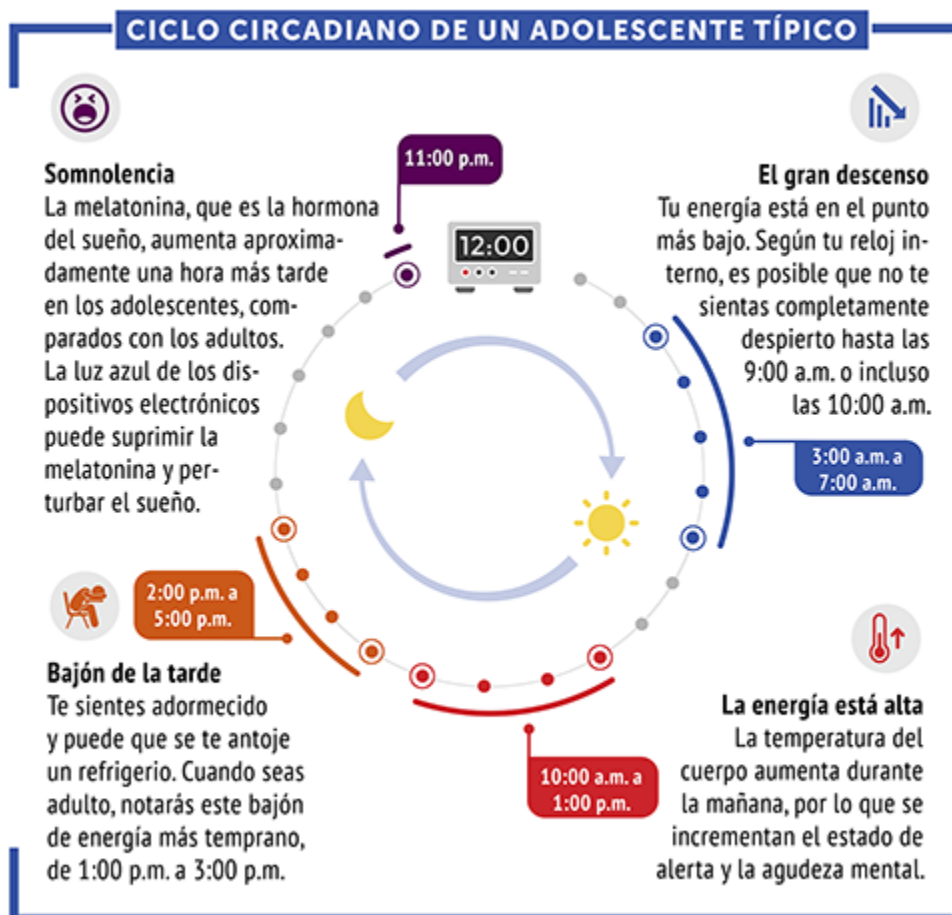


Figura 1. Ciclo Circadiano de un Adolescente. Fuente: Dra. Marishka K. Brown. <https://magazine.medlineplus.gov/es/art%3%adculo/marishka-k-brown-ph.d-directora-del-centro-nacional-de-investigacion-de-los-trastornos-del-sueno/>. ¿Que papel juega el sueño en nuestro estado general de salud?. MedlinePlus. 2023.

Recibir luz brillante temprano en la mañana es uno de ellos, pero también lo es tener horarios de sueño constantes. Sin embargo, hay personas que trabajan en turnos atípicos o viven en entornos que dificultan enormemente seguir una adecuada higiene del sueño. Por eso se recomienda seguir tantos consejos como se pueda.

Si es posible, debe establecer un tiempo límite para el consumo de cafeína. Pero sabemos que, por varias razones, ya sean sociales o económicas, hay poblaciones para las que esto realmente no funcionará. Además, debe establecer un tiempo límite para el consumo de alcohol o tener en cuenta



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



el consumo de alcohol. El alcohol lo hará dormir, pero también fragmentará su sueño y es posible que se sienta peor al despertar.

El ejercicio es bueno para la salud de todo el cuerpo, pero cuando pensamos en los ritmos circadianos y cuando ciertas hormonas están activas, hay un momento óptimo del día para hacer todo. Debe tener en cuenta los tiempos límite para el ejercicio: al menos de 90 minutos o dos horas antes de acostarse. Si hace ejercicio antes de acostarse, aumentará las hormonas que indican que es hora de estar activo.

La razón por la que se recomienda dormir una cierta cantidad de horas por noche es porque el sueño pasa por múltiples ciclos. Se necesitan todas esas horas para pasar por todos los ciclos. Si acortamos ese tiempo, nos estamos saltando todos estos otros procesos.

Tipos de sueño

Sueño no REM

Etapas 1: sueño ligero; se despierta fácilmente; los músculos se relajan con contracciones ocasionales; los movimientos oculares son lentos.

Etapas 2: los movimientos oculares se detienen; ondas cerebrales más lentas, con ráfagas ocasionales de ondas cerebrales rápidas.

Etapas 3: ocurre poco después de quedarse dormido y principalmente en la primera mitad de la noche. Sueño profundo; difícil de despertar; ondas cerebrales grandes y lentas, el ritmo cardíaco y respiratorio son lentos y los músculos están relajados.

Sueño REM

Por lo general, la primera ocurre aproximadamente 90 minutos después de quedarse dormido, y ocurren períodos más largos y profundos durante la segunda mitad de la noche; Ciclos junto con las etapas no REM a lo largo de la noche. Los ojos se mueven rápidamente detrás de los párpados cerrados. La respiración, la frecuencia cardíaca y la presión arterial son irregulares. El sueño ocurre. Los músculos de brazos y piernas están temporalmente paralizados.

Cuando se habla de todos los sueños y de si todos son iguales, el sueño tiene cierta variabilidad. El sueño de un niño de 6 meses será muy diferente al sueño de un niño de 10 años. Tenemos un sueño de movimientos oculares (REM) más rápidos en la niñez y la infancia y a medida que crecemos disminuyen. Una de las preocupaciones de los adultos mayores es que debido a que tienen un sueño más fragmentado, pasan menos tiempo en el sueño de “ondas lentas”. Esto es fundamental para el aprendizaje y la memoria. Si no está cumpliendo esas etapas, eso puede afectar negativamente su calidad de vida.

Las investigaciones han encontrado relaciones entre el sueño, la demencia y la enfermedad de Alzheimer. También hay evidencia de que los ritmos circadianos pueden afectar los tumores

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025

Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |

NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



cancerosos. Y se han encontrado vínculos entre el sueño (o la falta de sueño) y la depresión, el suicidio y el riesgo de abuso de sustancias.

CONCLUSIONES

Los factores de riesgo psicosocial emergentes asociados al desarrollo de la tecnología y la afectación de los ambientes de trabajo que produce el cambio climático generan efectos en la salud física y mental de los colaboradores en las organizaciones, la fatiga es uno de ellos, se deben establecer mecanismos de promoción de la salud y prevención de la enfermedad que tengan presente dichos cambios y generar alternativas para su manejo, mejorando la salud general de los colaboradores, un descanso adecuado mejora mucho las condiciones de salud física y mental.

Es importante que las organizaciones trabajen desde los programas de estilos de vida y trabajo saludables, la promoción de un buen descanso y el desarrollo de habilidades en una adecuada higiene del sueño multidireccional como lo recomiendan las investigaciones.

Realizar actividades de orden y aseo en los computadores, correos y redes sociales para mejorar el efecto climático y disminuir la conexión para producir un mejor descanso.

REFERENCIAS

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (1986). La carga mental de trabajo: definición y evaluación (NTP 179). <https://www.insst.es>

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (1991). Carga mental de trabajo: fatiga (NTP 445). <https://www.insst.es>.

NIH MedlinePlus (2023). Pregunta a una experta: Marishka K. Brown, Ph.D., Directora del Centro Nacional de Investigación de los Trastornos del Sueño. <https://magazine.medlineplus.gov/es/art%3%adculo/marishka-k-brown-ph.d-directora-del-centro-nacional-de-investigacion-de-los-trastornos-del-sueno/>

National Geographic. (s.f.). *Cambio climático* [Video]. YouTube. <https://youtu.be/s9G2F6QZn9U?si=SkRKpOPHIT1UNFoA>

Ethic. (2024). La IA podría aumentar casi 1.000 veces los residuos electrónicos para 2030. Ethic. <https://ethic.es/2024/10/la-ia-podria-aumentar-casi-1-000-veces-los-residuos-electronicos-para-2030/>



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



The New York Times. (2024, 19 de julio). La IA y su voraz consumo de energía atenta contra los objetivos climáticos. The New York Times en Español.

<https://www.nytimes.com/es/2024/07/19/espanol/ia-energia-cambio-climatico.html>

Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo. (s.f.). Riesgos psicosociales emergentes. <https://osha.europa.eu/es>



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Propuesta de arquitectura empresarial para la gestión del conocimiento en salud ambiental

AUTORES

James A. Vergara-Correa, Jorge E. Giraldo-Plaza, Miriam Gómez-Marín
Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Medellín, Antioquia, Colombia
Correspondencia: jegiraldo@elpoli.edu.co

RESUMEN

Esta investigación presenta el diseño de una arquitectura empresarial para la gestión del conocimiento en salud ambiental en el Valle de Aburrá, Colombia, con el objetivo de integrar evidencias científicas para la toma de decisiones. Se emplea un enfoque arquitectónico basado en la gestión de la calidad de aire y eventos de salud. Se destaca el diseño de un meta modelo para la definición de la vista conceptual; así mismo, el diseño contempla una vista lógica y otra física con relación entre los diferentes elementos estructurales que conforman la arquitectura. Del mismo modo, se ha validado el diseño con el acompañamiento de expertos e investigadores, a través de un prototipo de dashboard para el análisis y visualización de la información generada, para llevar a cabo una gestión del conocimiento de manera integral y efectiva

PALABRAS CLAVE:

Arquitectura empresarial, conocimiento, salud pública, calidad del aire, bodega de datos

INTRODUCCIÓN

La contaminación atmosférica, impulsada principalmente por actividades industriales y vehiculares, es un desafío crucial para las autoridades ambientales y de salud en busca de garantizar la sostenibilidad ambiental y la salud pública en todo el mundo (Hsu & Zomer, 2014). Así mismo, los sistemas de registro sobre las asistencias de pacientes a los servicios de salud en las ciudades, ya sean servicios de tipo urgencia, hospitalización o consulta externa (Peláez et al., 2020), requieren una mayor atención y priorización por parte de los entes gubernamentales, que faciliten el diseño de programas de gestión de conocimiento y vigilancia (Mercuriali et al, 2022).

A pesar de que se han realizado avances en la recolección, el almacenamiento, la integración y el análisis de datos relacionados con material particulado y eventos de salud, dichos datos (de calidad de aire y eventos de salud) siguen caracterizados por tener una alta complejidad, dada en términos de la diversidad de formatos, la heterogeneidad en las estructuras, los distintos mecanismos de

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025
Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |
NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



acceso y las diversas arquitecturas de almacenamiento. De esta forma, procesos como la analítica de datos, el procesamiento inteligente de información y en general la gestión del conocimiento relacionada con los efectos del material particulado en la salud humana, son complejos de realizar, debido a la carencia de una integración apropiada de los datos.

Por ello, la gestión del conocimiento (KM – por sus siglas en inglés) se presenta como una solución que aporta a la solución del problema, ya que se caracteriza por ser un proceso de adquisición, intercambio, renovación y manejo de datos, materiales y recursos, para el mejoramiento de la productividad, la eficiencia y la reducción de costos en una organización. Por lo anterior, para llevar a cabo una gestión del conocimiento de manera integral y efectiva, surge la necesidad de contar con infraestructuras tecnológicas, soportadas por herramientas analíticas y sistemas de información capaces de procesar y analizar grandes volúmenes de datos provenientes de diversas fuentes de información, relacionadas con la contaminación del aire y la salud pública (García & Rincón, 2024).

En síntesis, esta investigación presenta el diseño e implementación de una arquitectura tecnológica para la gestión del conocimiento en calidad de aire y eventos de salud pública, la cual facilita la toma de decisiones en el ámbito de la salud ambiental. El diseño de la arquitectura se realiza a través de vistas, las cuales son: vista conceptual, vista de procesos de negocio, vista de componentes, vista física y vista de despliegue. Finalmente, se presenta las recomendaciones para la puesta en marcha de esta plataforma tecnológica en términos de las vistas mencionadas, hacia una gobernanza y gestión del conocimiento en salud ambiental.

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

Se propuso una metodología compuesta por 4 fases, las cuales están enmarcadas en el proceso generalizado del diseño (Sommerville, 2005). En la primera fase, denominada Diseño Conceptual, se definieron los objetivos y requisitos del negocio. Luego, a partir de la aplicación del enfoque dirigido por modelos (Pons, Giandini & Pérez, 2010), se propuso un metamodelo para la generación de bodegas de datos.

La fase de Diseño Lógico tuvo en cuenta el diseño detallado de una bodega de datos como herramienta principal para el tratamiento de los datos y sus fuentes. Inicialmente se construyó la matriz de bus, luego se procedió a definir cada una de las dimensiones y medidas, para dar paso a un diseño multidimensional. Finalmente, se propuso un diagrama en estrella que permite los procesos posteriores de extracción de información. La fase de Diseño Físico Se realizó una extracción de datos, se generó un lago de datos y se definieron los procesos de transformación y carga de datos hacia la bodega construida. Para esta fase se obtuvo la vista de despliegue de la arquitectura.

La fase final, Construcción y Validación, propuso una implementación en Power-Bi de Microsoft, con el fin de realizar el análisis exploratorio y descriptivo de los datos, para lo cual se definieron escenarios en donde se reflejará la integración de información de distintos dominios (calidad de aire



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático

y eventos de salud). Posteriormente, se definieron sentencias de análisis para el motor de análisis, que finalmente sirvieron para contrastar con los expertos de cada uno de los dominios.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La arquitectura empresarial propuesta aplica el enfoque basado en vistas para su diseño. Las vistas se enmarcan en el modelo conceptual, lógico y físico. Cada una de las vistas facilita su razonamiento y permite tener una especificación detallada y consolidada, para la integración de información del dominio, de los involucrados y de los objetivos de negocio, con las tecnologías propias para su implementación. Con lo anterior, se busca tener una aproximación a una arquitectura empresarial (Kotusev, 2018).

La Figura 1 presenta el diagrama de contexto de sistema para la plataforma de gestión de conocimiento. En el centro del diagrama se ubica el sistema a construir, con el cual interactúan los sistemas de gestión de datos del dominio de ambiente, del dominio de eventos de salud y los sistemas de información gubernamentales. Los dos primeros sistemas entregarían datos a la plataforma y el último recibiría de ella. Se presentan también los actores principales del sistema, que serían, en su orden, la Industria, los Investigadores y la Comunidad.

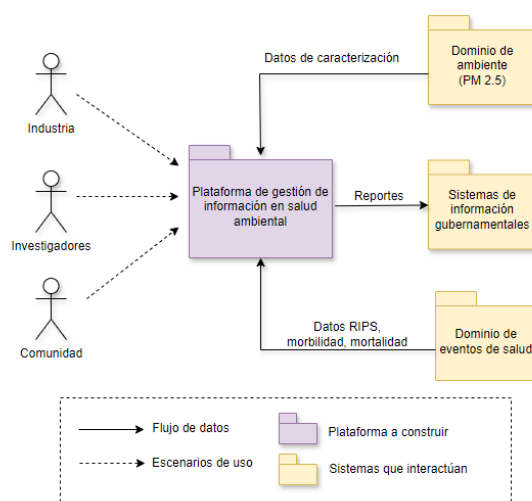


Figura 1. Diagrama de contexto de sistema para la plataforma de gestión de conocimiento

La Figura 2 presenta el mapa de procesos definido para la plataforma de gestión del conocimiento en salud ambiental. Como eje central, se encuentran la capa de Procesos Misionales, en donde destacan los procesos de Gestión de Datos, Analítica de Datos y Disposición y Transferencia. La capa de Procesos Estratégicos se compone por los procesos de Gestión del conocimiento, Investigación y desarrollo y Gobernanza de datos. A su vez, la capa de los Procesos de Apoyo y Calidad,



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático

comprenden los procesos Establecimiento de seguimiento e indicadores, la Gestión documental y los procesos de Gestión TIC.

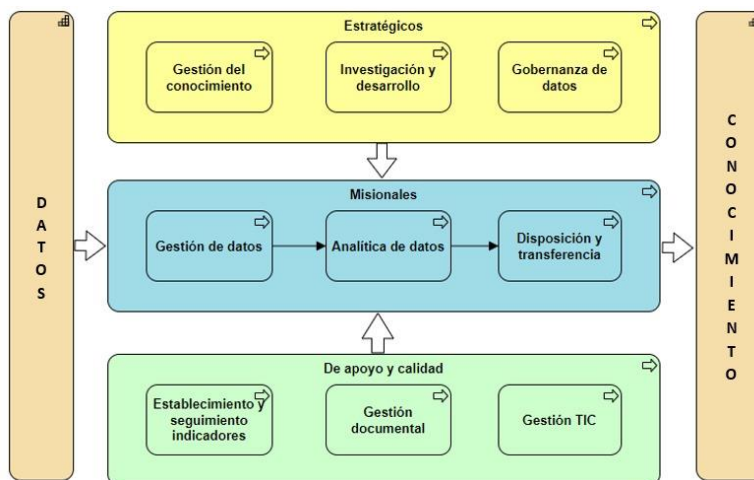


Figura 2. Arquitectura de procesos – Arquitectura empresarial

CONCLUSIONES

Se presenta el diseño de una arquitectura empresarial basada en procesos, para la gestión del conocimiento en calidad del aire y eventos de salud pública con miras a mejorar la toma de decisiones informadas, basadas en evidencia en salud ambiental, por parte de los actores principales del sistema, lo que se considera crucial para enfrentar los desafíos actuales relacionados con la contaminación atmosférica y sus efectos en la salud humana.

Una plataforma soportada por tecnologías analíticas permitirá integrar y procesar eficientemente grandes volúmenes de datos provenientes de diversas fuentes; al mismo tiempo, la incorporación de técnicas adecuadas para la integración de datos, junto con el uso de herramientas de análisis estadístico y aprendizaje automático, facilitará la toma de decisiones basadas en evidencia científica, optimizando la gestión del conocimiento en salud ambiental. En este sentido, la colaboración entre diferentes actores (investigadores, académicos, gobierno, industria y comunidad), incluyendo autoridades, investigadores, industria y comunidad, es vital para el éxito de las iniciativas de gestión del conocimiento.

La gestión de conocimiento puede fortalecerse con la creación de redes de conocimiento, mesas de trabajo comunitario, estrategias de ciencia ciudadana y observatorios, con el fin de facilitar el intercambio de información y la cooperación entre diversas entidades, potenciando así los esfuerzos para mejorar la calidad del aire y la salud pública.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



REFERENCIAS

Hsu, A., & Zomer, A. (2014). Environmental performance index. Wiley StatsRef: Statistics Reference Online, 1-5.

Mercuriali, L., Oliveras, L., Gómez, A., Marí, M., Montalvo, T., García-Rodríguez, A., ... & Ramon Villalbí, J. (2022). Un sistema de vigilancia de salud pública para el cambio climático en las ciudades. Gaceta Sanitaria, 36, 283-286.

García, E. M., & Rincón, P. A. (2024). Calidad de aire y sostenibilidad: revisión de la contaminación atmosférica por PM2. 5 en ciudades de América Latina y Europa.

Sommerville, I. (2005). Ingeniería del software. Pearson educación.

Pons, C. F., Giandini, R. S., & Pérez, G. (2010). Desarrollo de Software Dirigido por Modelos: conceptos teóricos y su aplicación práctica.

Kotusev, S. (2018). The practice of enterprise architecture: A modern approach to business and IT alignment. Sk Publishing.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Reconstrucción 3D estéreo activa

AUTOR

Camilo Chamorro-Rivera,
Grupo de Investigación GIS, Facultad de Ingeniería,
Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid,
Correspondencia: lcchamorro@elpoli.edu.co

RESUMEN

En la reconstrucción 3D, el método estéreo es uno de los métodos más utilizados debido a su simplicidad de hardware. Una forma de mejorar la calidad de la reconstrucción estéreo es fusionándolo con métodos activos como el escaneo láser. Para esta fusión, se puede utilizar un proceso de registro no rígido entre las nubes de puntos generadas por cada método, obteniendo una nueva nube de puntos registrada. Los algoritmos típicos de registro no rígido no incluyen la apariencia de las nubes, solo su estructura o geometría. Se modifica un algoritmo de registro no rígido para incluir la apariencia de la nube estéreo. La fuente más confiable de la apariencia de la nube estéreo son las imágenes originales a partir de las cuales se genera la nube estéreo. Un error de apariencia se determina tomando una imagen original de la cámara estéreo y comparándola con una imagen re proyectada de la nube de puntos registrada. Con el error de apariencia, se modifica el algoritmo de registro no rígido con el fin de mejorar la exactitud de la apariencia y la estructura de la nube registrada. Se presentan los experimentos y resultados de la aplicación de la metodología a una base de datos común. Se demuestra que la metodología mejora la exactitud de la reconstrucción al incluir la realimentación del error de apariencia, que se muestra de forma cualitativa y cuantitativa.

PALABRAS CLAVE:

Reconstrucción 3D, escáner láser, visión estéreo activa, registro no rígido.

INTRODUCCIÓN

En visión por computador, la reconstrucción 3D es el proceso de obtención de la estructura (geometría) y apariencia (color y textura) de una escena generando una nube de puntos [1]. Para la reconstrucción 3D se pueden utilizar sistemas de adquisición pasivos como las cámaras estéreo o activos como los escáneres láser. La calidad de la reconstrucción va a depender de la exactitud de la estructura y la apariencia de la nube de puntos. Las cámaras estéreo generan mayor densidad de puntos, pero con menor exactitud. Los escáneres láser generan mayor exactitud, pero a veces la densidad de puntos es menor. Actualmente se han desarrollado soluciones fusionando sistemas activos y pasivos, combinando las ventajas de cada uno con el fin de mejorar la calidad de la reconstrucción [2][3]. Un caso de fusión es la visión estéreo activa, en la que se adiciona a una cámara estéreo una fuente láser o de luz estructurada. Algunos trabajos utilizan esta fusión para

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025
Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |
NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático

simplificar el problema de la correspondencia estéreo entre las dos imágenes de la cámara y la fuente de luz [4]. En este trabajo se diseñó una metodología para reconstrucción 3D, concluyendo en una técnica que mezcla un sensor pasivo y uno activo de bajo costo, sumando las ventajas de cada tipo de sensor.

MÉTODO Y PROCEDIMIENTOS

En la metodología propuesta se utiliza un sistema de visión estéreo activo compuesto por una cámara estéreo que genera una nube de puntos con apariencia, y un escáner láser de bajo costo que genera una nube de puntos sin apariencia. La fusión entre estos sistemas se realiza a nivel de las nubes de puntos generadas por cada sistema. La cámara estéreo realiza la correspondencia entre las dos imágenes para generar una nube de puntos tan densa como la resolución de píxeles del sensor de la cámara. Por otro lado, el escáner láser por ser de bajo costo genera una nube de puntos de menor densidad, pero con mayor exactitud de estructura que la generada por la cámara estéreo.

La fusión de las dos nubes de puntos se realiza mediante un proceso denominado registro, en este caso no-rígido [5]. En el proceso de registro la nube láser está fija, y la nube estéreo se mueve o transforma con respecto a la nube láser. Un esquema de la metodología se puede observar en la figura 1, donde en líneas continuas se muestra el proceso típico de registro no rígido. La contribución de este trabajo se muestra en líneas discontinuas.

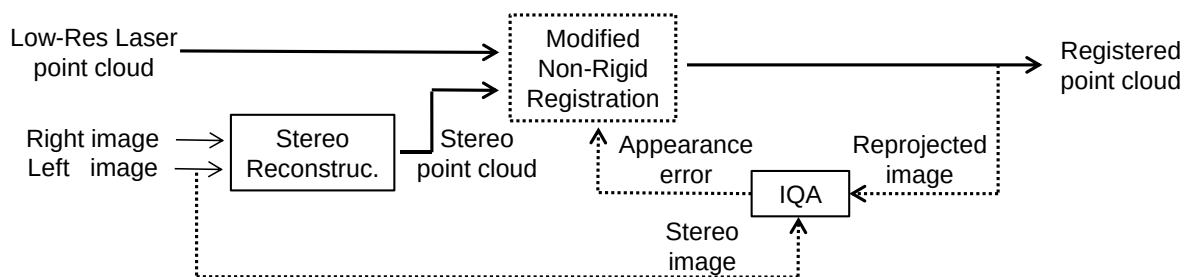


Figura 1. Reconstrucción 3D estéreo activa con registro no rígido y realimentación de apariencia.

El objetivo de la metodología es generar una nube de puntos registrada con la mayor precisión posible en estructura y apariencia. El algoritmo que implementa el registro de nubes de puntos es iterativo, y se ejecuta tantas veces realimentando el error de apariencia de la nube registrada hasta que sea mínimo, es decir, la calidad de la reconstrucción sea la mejor posible. De ahí la necesidad de determinar un método para estimar la calidad de la reconstrucción. Para ello, se propone un método que utiliza la re proyección de la nube de puntos registrada para obtener una imagen. Esta imagen re proyectada luego se comparará con la imagen original de las cámaras para determinar el error de apariencia, como se muestra en la Figura 1. Se utiliza un índice de calidad de imagen para medir el error entre la imagen estéreo original y la imagen re proyectada [6].



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático

Para probar la metodología se utilizó un conjunto de datos común, seleccionando la escena del conejo de Stanford con una apariencia predeterminada, como se observa en la figura 2.



Figura 2. Escena original y nubes de puntos a registrar.

RESULTADOS

Luego de aplicar la metodología al conjunto de datos seleccionado se obtuvieron los resultados observados en la figura 3. Se muestran los resultados sin y con realimentación de apariencia, gráficas tanto del error de apariencia como del de estructura. La gráfica del error de apariencia lo muestra en una escala de falso color.

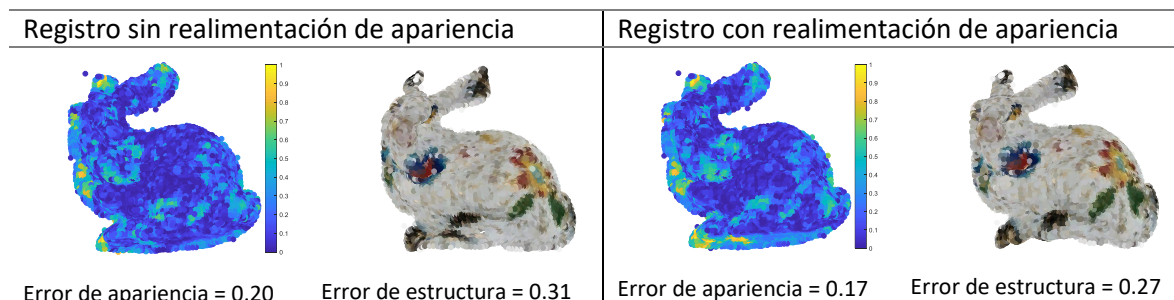


Figura 3. Registro no rígido CPD sin y con realimentación de apariencia.

DISCUSIÓN

Comparando los valores, se observa que el tanto el error de apariencia como el de estructura, ambos mejoran cuando se realimentó la apariencia. Haciendo una evaluación cualitativa se observa en las gráficas de estructura hay más similitud con la escena original cuando hay realimentación de apariencia. Queda pendiente aplicar la metodología a más conjuntos de datos para generalizar el aporte.

CONCLUSIÓN

Se presentó una metodología de reconstrucción 3D estéreo activa, con un componente de hardware que mezcla un sensor pasivo tipo cámara RGB estéreo, y un sensor activo tipo láser de bajo costo,



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



sumando las ventajas de cada tipo de sensor. El componente de software utiliza un algoritmo estéreo para la cámara, y un algoritmo de registro de nubes de puntos. El aporte de este trabajo fue incluir un proceso de realimentación de la apariencia en el algoritmo de registro las nubes. Se realizaron experimentos para mostrar el aporte. Se demostró que en los resultados la realimentación de apariencia mejora la calidad de la reconstrucción 3D. Se logró una forma de representar el error, teniendo en cuenta no solo la apariencia de las nubes de puntos, sino también la estructura de estas. Se demuestra que el método estima bien el error de la reconstrucción cuantitativamente haciendo que el resultado sea sensible tanto a la apariencia como a la estructura de las nubes de puntos registradas.

REFERENCIAS

- [1] P. G. Freitas, R. Diniz, and M. C. Q. Farias, "Point cloud quality assessment: unifying projection, geometry, and texture similarity," *Vis. Comput.*, vol. 39, no. 5, pp. 1907–1914, 2022.
- [2] S. Donne and A. Geiger, "Learning non-volumetric depth fusion using successive reprojections," *Proc. IEEE Comput. Soc. Conf. Comput. Vis. Pattern Recognit.*, vol. June, pp. 7626–7635, 2019.
- [3] D. Gallup, J. M. Frahm, and M. Pollefeys, "Piecewise planar and non-planar stereo for urban scene reconstruction," *Proc. IEEE Comput. Soc. Conf. Comput. Vis. Pattern Recognit.*, pp. 1418–1425, 2010.
- [4] R. M. Lacher *et al.*, "Nonrigid reconstruction of 3D breast surfaces with a low-cost RGBD camera for surgical planning and aesthetic evaluation," *Med. Image Anal.*, vol. 53, pp. 11–25, 2019.
- [5] M. Saval-Calvo, J. Azorin-Lopez, A. Fuster-Guillo, V. Villena-Martinez, and R. B. Fisher, "3D non-rigid registration using color: Color Coherent Point Drift," *Comput. Vis. Image Underst.*, vol. 169, no. January, pp. 119–135, 2018.
- [6] C. Chamorro-Rivera and A. Salazar-Jimenez, "3D reconstruction quality assessment using 2D reprojection with dynamic partitioning," *Imaging Sci. J.*, vol. 1, no. 1, 2023.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Celda de combustible microbiana con sensor de metano

AUTORES

Naraly Dannela Alfonso Menoyos, Juan Esteban Velez Alvarez

Correspondencia: naraly.alfonso.2223@miremington.edu.co

RESUMEN

Este proyecto tiene como objetivo la construcción de una celda de combustible microbiana (CCM), en la cual, se utilizará agua residual también se integra un sensor para la medición de metano en tiempo real y hacer reaprovechamiento del metano. La CCM aprovecha microorganismos anaeróbicos capaces de descomponer materia orgánica y generar energía mediante procesos de oxidación-reducción. El diseño incluye un sensor que permitirá detectar de forma continua el metano en el agua residual, un gas clave en los procesos de digestión anaeróbica, utilizado como indicador para medir la eficiencia de las reacciones microbianas y monitorear la salud del sistema biológico. La importancia de este desarrollo radica en su capacidad para combinar la producción de energía renovable y la monitorización de un gas de efecto invernadero, con potenciales aplicaciones en el tratamiento de aguas residuales, la gestión de desechos orgánicos y la mitigación del impacto ambiental. La CCM con sensor de metano ofrece una solución innovadora, sostenible y de bajo costo para generar energía limpia mientras optimiza los procesos biológicos asociados a la producción de metano. Con este enfoque, se pretende avanzar en el campo de las energías renovables, la bioelectroquímica y el monitoreo ambiental, presentando una herramienta eficiente para el control y la mejora de los procesos bioenergéticos.

PALABRAS CLAVE:

Celda de combustible microbiana (CCM) – Metano – Agua residual – Energía Renovable.

INTRODUCCIÓN

La contaminación del agua es un problema global que afecta tanto la salud humana como el medio ambiente. Por esta razón, se buscan estrategias para minimizar su impacto. En este contexto, surge el interés por las celdas de combustible microbiana (CCM), dispositivos que aprovechan la capacidad de ciertos microorganismos para generar electricidad a partir de materia orgánica. Además, que pueden ser utilizadas para limpiar aguas residuales mientras producen energía. (Logan, 2012)

El funcionamiento intrincado de las CCM se basa en la interacción dinámica entre bacterias u otros microorganismos y un electrodo especializado. En este proceso, los microorganismos descomponen la materia orgánica presente en el agua, liberando electrones como parte de su actividad metabólica

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025
Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |
NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



natural (Santoro, 2017). Estos electrones, al ser liberados, son capturados por el electrodo en una compleja transferencia de electrones. Es esta transferencia electrónica la que desencadena la generación de corriente eléctrica, transformando así la actividad biológica en energía aprovechable para diversos fines. (Liu, 2014)

En este ámbito, se quiso desarrollar una Celda de Combustible Microbiana (CCM) equipada con un sensor de metano conectado a un ordenador. La instalación de este sensor tenía como objetivo medir la concentración de metano en el agua residual a lo largo del tiempo, permitiendo así obtener información precisa sobre la cantidad de este gas presente en el agua y su evolución en el proceso de tratamiento. (HOWARTH, 2014)

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

Para la construcción de la celda de combustible microbiana (CCM), se seguirán varios pasos clave que abarcan desde el diseño del sistema hasta la integración del sensor de metano. El procedimiento se divide en las siguientes fases:

1. **Diseño y construcción de la CCM:** La celda fue diseñada en una impresora 3D, para el ánodo y cátodo se utilizó una pequeña lámina de grafito, estos también tenían un alambre antioxidante por medio de estos se realizó las conexiones al multímetro para saber que tanto potencial eléctrico estaba generando la celda, la membrana permeable se realizó con nafion.
2. **Microorganismos:** Se utilizó en agua residual en la cual podemos encontrar bacterias como metanogénicas y bacterias electrogénicas que descomponen la materia orgánica para generar electrones, protones y metano como subproducto.
3. **Integración del sensor de metano:** Se incorporará un sensor de metano MQ-4 el cual está ubicado en la parte de arriba de la celda combustible Este sensor estará calibrado para medir la concentración de metano en tiempo real, permitiendo monitorear la eficiencia de la producción de gas y la también actividad microbiana.
4. **Monitoreo y recolección de datos:** Durante la operación de la CCM, se realizaron diferentes montajes experimentales para saber que tal era la producción de energía y las concentraciones de metano a lo largo del tiempo. Para la recopilación de datos se realizó por medio un amplificación y acondicionamiento el cual estaba conectado a la celda y a una Raspi-Pico el cual estos se encarga de enviar toda información al computador en el cual esta el programa el cual fue diseñado solo para la adquisición de datos de la CCM por medio de este podemos ver las variaciones en la generación de electricidad y producción de metano.

Este enfoque permitirá tanto la generación de energía como la monitorización de la actividad microbiana y la producción de metano, contribuyendo al avance en las tecnologías de bioenergía y monitoreo ambiental, los datos obtenidos se graficaron en una curva y después fueron analizados para evaluar la eficiencia del sistema en la producción de energía y metano, así como la viabilidad de la CCM como una fuente de energía sostenible.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos durante la operación de la celda de combustible microbiana (CCM) mostraron una gran variación tanto de energía como de concentración de metano constante de electricidad a lo largo del experimento, la celda demostró que tiene una buena producción no tanta como la del metano o la de esperada, pero si se genera un poco, lo que demuestra la capacidad de los microorganismos anaeróbicos para transformar la materia orgánica en energía eléctrica mediante procesos bioelectroquímicos. En cuanto a la producción de metano, el sensor integrado registró concentraciones que aumentaron progresivamente, cuando ya el agua residual era demasiado vieja ya la concentración de metano bajaba cada vez más, por lo cual podemos decir que las bacterias metanogénicas activaron su metabolismo en la descomposición de materia orgánica en condiciones anaeróbicas. Estos resultados confirman la concurrencia entre la producción de electricidad y la generación de metano, lo que refuerza la eficiencia del sistema en la conversión de residuos orgánicos en energía aprovechable. Las figuras 1-3, muestran el comportamiento mencionado anteriormente, en el cual conforme el sistema evoluciona, la concentración de metano decae, mientras que el potencial de celda aumenta. Este comportamiento se replica también cuando el sistema se evalúa en circuito cerrado, con lo cual hay indicios de un comportamiento antagónico entre estos dos eventos; por su parte, la figura 2, muestra un gráfico de dispersión con el fin de calcular el coeficiente de correlación de Spearman (-0.092) el cual indica que en efecto esta relación es de tipo inverso, débil y no lineal. Esto implica una potencial correlación física, la cual [permitiría encontrar un modelo de base fenomenológica entra ambas variables.

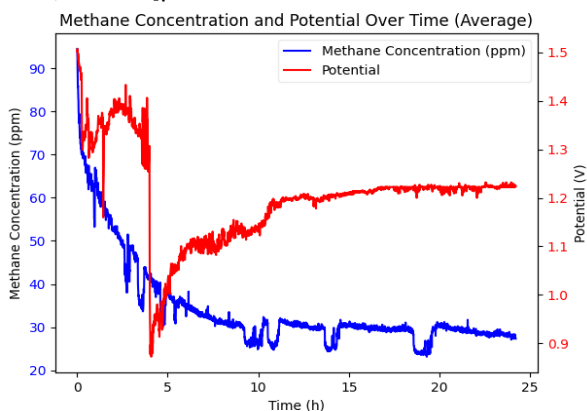


Figura 1. Curva de potencial eléctrico y concentración de CH₄ en el tiempo.

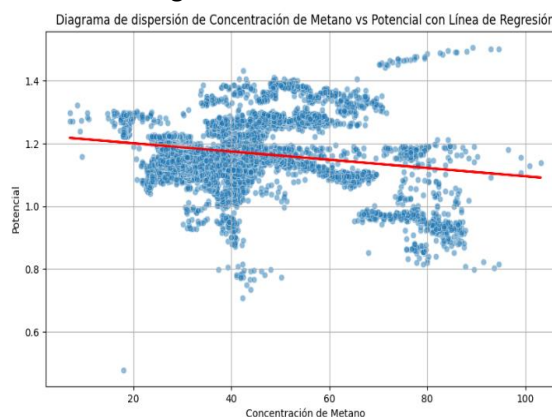


Figura 2. Diagrama de dispersión de concentración de Metano vs Potencial con línea de Regresión.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático

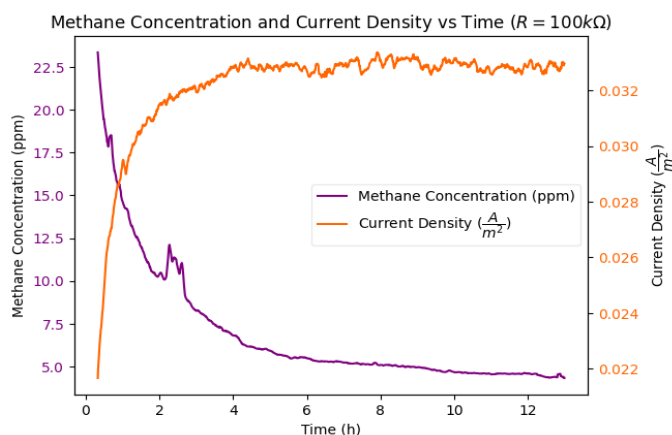


Figura 3. Curva de Concentración de metano y corriente en el tiempo.

CONCLUSIONES

La construcción y operación de la celda de combustible microbiana (CCM) con sensor de medición de metano demostró ser una solución eficiente para la generación de energía renovable a partir de aguas residuales. Los microorganismos involucrados, desempeñaron un papel clave en la generación de electricidad y en la producción de metano, respectivamente.

El sistema mostró una producción constante de electricidad y una capacidad efectiva de monitoreo en tiempo real de la concentración de metano, lo que a futuro servirá para obtener un reaprovechamiento y convertir este gas en energía a través de diferentes métodos, empleando la metodología aquí planteada.

REFERENCIAS

Logan, B. E., & Rabaey, K. (2012). Conversion of wastes into bioelectricity and chemicals by using microbial electrochemical technologies. *Science*, 337(6095), 686-690.

LIU, S.; FENG, X.; LI, X. Bioelectrochemical approach for control of methane emission from wetlands. *Bioresource Technology*, Elsevier, v. 241, p. 812–820, 2017.

Santoro, C., Arbizzani, C., Erable, B., & Ieropoulos, I. (2017). Microbial fuel cells: From fundamentals to applications. A review. *Journal of Power Sources*, 356, 225-244.

HOWARTH, R. W. A bridge to nowhere: methane emissions and the greenhouse gas footprint of natural gas. *Energy Science & Engineering*, Wiley Online Library, v. 2, n. 2, p. 47–60, 2014.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



La regulación hídrica en la planificación territorial: factores condicionantes en la cuenca hidrográfica de Rionegro

AUTORES

Shirley Viviana Giraldo-Duque¹, Juan Camilo Villegas-Palacio²

1. Universidad de Antioquia, Escuela Ambiental, Facultad de Ingeniería. Medellín, Colombia.
shirley.giraldo@udea.edu.co;

2. Universidad de Antioquia, Escuela Ambiental, Facultad de Ingeniería. Medellín, Colombia.
camilo.villegas@udea.edu.co

RESUMEN

La planificación territorial enfrenta desafíos significativos derivados del cambio ambiental, incluyendo la transformación de los ecosistemas y el cambio climático, los cuales amenazan la seguridad hídrica. En este contexto, la regulación hídrica está estrechamente relacionada con la capacidad de una cuenca para mantener y controlar el flujo de caudales, garantizando así un suministro regulado de agua y otros servicios ecosistémicos asociados al funcionamiento hidrológico de las cuencas. La regulación hídrica se mide, entre otras formas, mediante el Índice de Regulación Hídrica (IRH), propuesto en el Estudio Nacional del Agua (ENA), que establece la metodología para su cálculo. Este estudio analiza cómo diferentes factores físicos, socioecológicos y climáticos influyen en la regulación hídrica y los caudales de las cuencas del río Negro. Utilizando un modelo de Redundancia (RDA), se identificaron patrones significativos, destacando que las variables geomorfológicas se agrupan más con el caudal, mientras que las variables ecológicas y de superficie lo hacen con la regulación hídrica. El análisis resalta la importancia de una gestión adecuada de las áreas forestales y del manejo sostenible del suelo para asegurar un balance hídrico equilibrado y mitigar el impacto de eventos extremos en la cuenca del río Negro.

PALABRAS CLAVE:

Regulación hídrica, cuencas hidrográficas, recursos hídricos y variables ambientales.

INTRODUCCIÓN

El bienestar de las comunidades humanas depende del funcionamiento de los ecosistemas. Sin embargo, el uso de los recursos naturales por parte de estas comunidades, a su vez, está generando transformación sobre los ecosistemas, afectando sus funciones. En los Andes, más de 50 millones de personas dependen de los servicios ecosistémicos como el suministro de agua, la regulación

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025
Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |
NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



hidrológica y la mitigación de la erosión (Salazar et al., 2018). Por tanto, la planificación del territorio plantea desafíos relacionados con el cambio ambiental, incluyendo la transformación de los ecosistemas y el cambio climático, amenazando la seguridad hídrica. Estos desafíos, en consecuencia, ejercen una influencia determinante sobre la capacidad de soporte del territorio, siendo un recurso limitante para el desarrollo social.

La regulación hídrica, un componente clave de la seguridad hídrica, depende de diversos factores como el clima, la topografía, la geología, los suelos, la vegetación, las características de la cuenca, el uso del suelo y las intervenciones humanas en la infraestructura. Este conjunto de factores hace que cada cuenca sea única, lo que dificulta establecer indicadores cuantitativos generalizados para representar la regulación hídrica en Colombia (Cuevas Moreno, 2020).

La metodología para hallar el IRH en Colombia se estableció en el Estudio Nacional del Agua por el IDEAM en el año 2010 (antes se le denominaba capacidad de regulación) (IDEAM, 2023). Sin embargo, el IRH, es un indicador de “caja negra” que no considera la relación de sus partes constituyentes (medidas de caudal) con las dinámicas biofísicas que contribuyen a su dinámica. Es por esto por lo que, al momento de planificar el territorio en función de, por ejemplo, la garantía de sostenibilidad de servicios ecosistémicos como la regulación hidrológica es necesario considerar los elementos del paisaje y las características socio-ecosistémicas que determinan el funcionamiento hidrológico del sistema cuenca. Para ello, y dadas las características específicas de cada sistema, es necesario identificar los elementos determinantes de este funcionamiento. Esto se hace particularmente necesario en regiones estratégicas desde el punto de vista hidrológico, como las cuencas de los ríos Negro/Nare, que tienen relevancia social, económica, agrícola, industrial, energética y ecológica. Este trabajo tiene como objetivo evaluar a que variables y factores está respondiendo en mayor medida la regulación hídrica y el caudal en las cuencas hidrográficas de la cuenca del Río Negro.

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS



Figura 4. Área de estudio. Elaboración propia

El área de estudio corresponde a la subzona hidrográfica Río Negro con un área de 93.414,8 ha (Figura 1), está localizada en la vertiente oriental de la cordillera central (CORNARE & CORANTIOQUIA, 2018).

Área de estudio

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025
Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |
NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



La recopilación y procesamiento de la información del Plan de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCA) del río Negro de 2016 (CORNARE & CORANTIOQUIA, 2018) se realizó de la siguiente manera:

- **Caudales:** Se utilizaron datos medios diarios de 35 estaciones (IDEAM, CORNARE, EPM) y se generaron series de caudales para el periodo 1996-2014 mediante el modelo lluvia-escorrentía TETIS. El parámetro IRH se obtuvo a partir de la curva de duración de caudales.
- **Precipitación:** Se recopiló series pluviométricas de 128 estaciones (IDEAM y EPM) para el periodo 1975-2014.
- **Coberturas:** Se empleó la metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia, con interpretación visual en pantalla y levantamiento de campo.
- **Características geomorfológicas:** Se determinaron el área, perímetro, longitud del cauce, longitud de la cuenca y de la red hídrica.

El estudio de suelos del Departamento de Antioquia permitió recopilar información sobre la granulometría y la materia orgánica del suelo mediante la interpolación de datos de perfiles modales (IGAC, 2007). Además, el Mapa Geológico de Colombia y las planchas geológicas (146, 147 y 167) proporcionaron el parámetro de densidad de fracturamiento, utilizado para analizar el componente estructural en la regulación de los caudales en las cuencas hídricas.

El Modelo Digital de Elevación, proporcionado por Alos Palsar, con una resolución de 12.5 x 12.5 metros, para el 03/08/2011. A partir de diversos geoprocetos, se determinaron variables como la altura media, la variación altitudinal de las cuencas, las pendientes y el número de orden.

El análisis de datos se realiza mediante un análisis multivariado, utilizando un modelo de regresión múltiple (RDA) para determinar la relación de causalidad entre variables dependientes e independientes. En este estudio, las variables explicativas incluyen parámetros morfométricos, características físicas del suelo, precipitación y usos del suelo, mientras que las variables respuesta son el caudal y el Índice de Regulación Hídrica en las cuencas del río Negro.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El modelo restringido de regresión de datos ambientales (RDA) explica el 91% de la varianza total de la matriz de datos de respuesta, indicando su adecuación para evaluar la relación con las variables explicativas. Se generaron dos ejes canónicos (Figura 2): RDA1, que explica aproximadamente el 60% de la varianza, y RDA2, que explica el 31%. La variabilidad del caudal está principalmente relacionada con RDA1 (-0.90) y el Índice de Regulación Hídrica (IRH) con RDA2 (0.6). El alto coeficiente de determinación (R^2) del 91% sugiere que las variables independientes explican adecuadamente las variables de respuesta, confirmando la efectividad del modelo para interpretar los datos.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



hidrológica a nivel global e interanual. En áreas relativamente pequeñas y con poca variabilidad climática, su impacto es menos determinante. Sin embargo, dado los cambios actuales en la precipitación en el continente (Feron et al., 2024), es importante considerar los posibles efectos de tendencias a largo plazo en la precipitación en los procesos de tránsito lluvia-escorrentía.

CONCLUSIONES

El modelo presenta un buen ajuste, con un coeficiente de determinación (R^2) de 0.91, lo que sugiere que las variables independientes seleccionadas explican adecuadamente la variabilidad en las variables de respuesta. La varianza explicada se concentra en dos dimensiones principales, lo que permite diferenciar claramente la respuesta del caudal y el Índice de Regulación Hídrica (IRH) según los grupos de variables consideradas. Estos resultados son consistentes con los patrones morfométricos y de uso del suelo, lo que respalda la validez del modelo. En resumen, el análisis de redundancia (RDA) identificó patrones significativos entre las características topográficas y el uso del suelo, demostrando su utilidad para comprender la dinámica hídrica en el área de estudio.

Los resultados indican que las zonas con pendientes más pronunciadas presentan un IRH más alto, mientras que las cuencas con menor altura media tienen mayores caudales, ubicándose principalmente en las partes bajas. Las áreas forestales y con mayor materia orgánica contribuyen a la regulación hídrica, y una mayor densidad de drenaje favorece la escorrentía superficial, mejorando la distribución hídrica. Se concluye que las variables geomorfológicas se asocian más con el caudal, mientras que las ecológicas y de superficie con la regulación hídrica. La topografía y la cobertura vegetal son clave para la dinámica hídrica, y comprender estos factores es esencial para una gestión integral del recurso y la adaptación al cambio climático. Por lo tanto, comprender las variables que más influyen en la regulación hídrica de las cuencas de interés es esencial para fomentar una gestión integral del recurso y garantizar la seguridad hídrica. Esto permitirá mitigar los eventos extremos y desarrollar estrategias para mitigar las consecuencias del cambio climático.

REFERENCIAS

Bonnesoeur, V., Locatelli, B., Guariguata, M. R., & Ochoa-Tocachi, B. F. (2019). Impacts of forests and forestation on hydrological services in the Andes: A systematic review. *Forest Ecology and Management*, 433, 569–584.

CORNARE, & CORANTIOQUIA. (2018). *Formulación Del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río Negro (Código 2308-01) - Documento introductorio del POMCA Río Negro*.

Cuevas Moreno, J. (2020). *Propuesta metodológica para la representación cuantitativa de la regulación hídrica en las distintas escalas de cuenca hidrográfica*. Universidad Nacional de Colombia.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Feron, S., Cordero, R. R., Damiani, A., MacDonell, S., Pizarro, J., Goubanova, K., Valenzuela, R., Wang, C., Rester, L., & Beaulieu, A. (2024). South America is becoming warmer, drier, and more flammable. *Communications Earth & Environment*, 5(1), 501.

Gabrielli, C. P., McDonnell, J. J., & Jarvis, W. T. (2012). The role of bedrock groundwater in rainfall-runoff response at hillslope and catchment scales. *Journal of Hydrology*, 450–451, 117–133.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.05.023>

IDEAM. (2023). *Estudio Nacional del Agua 2022*.

IGAC. (2007). *Estudio General de Suelos y Zonificación de tierras Departamento de Antioquia*.
Salazar, J. F., Villegas, J. C., Rendón, A. M., Rodríguez, E., Hoyos, I., Mercado-Bettín, D., & Poveda, G. (2018). Scaling properties reveal regulation of river flows in the Amazon through a “forest reservoir.” *Hidrology and Earth System Sciences*.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Prevención de riesgos laborales por la exposición a temperaturas extremas durante la producción de panela en Nariño Antioquia Colombia

AUTORES

Yeymy Cardona Echeverri.
Institución Universitaria Pascual Bravo
yeymy.cardona@pascualbravo.edu.co

RESUMEN

La presente investigación permite comprender las estrategias de prevención de riesgos laborales por la exposición a temperaturas extremas durante la producción de panela en Nariño Antioquia Colombia, a partir de un estudio descriptivo con enfoque cualitativo. Se propuso un acercamiento desde el paradigma epistemológico comprensivo, un abordaje teórico desde el interaccionismo simbólico con un diseño metodológico de teoría fundamentada, siguiendo a Strauss y Corbin. La información recolectada mediante entrevistas y ejercicios de observación fue transcrita y analizada, aplicando la codificación abierta, axial y selectiva, con lo cual se generaron categorías descriptivas, analíticas e interpretativas que dieron lugar a la teoría sustantiva. Los resultados de esta investigación generaron conocimientos acerca de los mecanismos de control de riesgos enfocados en actos y condiciones seguras. La investigación se acogió las normas internacionales, nacionales y locales sobre ética en la investigación con seres humanos.

PALABRAS CLAVE:

Prevención, riesgos laborales, temperaturas extremas, trapiches paneleros, seguridad y salud en el trabajo.

INTRODUCCIÓN

En Colombia y específicamente en el municipio de Nariño Antioquia, la producción de panela es importante desde el punto de vista económico, laboral y nutricional (Concejo Municipal de Nariño Antioquia, 2016; Rodríguez et al., 2019). Sin embargo, el sector agrícola ha presentado un mayor número de accidentes laborales mortales, comparado con otros sectores económicos (Rodríguez et al., 2019). Entre los peligros de exposición laboral identificados en los trapiches paneleros, está el físico por la exposición a altas temperaturas (Manjarrés y Montoya, 2019), durante los procesos del funcionamiento del horno; el calentamiento del guarapo; el horneado de la miel; la verificación del estado de esta; el batido y el moldeo (Barona, 2008). De acuerdo con algunos autores, la mezcla para elaborar la panela debe alcanzar una temperatura promedio entre 118 y 125 °C (Quezada et

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025

Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |
NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



al., 2015). Por su parte, en Nariño Antioquia Colombia, la mayor parte de la población es agricultora, dedicada principalmente a la producción de café y panela (Concejo Municipal de Nariño Antioquia, 2016). Se resalta que en trabajos de producción de panela no se evidenciaron estudios cualitativos sobre las estrategias de prevención de riesgos laborales adoptadas por la población rural dedicada a esta actividad de la agroindustria, considerada de alto riesgo (Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, 2002). Por otro lado, en Colombia la Resolución 2400 de 1979, en su artículo 64 establece que los trabajadores deben protegerse de los cambios de temperaturas y de las temperaturas muy altas; así mismo determina que, al realizar actividades laborales bajo estas condiciones, deberán implementarse reemplazos de personal o periodos de tiempo de descanso durante las jornadas de trabajo (Ministerio del Trabajo, 1979). Por su parte, en el Decreto 2090 de 2003 considera en su artículo 2 las actividades de alto riesgo para la salud del trabajador, dentro de las cuales establece los trabajos que requieran la exposición a altas temperaturas, las cuales se definen como aquellas que superen los valores límites permisibles (TLV) de acuerdo con lo que definan al respecto, las normas de seguridad y salud en el trabajo (Ministerio de la Protección Social, 2003). Esta investigación permite comprender cuales son las alternativas de prevención de riesgos por la exposición a temperaturas extremas, durante la producción panelera, un subsector de la agricultura que es importante para Colombia. Siendo este país el principal consumidor per cápita y el segundo productor de panela a nivel mundial (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural; Rodríguez et al., 2019). El objetivo de esta investigación es identificar las estrategias de prevención de riesgos laborales por la exposición a temperaturas extremas durante la producción de panela en Nariño Antioquia Colombia.

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

Tipo de investigación: Se realizó una investigación cualitativa con fundamento teórico en el interaccionismo simbólico de Blumer (1986). el cual estudia el comportamiento de las personas y sus maneras de vivir dentro de un grupo establecido. Esta teoría se basa en tres postulados: la primera es que los individuos se comportan frente a las cosas de acuerdo con lo que estas les significan; la segunda es que los significados dados por las personas se generan a partir de la interacción social de unos con otros; la tercera es que los significados se modifican en la medida en que los seres humanos los reinterpretan.

Método y diseño de investigación: Se utilizó la teoría fundamentada siguiendo a Strauss y Corbin (2015), con esto se construyó una teoría sustantiva para comprender el fenómeno social investigado.

Población: Las personas participantes de la investigación fueron hombres y mujeres mayores de edad, trabajadores de los trapiches paneleros, provenientes de 7 veredas del municipio, quienes decidieron hacerlo de manera voluntaria y aceptaron el consentimiento informado. Participaron trece personas, nueve hombres y cuatro mujeres, quienes llevaban laborando en producción de panela entre cinco y cincuenta y cinco años. Con educación desde primaria incompleta, algunos con bachillerato, estudios técnicos, tecnológicos y profesionales. El acceso a salud era a través de los



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



dos regímenes colombianos: el 15% al contributivo y el 85% al subsidiado; en este caso no contaban con afiliación a riesgos laborales ni a pensiones. El 15% de los participantes manifestó no haber tenido accidentes laborales, mientras que el 85% reconoció haber sufrido al menos, un accidente de trabajo.

Criterios de exclusión: los menores de edad; las personas que, de forma libre y voluntaria, decidieran retirarse de la investigación; personas con algunas limitaciones de comunicación.

Muestreo: se realizó un muestreo por conveniencia y luego por bola de nieve, en el marco del muestreo teórico, dado por la saturación de las categorías de análisis de interés.

Instrumentos de recolección de información:

-Guía de entrevista semiestructurada. Esta guía se modificó durante las tres etapas de recolección y análisis de información, dando lugar a la guía dos y tres de entrevistas semiestructuradas.

-Guía de ejercicio de observación. Para observar los trabajos en los trapiches paneleros.

Plan de análisis: Se grabaron y se transcribieron las entrevistas, con lo cual se dio paso al microanálisis, obteniendo 1338 códigos, agrupados en categorías. De acuerdo con la teoría fundamentada, se siguieron las fases de codificación abierta, axial y selectiva: análisis de las narraciones renombrando los fragmentos de las respuestas; categorización: agrupación de los códigos en conjuntos de ideas que respondieran desde lo descriptivo, lo analítico y lo interpretativo, a lo que estaba pasando; teorización: respuesta al objetivo de la investigación (Calzaretta et al., 2010). Esta investigación se realizó en tres etapas, en las cuales se aplicaron los dos instrumentos de recolección de información. Así, la recolección y el análisis de la información se dieron de manera simultánea, permitiendo reafirmar los hallazgos, alcanzando la triangulación que valida la investigación (Patton, 2002).

Consideraciones éticas: Esta investigación obtuvo el aval del Comité de Ética de la Investigación de la Facultad Nacional de Salud Pública de la Universidad de Antioquia (Ministerio de Salud, 1993).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados indican que algunas personas que laboran en los trapiches paneleros, expuestos a temperaturas extremas, adoptan prácticas de prevención de riesgos laborales de acuerdo con las amenazas a las que se exponen. También se sugieren otros mecanismos de prevención de riesgos laborales de acuerdo con los riesgos identificados. Dichas medidas preventivas están enfocadas en actos seguros y condiciones seguras (Icontec, 2012), clasificados así: controles de ingeniería, controles administrativos y uso de elementos de protección personal. Algunas estrategias de prevención de riesgos laborales por la exposición a temperaturas extremas durante la producción de panela en Nariño Antioquia Colombia se describen a continuación:



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático

Estrategias de prevención de riesgos laborales por la exposición a temperaturas extremas durante la producción de panela en Nariño Antioquia Colombia.					
Peligros		Riesgos	Estrategias preventivas propuestas para minimizar los riesgos laborales de exposición		
Clasificación	Descripción		Controles de ingeniería	Controles administrativos, señalización, advertencia	Estrategias personales y elementos de protección personal
Físico por temperaturas extremas de calor.	Preparar el horno con bagazo, madera y guadua, y encenderlo. Operación del horno.	Exposición a altas temperaturas. (el techo de los trapiches es de zinc y no tiene cielo raso; algunas veredas están en territorio cálido).	Instalación de barreras para evitar el acercamiento de personas ajenas al proceso.	Rotación de personal, cuando se programan moliendas durante varios días. Disminución de las jornadas de trabajo. Avisos preventivos. Prohibición del ingreso a menores de edad.	*Mantener una distancia con respecto al horno. Uso de herramientas para ingresar el material que mantendrá el fuego en el horno.
	Calentamiento del guarapo y horneado de la miel (fondos metálicos)	*Exposición a sustancias calientes, como el guarapo y la miel (salpicaduras). *Exposición a vapores calientes.	*Instalación de barreras para evitar el acceso a personas no autorizadas. *Ventilación.	Rotación de personal, cuando se programan moliendas durante varios días. Disminución de las jornadas de trabajo. Avisos preventivos. Prohibición del ingreso a menores de edad.	*Evitar fumar. Alimentación sana e hidratación. Uso de ropa termorreguladora. Uso de guantes con aislamiento térmico. Uso de mascarilla. Calzado ignífugo. Entrenamiento, capacitación. Evitar cambios bruscos de temperatura. Autocuidado.
	Verificación del estado de la miel ("la saca" para verificar si la miel está a punto).	Exposición a cambios bruscos de temperatura (acalorados se mojan las manos con agua y las meten a la paila, tocando la miel caliente, para saber si está "a punto"; sacan un pedazo y si se cristaliza (conejo) la miel está lista para formar la panela.	Utilización del termómetro para verificar si la miel "está a punto".	Rotación de personal, cuando se programan moliendas durante varios días. Disminución de las jornadas de trabajo. Avisos preventivos. Prohibición del ingreso a menores de edad.	
	*Batido de la miel (pasar la miel a la batea y batirla). *Moldeo de la panela. *Lavado de las gaveras (moldes).	*Exposición a superficies y materiales calientes. *Exposición a cambios bruscos de temperatura (las personas que arman la panela tienen las manos acaloradas y luego las meten en el agua para lavar las gaveras).	Instalación de barreras para evitar el acceso a personas no autorizadas.	Rotación de personal, cuando se programan moliendas durante varios días. Disminución de las jornadas de trabajo. Avisos preventivos. Prohibición del ingreso a menores de edad.	*Entrenamiento en el proceso: Al pasar la miel al último fondo (paila), verificar que salga una "burbuja" que indica que la miel se ha cristalizado.

Algunos participantes manifestaron que se requiere pericia, conocimiento, habilidades y experiencia para realizar los trabajos en el trapiche. Por lo que se requiere entrenamiento y capacitación. Estos asuntos concuerdan en parte, con un estudio realizado en Irán que alude a la importancia de los factores de educación y personales en la ocurrencia de actos seguros (Malakoutikhah et al., 2021). Por otra parte, aunque en Nariño Antioquia no se habían realizado investigaciones de este tipo, se encontró un estudio elaborado en establecimientos paneleros en un municipio de Colombia, en el cual se identificaron y valoraron los riesgos laborales más significativos de acuerdo con la Guía Técnica Colombiana - GTC 45 (Icontec, 2012), dando como resultado que la exposición a temperaturas extremas es un riesgo muy alto, no aceptable, con posibles consecuencias como golpe de calor. También se identificó que se superaban los valores límite permisible por la exposición al calor. Además, propone como medidas preventivas, controles de ingeniería: aislamiento del horno y sistemas de ventilación; controles administrativos: capacitación,



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



entrenamiento y señalización; uso de elementos de protección personal: ropa con aislamiento térmico (Manjarrés y Montoya, 2019). Por otro lado, los resultados de esta investigación son consistentes con otros estudios que incluyen mecanismos de prevención de riesgos laborales en la agricultura: Algunas mujeres indígenas agricultoras, aceptaron que sus dificultades de salud se derivaban de su trabajo (Camarena et al., 2013). En Irán los cultivadores de arroz frente a la exposición solar utilizan sombrero, camisas de manga larga, guantes y bufandas (Panahi y Salehi, 2019). Por otra parte, en un estudio de minería informal se evidenció el uso de ropa y zapatos de trabajo y algunos elementos de protección para la prevención de inhalación de vapores (Muñoz et al., 2012).

CONCLUSIONES

Se identificaron las estrategias de prevención de riesgos laborales por la exposición a temperaturas extremas durante la producción de panela en Nariño Antioquia Colombia. Pero, reconocer dichas estrategias no es suficiente para implementarlas, se requiere la participación de todos los actores de la cadena productiva de la agroindustria panelera, el apoyo de instituciones gubernamentales y no gubernamentales, comprendiendo que, en la medida en que se conozcan e implementen dichos mecanismos de prevención, podrá determinarse su efectividad y/o aplicar mejoras que conlleven a fortalecer la seguridad y la salud en el trabajo, en un sector agroindustrial de alto riesgo y fundamental para la economía nacional, departamental y local.

REFERENCIAS

Barona, A. (2008). Proceso de producción de panela. <http://gloriapatriciamera.blogspot.com/2008/01/proceso-de-elaboracion-de-panela.html>.

Blumer H. (1986) Symbolic interactionism: Perspective and method. Oakland (United States): Univ of California Press.

Calzaretta, A. V., Valenzuela, L. V., & Sepúlveda, F. M. (2010). El Estudio de la Percepción del Riesgo y Salud Ocupacional: Una Mirada desde los Paradigmas de Riesgo. Ciencia & Trabajo, 12(35). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3218520>

Camarena, L. O., Martínez, C. V., & Arellano, E. G. (2013). Occupational risks and health: perceptions of indigenous female agricultural workers in Northwestern Mexico. Salud colectiva, 9(2), 247-256. <https://www.redalyc.org/pdf/731/73129415009.pdf>

Concejo Municipal de Nariño Antioquia. (2016) Plan de Desarrollo 2016-2019. Por el Nariño que queremos. https://narinoantioquia.micolombiadigital.gov.co/sites/narinoantioquia/content/files/000071/3524_plandedesarrollo20162019_1.pdf



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación – ICONTEC (2012). Guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional – GTC 45. Bogotá.

<https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/6034/ParraCuestaDianaMarcelaVasquezVeraErikaVanessa2016-AnexoA.pdf;jsessionid=AEA108F72A3ABB2B70875E3856BE1445?sequence=2>

Malakoutikhah, M., Jahangiri, M., Alimohammadlou, M., Faghihi, S. A., y Kamalinia, M. (2021). The factors affecting unsafe behaviors of Iranian workers: a qualitative study based on grounded theory. *Safety and Health at Work*, 12(3), 339-345. <https://doi.org/10.1016/j.shaw.2021.04.005>

Manjarrés, K. A. & Montoya, L. M. (2019). Condiciones de salud y trabajo en trabajadores de los trapiches de San Roque, Antioquia 2018. (Trabajo de grado de especialización). Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. http://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/11244/1/MontoyaLuz_2019_CondicionesSaludTrabajo.pdf

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2019). Cadena agroindustrial de la panela. <https://sioc.minagricultura.gov.co/Panela/Documentos/2019-12-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf>

Ministerio de la Protección Social. (26 de julio de 2003). Decreto Ley 2090 de 2003, por el cual se definen las actividades de alto riesgo para la salud del trabajador y se modifican y señalan las condiciones, requisitos y beneficios del régimen de pensiones de los trabajadores que laboran en dichas actividades. DO: 45.262. <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/Decreto-2090-2003.pdf>

Ministerio de Salud. (4 de noviembre de 1993). Resolución 8430 de 1993, por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud. DO: 49.427. <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/RESOLUCION-8430-DE-1993.PDF>

Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. (22 de mayo de 1979). Resolución 2400 de 1979, por el cual se establecen disposiciones sobre vivienda, higiene y seguridad industrial en los establecimientos de trabajo. Ministerio de trabajo y seguridad social. DO: 45.709. <https://www.ilo.org/dyn/travail/docs/1509/industrial%20safety%20statute.pdf>

Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. (31 de julio de 2002). Decreto 1607 de 2002, por el cual se modifica la Tabla de Clasificación de Actividades Económicas para el sistema general de riesgos



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



profesionales y se dictan otras disposiciones. DO: 44892.
https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/DECRETO%201607%20DE%202002.pdf

Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. (22 de mayo de 1979). Resolución 2400 de 1979, por el cual se establecen disposiciones sobre vivienda, higiene y seguridad industrial en los establecimientos de trabajo. Ministerio de trabajo y seguridad social. DO: 45.709.
<https://www.ilo.org/dyn/travail/docs/1509/industrial%20safety%20statute.pdf>

Muñoz-Vallejo, L. F., García-Ardila, L. F., & de los Ángeles Rodríguez-Gázquez, M. (2012). Percepción sobre daños a la salud y utilidad de medidas de protección de personas expuestas ocupacionalmente al mercurio en la minería del oro. Revista Lasallista de investigación, 9(1), 53-61.
<https://www.redalyc.org/pdf/695/69524955003.pdf>

Panahi, H., & Salehi, L. (2019). Perspectives of paddy workers regarding the use of sunscreen: a theory-based qualitative research. Archives of Public Health, 77(1), 1-6.
<https://link.springer.com/article/10.1186/s13690-019-0361-1>

Patton MQ. (2002). Qualitative research & evaluation methods. 3rd edition. Thousand Oaks (United States): Sage Publications; Inc.

Quezada, M. W., Gallardo, A. I., Quezada, T.W. (2015). Temperatura y concentración del jugo de caña según pisos climáticos en Ecuador. ICIDCA.
<https://www.redalyc.org/pdf/2231/223136961003.pdf>

Rodríguez Borray., G. A., Polo Murcia, S. M. Riveros, M. A. y Buitrago Ardila, A.M. (2019). La agroindustria panelera impulsando el desarrollo rural en Colombia. Un diagnóstico de la cadena productiva. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – Agrosavia; Federación Nacional de Productores de Panela – Fedepanela.
<https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/36696>

Strauss, A. y Corbin, J. (2002). Bases de la investigación cualitativa. Técnicas procedimientos para desarrollar la teoría fundamentada. Medellín: Editorial de la Universidad de Antioquia.
<https://diversidadlocal.files.wordpress.com/2012/09/bases-investigacion-cualitativa.pdf>



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Coberturas vegetales para la regulación hídrica del suelo en cultivos de café

Juliana Katherine Tovar Ardila¹ (juliana.tovar@udea.edu.co), Juan Camilo Villegas² (camilo.ramirez@udea.edu.co), Camilo Andres Ramírez³ (camilo.ramirez@udea.edu.co)

^{1,2} Grupo de Investigación en Ecología Aplicada, Universidad de Antioquia, Colombia

³ Grupo de Investigación Bacteriología Agrícola y Ambiental, Universidad de Antioquia, Colombia

RESUMEN

La regulación hídrica en sistemas agrícolas es un proceso complejo influenciado por diversos factores, entre ellos la cobertura del suelo. Este estudio evaluó el impacto de diferentes coberturas vegetales en la regulación hídrica del suelo en un cultivo de café (*Coffea arabica*). Se establecieron tres tratamientos: cobertura silvestre, cobertura leguminosa (*Arachis pintoii*) y suelo sin cobertura, con el objetivo de comprender cómo estas configuraciones afectan la retención de humedad en el suelo y la oferta del servicio ecosistémico de regulación hídrica. Los resultados indicaron una tendencia lineal decreciente en la humedad del suelo en todos los tratamientos, asociada a la ausencia de lluvias significativas durante el período de estudio. Sin embargo, las mediciones bajo el dosel del café presentaron menor variabilidad y un mejor ajuste lineal que en las áreas expuestas (calle), resaltando el efecto protector del dosel sobre la estabilidad hídrica. El tratamiento con leguminosa mostró una mayor retención de humedad, atribuido a la densidad de su cobertura y su capacidad para mejorar la estructura del suelo. En contraste, el tratamiento sin cobertura evidenció una pérdida más rápida de humedad, lo que subraya la importancia de incorporar coberturas vegetales para optimizar la regulación hídrica en cultivos de café. Las coberturas vegetales no solo protegen el suelo de la evaporación, sino que también fomentan un funcionamiento ecosistémico más eficiente, favoreciendo la sostenibilidad hídrica en sistemas productivos. Estos hallazgos aportan información valiosa para el diseño de prácticas agrícolas que promuevan una mejor oferta del servicio ecosistémico de regulación hídrica.

PALABRAS CLAVE:

Coberturas vegetales, Regulación hídrica, Cultivo de café, Humedad del suelo.

INTRODUCCIÓN

El balance hídrico en el suelo está fuertemente condicionado no solo por los impulsores climáticos y las propiedades del suelo -y sus interacciones; también por la actividad de la biota. Estos factores determinan cómo se almacena, utiliza y se pierde el agua en los ecosistemas terrestres, influyendo en la dinámica hidrológica general, la función del ecosistema (D'Odorico et al., 2010) y, en la oferta de los servicios ecosistémicos de regulación hídrica (Brauman, 2015). Mecanismos como la

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025

Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |

NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



intercepción de la precipitación, la disminución de la escorrentía superficial y el aumento de la infiltración, que son atribuidos a la cobertura vegetal del suelo son fundamentales en la regulación de la descarga hídrica (de Groot et al., 2002; Ortega Molina et al., 2014), Sin embargo, la estrecha relación entre la regulación hídrica, la salud del suelo y la productividad agrícola se ve comprometida por prácticas agrícolas, especialmente aquellas que implican la remoción de la vegetación nativa y la simplificación de los ecosistemas, que aceleran la degradación de los suelos y amenazan la sostenibilidad de los sistemas productivos a escala mundial (FAO, 2018, 2022; FAO & ITPS, 2015; FAO & UNEP, 2021), pueden alterar significativamente la dinámica hidrológica, generando impactos negativos no solo en la cantidad, también en la calidad de agua disponible para las plantas y los ecosistemas; así como en la biodiversidad asociada; afectando negativamente la capacidad de proporcionar servicios ecosistémicos de regulación hídrica (Ma et al., 2024; Umaña Mejía et al., 2011).

El uso de coberturas vegetales en los sistemas agrícolas se presenta como una estrategia prometedora para mejorar la salud del suelo y la regulación hídrica (Momesso et al., 2022). Las coberturas vegetales pueden aumentar la infiltración del agua en el suelo, reducir la escorrentía superficial, mejorar la estructura del suelo y aumentar la materia orgánica (Beniaich et al., 2023; Cazzaniga et al., 2023; Li et al., 2021). Los sistemas productivos de café -con importancia particular en los países del trópico (Craparo et al., 2015; Kath et al., 2020)-, fundamentalmente los cultivos bajo sombra y los agroforestales pueden contribuir a mantener niveles más altos de biodiversidad y a mejorar la calidad del suelo (Brüning et al., 2018; Guzmán et al., 2016). A pesar de la creciente evidencia sobre los beneficios de las coberturas vegetales para la salud del suelo y la regulación hídrica, aún existen lagunas de conocimiento en relación con su impacto en sistemas agrícolas específicos, como el cultivo de café. Es necesario profundizar en la comprensión de cómo diferentes tipos de coberturas afectan las funciones ecosistémicas del suelo que sustentan la oferta del servicio ecosistémico de regulación hídrica, en un sistema en producción agrícola. El objetivo de este estudio es comprender cómo diferentes coberturas del suelo influyen en las funciones ecosistémicas del suelo relacionadas con la regulación hídrica; considerando diferentes configuraciones de cobertura, con el fin de identificar aquellas que promuevan una mejor oferta del servicio ecosistémico de regulación hídrica.

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

Se estableció un experimento en un cultivo de café (*Coffea arabica*) ubicado en la vereda El Coral (La Plata, Huila. 2°22' N, 75°51' W; Figura 1a) para comparar tres tratamientos: sin cobertura (suelo desnudo; Figura 1c); cobertura leguminosa (12 plantas *Arachis pintoi* /m²; Figura 1d) y; cobertura silvestre (diversas plantas rastreras, Figura 1e). Cada tratamiento se implementó en parcelas de 3x3 cafetos, replicadas cinco veces. En el cultivo se implementan prácticas de manejo que incluyen fertilización y control de plagas de forma mecánica. Está inmerso en una matriz de árboles de sombra frutales y maderables (Figura 1b). El área corresponde a un bosque húmedo a 1600 msnm, precipitación anual promedio de 1761 mm con régimen bimodal.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático

Se harán mediciones horarias de humedad del suelo a diferentes profundidades (0.05 y 0.2 m) utilizando sensores capacitivos, debajo del dosel del cafeto central como en líneas internas de cada parcela. Se medirá la infiltración de agua mediante el método del doble anillo, antes y después del experimento. Los datos se recopilarán desde agosto de 2024 hasta enero de 2025.

Para considerar las condiciones hidrometeorológicas que condicionan los flujos susceptibles de regulación hídrica, se usarán los registros diarios de temperatura, precipitación, humedad relativa y brillo solar acumulado; obtenidos a partir de fuentes secundarias.

Posteriormente, se llevará a cabo un análisis de varianza para determinar si las diferentes coberturas del suelo tienen un efecto significativo en las variables hídricas del suelo. Se realizarán comparaciones múltiples para identificar diferencias entre los tratamientos. Todos los análisis estadísticos se realizarán utilizando el software R (R Core Team, 2021)



Figura1. Área de estudio. a) Ubicación, b) Árboles de sombra del cultivo de café, c) Tratamiento sin cobertura, d) Tratamiento de cobertura leguminosa y e) Tratamiento de cobertura silvestre.

Fuente: Elaboración propia

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de los datos de humedad del suelo (Figura 2) indica una disminución progresiva en todos los tratamientos a lo largo del tiempo - corroborando la relación inversa entre la señal del sensor y el contenido de humedad, coherente con la ausencia de precipitaciones significativas durante el período de estudio. Los eventos de lluvia ocasionales (IDEAM, 2024) provocaron picos de humedad, evidenciando la influencia directa de la precipitación en la recarga hídrica (García-Leoz et al., 2018).

La variabilidad de la humedad fue similar bajo el dosel del café en todos los tratamientos, indicando una influencia significativa de la actividad radicular del café en la dinámica de la humedad (D'Odorico et al., 2010). Fuera del dosel, se observó mayor variabilidad y menor ajuste lineal, sugiriendo una mayor vulnerabilidad del suelo a la pérdida de agua por exposición directa a condiciones ambientales (de Oliveira et al., 2019; García-Leoz et al., 2018).



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático

En el tratamiento sin cobertura, la pérdida de humedad fue más acelerada bajo el dosel del café, posiblemente debido a la mayor demanda hídrica de las raíces. En contraste, en las calles, la falta de cobertura vegetal y la menor actividad radicular del café resultaron en una pérdida de humedad más lenta.

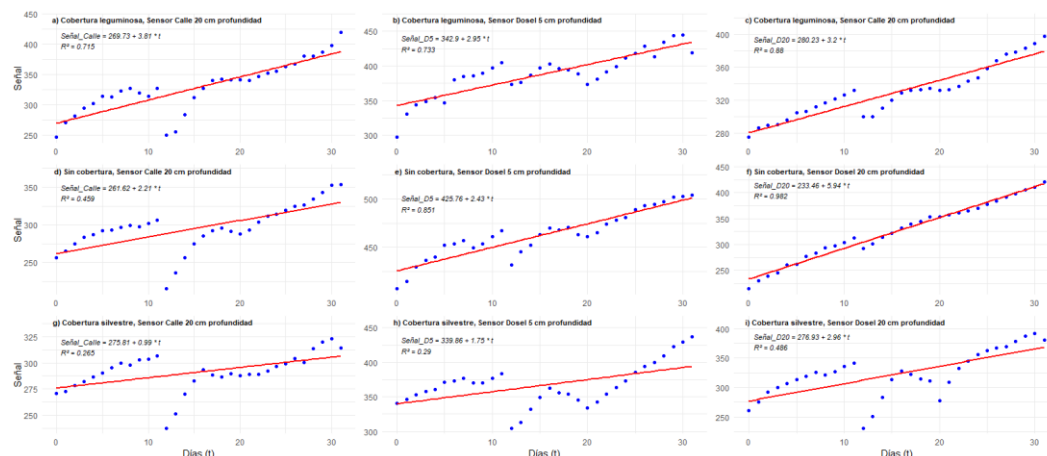


Figura 2. Gráficos de dispersión con ajuste lineal de los valores promedio diarios de la señal capacitiva registrados.

Fuente: Elaboración propia

El tratamiento con *Arachis pinto*i presentó pendientes más bajas, lo que indica una menor tasa de pérdida de humedad, resaltando el papel positivo de la cobertura vegetal en la retención hídrica. Su sistema radicular mejora la estructura del suelo, y su capacidad de fijar nitrógeno puede influir en la actividad radicular del café y la dinámica de la humedad del suelo (Torabian et al., 2019). Además, la densidad de siembra de la leguminosa generó una cobertura vegetal densa que actúa como una barrera protectora de alturas basales, reduciendo la incidencia directa de factores ambientales y modulando los flujos de agua hacia y desde el suelo.

En la cobertura silvestre, aunque se obtuvieron pendientes moderadas, como resultado de su capacidad para ofrecer protección frente a la pérdida de agua, también hay con una mayor variabilidad debido a la diversidad de especies con diferentes necesidades hídricas y sistemas radicales, lo que genera un patrón de absorción de agua menos predecible que puede ocurrir en diferentes capas del suelo (Blesh, 2018)

CONCLUSIONES

Los resultados parciales evidencian que las coberturas del suelo ejercen un papel importante en la regulación hídrica. La cobertura bajo el dosel del café, especialmente con *Arachis pinto*i, demostró una menor variabilidad en la humedad del suelo, lo que sugiere que estas configuraciones de cultivo promueven una oferta más eficiente del servicio ecosistémico de regulación hídrica. En contraste,



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



el tratamiento sin cobertura presentó una pérdida lineal de humedad en el suelo, lo que resalta la importancia de optar por coberturas vegetales que optimicen las funciones ecosistémicas necesarias para garantizar este servicio clave en los sistemas de producción agrícola como el café.

REFERENCIAS

Beniaich, A., Guimarães, D. V., Avanzi, J. C., Silva, B. M., Acuña-Guzman, S. F., dos Santos, W. P., & Silva, M. L. N. (2023). Spontaneous vegetation as an alternative to cover crops in olive orchards reduces water erosion and improves soil physical properties under tropical conditions. *Agricultural Water Management*, 279, 108186. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2023.108186>

Blesh, J. (2018). Functional traits in cover crop mixtures: Biological nitrogen fixation and multifunctionality. *Journal of Applied Ecology*, 55(1), 38–48. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13011>

Brauman, K. A. (2015). Hydrologic ecosystem services: linking ecohydrologic processes to human well-being in water research and watershed management. *WIREs Water*, 2(4), 345–358. <https://doi.org/10.1002/wat2.1081>

Brüning, L. Z., Krieger, M., Meneses-Pelayo, E., Eisenhauer, N., Ramirez Pinilla, M. P., Reu, B., & Ernst, R. (2018). Land-use heterogeneity by small-scale agriculture promotes amphibian diversity in montane agroforestry systems of northeast Colombia. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 264, 15–23. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.05.011>

Cazzaniga, S. G., Braat, L., van den Elsen, S., Lombaers, C., Visser, J., Obinu, L., Maciá-Vicente, J. G., Postma, J., Mommer, L., & Helder, J. (2023). Pinpointing the distinctive impacts of ten cover crop species on the resident and active fractions of the soil microbiome. *Applied Soil Ecology*, 190. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2023.105012>

Craparo, A. C. W., Van Asten, P. J. A., Läderach, P., Jassogne, L. T. P., & Grab, S. W. (2015). *Coffea arabica* yields decline in Tanzania due to climate change: Global implications. *Agricultural and Forest Meteorology*, 207, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2015.03.005>

de Groot, R. S., Wilson, M. A., & Boumans, R. M. J. (2002). A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics*, 41(3), 393–408. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(02\)00089-7](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(02)00089-7)

de Oliveira, I. N., de Souza, Z. M., Lovera, L. H., Vieira Farhate, C. V., De Souza Lima, E., Aguilera Esteban, D. A., & Fracarolli, J. A. (2019). Least limiting water range as influenced by tillage and cover crop. *Agricultural Water Management*, 225, 105777. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.105777>

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025

Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |

NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



D'Odorico, P., Laio, F., Porporato, A., Ridolfi, L., Rinaldo, A., & Rodriguez-Iturbe, I. (2010). Ecohydrology of Terrestrial Ecosystems. *BioScience*, 60(11), 898–907. <https://doi.org/10.1525/bio.2010.60.11.6>

FAO. (2018). *Transforming Food and Agriculture to Achieve the SDGs 20 interconnected actions to guide decision-makers*.

FAO. (2022). The State of Food and Agriculture 2022. Leveraging automation in agriculture for transforming agrifood systems. In *The State of Food and Agriculture 2022*. FAO. <https://doi.org/10.4060/cb9479en>

FAO, & ITPS. (2015). *Status of the World's Soil Resources*.

FAO, & UNEP. (2021). *Global Assessment of Soil Pollution: Report*.

García-Leoz, V., Villegas, J. C., Suescún, D., Flórez, C. P., Merino-Martín, L., Betancur, T., & León, J. D. (2018). Land cover effects on water balance partitioning in the Colombian Andes: improved water availability in early stages of natural vegetation recovery. *Regional Environmental Change*, 18(4), 1117–1129. <https://doi.org/10.1007/s10113-017-1249-7>

Guzmán, A., Link, A., Castillo, J. A., & Botero, J. E. (2016). Agroecosystems and primate conservation: Shade coffee as potential habitat for the conservation of Andean night monkeys in the northern Andes. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 215, 57–67. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.09.002>

IDEAM. (2024). *Boletín de Condiciones Hidrometeorológicas Actuales, Alertas y Pronósticos*.

Kath, J., Byrareddy, V. M., Craparo, A., Nguyen-Huy, T., Mushtaq, S., Cao, L., & Bossolasco, L. (2020). Not so robust: Robusta coffee production is highly sensitive to temperature. *Global Change Biology*, 26(6), 3677–3688. <https://doi.org/10.1111/gcb.15097>

Li, H., Zhu, H., Wei, X., Liu, B., & Shao, M. (2021). Soil erosion leads to degradation of hydraulic properties in the agricultural region of Northeast China. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 314, 107388. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107388>

Ma, S., Wang, L.-J., Jiang, J., & Zhao, Y.-G. (2024). Land use/land cover change and soil property variation increased flood risk in the black soil region, China, in the last 40 years. *Environmental Impact Assessment Review*, 104, 107314. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2023.107314>

Momesso, L., Crusciol, C. A. C., Bossolani, J. W., Moretti, L. G., Leite, M. F. A., Kowalchuk, G. A., & Kuramae, E. E. (2022). Toward more sustainable tropical agriculture with cover crops: Soil



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



microbiome responses to nitrogen management. *Soil and Tillage Research*, 224, 105507.
<https://doi.org/10.1016/j.still.2022.105507>

Ortega Molina, L. F., León Peláez, J. D., & Villegas Palacio, J. C. (2014). *Evaluación comparativa del papel de diferentes coberturas vegetales sobre algunos servicios ecosistémicos en los Andes colombianos*. Universidad Nacional de Colombia.

R Core Team. (2021). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing.

Torabian, S., Farhangi-Abriz, S., & Denton, M. D. (2019). Do tillage systems influence nitrogen fixation in legumes? A review. *Soil and Tillage Research*, 185, 113–121.
<https://doi.org/10.1016/j.still.2018.09.006>

Umaña Mejía, D. M., Sánchez, D. I. Á., & Menjivar Flores, J. C. (2011). Fracciones de fósforo en suelos del Valle del Cauca con diferentes sistemas de cultivo de café. *Acta Agronómica*, 60(3), 269–278.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169922438008>



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Impacto del transporte a larga distancia (LRT) de aerosoles de biomasa, estimación de aportes e influencia en el cambio climático. Valle de Aburrá

Miriam Gómez-Marín¹, Maria P. Velásquez-García^{1,2,3}, K. Santiago Hernández², Angela M. Rendón²,
James A. Vergara-Correa¹ y Richard James Pope³

¹Grupo de Higiene y Gestión Ambiental, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Medellín,
Antioquia, Colombia

²Grupo de Investigación en Ingeniería y Gestión Ambiental, Universidad de Antioquia, Medellín,
Colombia

³ School of Earth and Environment, University of Leeds, Leeds, UK

Correspondencia: mgomez@elpoli.edu.co

RESUMEN

La evaluación del transporte a larga distancia (LRT) de contaminantes demuestra que múltiples fuentes pueden impactar la calidad del aire. En el Valle de Aburrá y otras ciudades del norte de Suramérica, la quema de biomasa (BB), ha sido identificada como fuente de LRT de aerosoles. Sin embargo, su impacto y caracterización aún no han sido estudiados en profundidad. Este trabajo investiga la influencia de estas fuentes en la composición química del PM_{2.5} durante eventos anuales e intraanuales con contenidos de trazadores OC1 fracción carbonosa absorbente de luz, K+ y Levoglucosan, no evaluado anteriormente en la región. Identificamos, rastreamos y caracterizamos meteorológicamente los eventos LRT y evaluamos su influencia en la concentración y composición química. Ejecutamos una Factorización de Matriz Positiva (PMF) para eventos BB, identificando una alta contribución en carbono orgánico (OC1, OC2), F⁻ y trazas de aerosoles secundarios SO₄²⁻ y NO₃. La fracción BB representa una media 11.14 µg/m³ (38%) del PM_{2.5}. Se evidencian zonas calientes como el Orinoco y el Valle Medio del Magdalena. Este estudio aporta ideas para futuros estudios de modelación del transporte químico en la región y apoya las estrategias de gestión de fuentes de contaminación internas y externas y los efectos para el Valle de Aburrá y la región.

PALABRAS CLAVE:

Quema de biomasa, trazadores, PM_{2.5}, Transporte a larga distancia (LRT)

INTRODUCCIÓN

Existe consenso global sobre los efectos negativos de la contaminación atmosférica sobre la salud, el ecosistema y el clima con evidencia científica en especial de los aerosoles finos, PM_{2.5} (partículas

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025
Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |
NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:



Estrategias para la adaptación al cambio climático

con un diámetro inferior a $2.5 \mu\text{m}$), desencadenantes de enfermedades cerebrovasculares y cardíacas, cáncer y obstrucción pulmonares e infecciones respiratorias (Xie et al., 2021; Lipp- Mann et al., 2013 ; Blanco-Becerra et al. 2014; Janssen et al. 2013; Yorifuji et al. 2013. Igualmente estudios sobre sustancias carbonosas componentes del $\text{PM}_{2.5}$ que absorben la luz en la atmósfera han evidenciado el efecto sobre el cambio climático principalmente el carbono negro (BC) (U.S-EPA, 2012) y el carbono marrón (BrC) (Andreae y Gelencser 2006), éste asociado con el humo de la fase latente de incendios forestales/quema de biomasa (Lack et al. 2013 ; Chow et.,al,2018). En el Valle de Aburrá (VA), región con un régimen de vientos de montaña y baja dispersión, se han presentado niveles que superan frecuentemente la norma colombiana del ($\text{PM}_{2.5}$), causados por quemas de biomasa (AMVA,2016; Gómez et. al, 2019). Se ha avanzado en la identificación y cuantificación del aporte de fuentes con alto potencial de calentamiento climático enfocados en la identificación de trazadores de biomasa y aporte al $\text{PM}_{2.5}$, en Europa (Querol et al., 2009) y específicamente en América Latina (ARCAL,2022), como base para la gestión de fuente. Estudios realizados en el VA (Mendez-Espinosa et al., 2020; Henao et al., 2021; Hernández et al., 2019; Rodríguez-Gómez et al., 2021; Velázquez et al.2024), han mostrado influencia del transporte a larga distancia (LRT) de aerosoles provenientes de quema de biomasa (BB-LRT) tanto en concentración como en la composición química del $\text{PM}_{2.5}$. El LRT de aerosoles influye en la composición química a lo largo de miles de kilómetros (Kaneyasuet al., 2014; Wang et al., 2015) y desempeña un papel crucial en el ciclo biogeoquímico de algunos componentes, como el polvo y aerosoles de biomasa, que distribuyen hierro y fósforo por los océanos y continentes (Okin et al., 2004; Boyd y Ellwood, 2010). Es motivante en este estudio, el análisis del impacto del LRT de la quema de biomasa (BB-LRT) en las concentraciones y composición química del $\text{PM}_{2.5}$ en especial de sus trazadores OC1 y K^+ (Singhai et al., 2017; Chow et al., 2004) frecuentes durante el año. Como resultados, Caracterizamos las condiciones meteorológicamente favorables para el transporte al valle e involucramos información de una de las mayores campañas registradas de caracterización química de $\text{PM}_{2.5}$ realizadas en el territorio (de abril de 2019 a octubre de 2022), así como mediciones in situ y productos basados en satélites. Por último, evaluamos la contribución BB por el modelo PMF, como aporte a la implementación de la política de calidad del aire y mitigación del cambio climático.

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

Para establecer la Línea Base de trazadores de quema de biomasa en el $\text{PM}_{2.5}$, se colectaron 183 muestras (fracción OC1) y Potasio (K) y Levoglucosan entre 03 abril 2019 y 10 de noviembre 2020. Se usaron equipos de bajo volumen PQ200 y alto volumen, frecuencia tres (3) muestras semanales en una zona habitacional sin influencia directa de fuentes. Los métodos químicos aplicados fueron NIOSH 5040 (TOT), ICP-MS, Cromatografía Iónica (IC) (K) y GC-MS (Bhattacharai et al. 2018). La visualización de puntos calientes y plumas de humo se realizó mediante sensor MODIS (Aqua y Terra)(columna AOD resoluciones 10 y 3 Km). Para analizar el impacto de aerosoles de biomasa por transporte a largas distancias BB-LRT, se caracterizaron las condiciones meteorológicamente favorables para el transporte, mediciones in situ y productos basados en satélites, European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF), Copernicus Atmosphere Monitoring Service



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



(CAM5), (Inness et al., 2019), version 5 of the ECMWF Reanalysis (ERA5; Hersbach et al., 2020) para datos meteorológicos y (ERA)5 y Global Precipitation Measurement (GPM). Los campos de vientos zonales y meridionales, temperatura y humedad se obtuvieron con resoluciones temporales y espaciales de 3 horas y 0,25° (aproximadamente 27 km), respectivamente y datos diarios para garantizar la coherencia con el muestreo químico. El AOD (Profundidad óptica de Aerosoles) total a 550 nm para materia orgánica (OM-AOD), se simuló usando reanálisis CAM5. El modelo Receptor PMF (EPA, 2014), fue aplicado para la estimación de aportes a partir de las observaciones de PM_{2.5} como una suma de las contribuciones de perfiles de fuentes dominantes durante diferentes eventos clasificados como LRT-BB.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La norma de calidad de aire diaria vigente en Colombia ($37 \mu\text{g}/\text{m}^3$), se superó el 09 de abril, 14 de noviembre de 2019 y 7, 10, 16, 19, 22 y 25 de marzo 2020, sin registro de eventos locales, coincidente con algunos puntos calientes, AOD, entre 0.4 y 0.7 hacia el norte y retrotrayectorias de masas de aire aportantes al PM_{2.5}, desde las zonas norte y central del país. Correlaciones directas entre trazadores (Martins Pereira et al. 2017), OC1, Levoglucosan y (K⁺) y excedencias PM_{2.5} (MADS, 2017) (Figura 1), permitieron declarar eventos asociados a quemas de biomasa y puntos calientes obtenidos por MODIS asociados a incendios, en especial el 25 de marzo de 2020, con visualización de plumas del oriente y norte de Colombia, coincidente con eventos de transporte durante la cuarentena por COVID-19 (Mendez-Espinoza et al. 2020). El 14 de noviembre de 2019, se obtuvo una relación Levoglucosan/Manosan (L/M) de 25.9, similar a valores de quema de madera dura y desechos agrícolas, según reporte en la Amazonas Brasileiro (De Olivera Alves et al. 2015; Fu et al. 2012). Esta fracción carbonosa OC1 absorbentes de luz, componente del (BrC), evidencia un efecto sobre el cambio climático global.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático

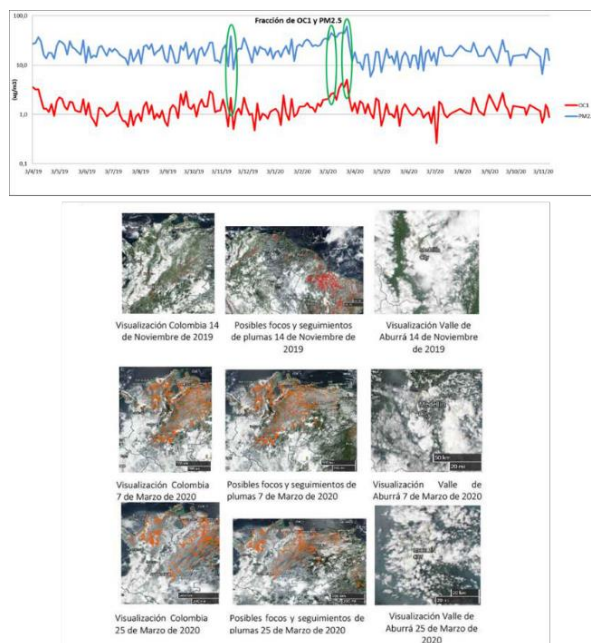


Figura 1. Fracciones OC1 y $PM_{2.5}$ ($\mu g/m^3$) e imágenes satelitales correspondientes a algunos de los picos de OC1 y $PM_{2.5}$. Abril de 2019 – Noviembre de 2020. Estación MED-BEME. Medellín, Colombia.

Fuente: Elaboración propia. Grupo GHYGAM, 2020

Valores OM-AOD mayores a 0.2, se observaron sobre la mayor parte de Colombia durante eventos de aerosoles BB (Figura 2), consistente con un alto número de focos de incendio en el norte de Sudamérica (Venezuela y Colombia). En particular, las trayectorias de retorno sugieren que gran parte de las masas de aire que llegan al VA (10 a 20 %) provienen del noreste, donde OM-AOD exhibe sus máximos superando magnitudes de 0.35.

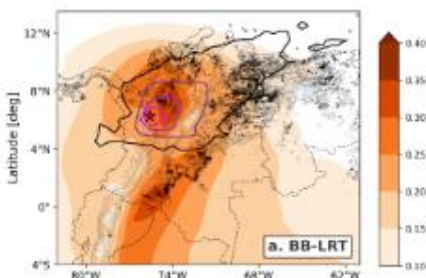


Figura 2. Distribución espacial media de OM-AOD

Fuente: Adaptado de Velázquez et al. 2024.

Se realizó un análisis local para validar la influencia de los distintos eventos en la calidad del aire local. La concentración diaria de $PM_{2.5}$ responde razonablemente a la BB-LRT identificada por OM-



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático

AOD. La Fig. 3 compara las concentraciones antes (DtE-15 a DtE-4), durante (DtE-3 a DtE3) y después (DtE4 a DtE15) de cada evento. BB-LRT registró los mayores incrementos, especialmente en DtE0. El 86.7% de los valores durante el día superan la media para el periodo de estudio ($20.25 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Además, más de la mitad de la concentración durante el DtE0, supera el doble de las directrices de la OMS (2021) para las concentraciones diarias ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$). En DtE0, las concentraciones promedio ($31.48 \mu\text{g}/\text{m}^3$) fueron significativamente más altas que los días circundantes (valor $p \leq 0.05$), prueba de Mann-Whitney.

La Figura 3, muestra las concentraciones $\text{PM}_{2.5}$ antes, durante y después de BB. La parte superior del gráfico presenta las concentraciones medias de los conjuntos de datos, con niveles de significación comparados con el pico de los datos indicados < 0.1 (*) o < 0.05 (**). Los grises más oscuros representan los eventos. Los triángulos invertidos representan la concentración media de cada día, y la línea discontinua gris, representa la media de todo el periodo de estudio. Los recuadros están delimitados por los cuartiles primero y tercero (Q1 y Q3, respectivamente). IQR: rango intercuartílico.

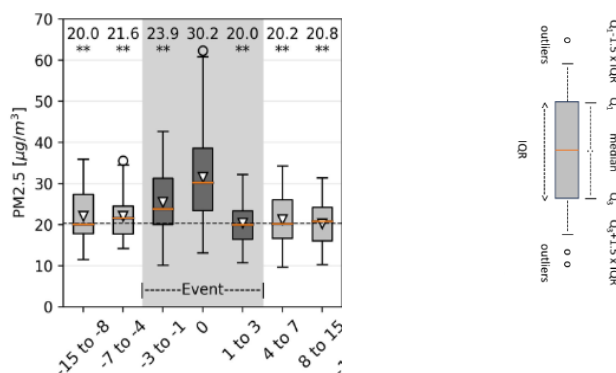


Figura 3. Concentraciones de $\text{PM}_{2.5}$ antes, durante y después de los eventos de BB

Fuente: Adaptado de Velázquez et al. 2024.

Los resultados del PMF para el BB-LRT atribuyeron la concentración a seis fuentes de emisiones: BB (37.6%), caldera de carbón (20.1%), industria cerámica (16.7%), gasolina (12.8%), Diésel (11.4%) e incineración (1.4%).

El perfil PMF del factor BB, representado en la Figura 4, se identifica por la contribución dominante ($\geq 30\%$) de las especies de OC, PyC y algunos aniones. La contribución identificada de OC1 (50.9%) y OC2 (46.1%), coincide con (Chow et al., 2004) para la quema de vegetación. La alta contribución de CyP (43.0%) respalda el perfil según (Santín et al., 2016), BB produce $\sim 50\%$ de las emisiones globales de CyP. La contribución de F^- (42.1%) respalda la identificación e hipótesis de LRT como un elemento traza con un tiempo de vida alto (Jayarathne et al., 2014), SO_4^{2-} (37.7%) y NO_3^- (22.0%), evidencian



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático

la formación de contaminantes secundarios a partir de las emisiones de BB durante el día y la noche, respectivamente (Rastogi et al., 2014).

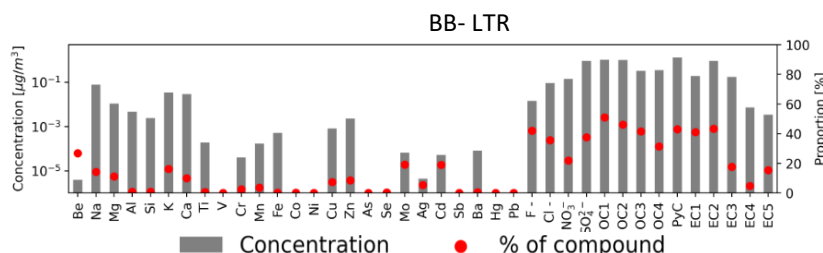


Figura 4. Perfiles de salida de PMF para evento BB-LRT. Valle de Aburrá 2019-2022. Las barras representan la concentración promedio, los puntos rojos contribución porcentual promedio a las concentraciones de elementos totales.

Fuente: Adaptado de Velázquez et al. 2024.

CONCLUSIONES

- Se identificó transporte de aerosoles de incendios desde la región norte del país y desde la Amazonía brasilera, reconociéndose la influencia de eventos regionales en diferentes periodos y aportando al mayor conocimiento de fuentes externas de emisiones atmosféricas para el Valle de Aburrá.
- Se avanzó en el análisis de Levoglucosan, no evaluado anteriormente en la región.
- Se evaluó el impacto de los aerosoles de BB- en la concentración y composición química $PM_{2.5}$ en el VA.
- Los eventos BB-LRT ocurrieron principalmente en febrero, marzo y abril, con una menor ocurrencia durante agosto.
- Los resultados del PMF identificación el perfil de la fuente externa BB-LRT : Contenidos mayoritarios (%) de OC1 y OC2, F^- y secundarios SO_4^{2-} y NO_3
- El perfil de fuentes externas BB-LRT caracterizado por fracciones carbonosas absorbentes de luz de tonalidad marrón (BrC) y validado por los trazadores OC1 y OC2 presentes en el $PM_{2.5}$, evidencia extraemisiones de vida corta de efecto de invernadero en el Valle de Aburrá.
- Los hallazgos soportan futuras investigaciones sobre los planes de gestión del cambio climático que deben incluir fuentes externas o extraemisiones de sustancias con impacto potencial de calentamiento superior a los Gases de efecto de Invernadero GEI.

REFERENCIAS

ARCAI. Evaluación de Componentes de Aerosoles Atmosféricos en Áreas Urbanas, para Mejorar La Gestión de La Contaminación del Aire y de Cambio Climático. Informe Técnico Proyecto RLA7023, 2022.

AMVA. Presentación del plan operacional de episodios críticos de contaminación Atmosférica- POECA en el marco del plan de descontaminación del Valle de Aburrá." Medellín - Colombia, 2016.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Andreae, M. O., and A. Gelencser. Black carbon or brown carbon? The nature of light-absorbing carbonaceous aerosols. *Atmospheric Chemistry and Physics* 6:3131–48, 2006. doi:10.5194/acp-6-3131-2006.

Bhattarai, H., Saikawa, E., Wan, X., Zhu, H., Ram, K., Gao, S., ... Cong, Z. Levoglucosan as a tracer of biomass burning: Recent progress and perspectives. *Atmospheric Research*, 220(November 2018), 20–33, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2019.01.004>.

Blanco-Becerra, L. C., Miranda-Soberanis, V., Barraza-Villarreal, A., Junger, W., Hurtado-Díaz, M., & Romieu, I. Effect of socioeconomic status on the association between air pollution and mortality in Bogota, Colombia. *Salud Publica de Mexico*, 56(4), 371–378. 2014. <https://doi.org/10.21149/spm.v56i4.7357>

Boyd, P. W. and Ellwood, M. J.: The biogeochemical cycle of iron in the ocean, *Nature Geoscience*, 3, 675–682, 2010. <https://doi.org/https://doi.org/10.1038/ngeo964>.

Chow, J. C., Watson, J. G., Kuhns, H., Etyemezian, V., Lowenthal, D. H., Crow, D., Kohl, S. D., Engelbrecht, J. P., and Green, M. C.: Source profiles for industrial, mobile, and area sources in the Big Bend Regional Aerosol Visibility and Observational study, *Chemosphere*, 54, 185–208, 2004. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2003.07.004>

Chow et al. Separation of brown carbon from black carbon for IMPROVE and Chemical Speciation Network PM_{2.5} samples. *Journal of the Air & Waste Management Association*. VOL. 68, No. 5, 494–510, 2018. <https://doi.org/10.1080/10962247.2018.1426653>.

De Oliveira Alves, N., Brito, J., Caumo, S., Arana, A., de Souza Hacon, S., Artaxo, P., Hillamo, R., Teinilä, K., de Medeiros, S.R.B., de Castro Vasconcellos, P. Biomass burning in the Amazon region: aerosol source apportionment and associated health risk assessment. *Atmospheric Environment*, Volume 120, 2015, Pages 277–285, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2015.08.059>.

Fu, P., Kawamura, K., Kobayashi, M., Simoneit, B.R. Seasonal variations of sugars in atmospheric particulate matter from Gosan, Jeju Island: significant contributions of airborne pollen and Asian dust in spring. *Atmos. Environ.* 55, 234–239. 2012. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2012.02.061>

Gómez, M., Ramírez, G., Yepes, D. L., Patiño, K., Grajales, D., & Velásquez García, M. P. Convenio interadministrativo 734 de 2019 (p. 262), 2020. https://www.metropol.gov.co/ambiental/calidad-del-aire/Biblioteca-aire/Estudios-calidad-del-aire/CaracterizacionMaterialParticulado_Fasell.pdf



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Henao, J. J., Rendón, A. M., Hernández, K. S., Giraldo-Ramirez, P. A., Robledo, V., Posada-Marín, J. A., Bernal, N., Salazar, J. F., and Mejía, J. F.: Differential Effects of the COVID-19 Lockdown and Regional Fire on the Air Quality of Medellín, Colombia, Atmosphere, 12, 2021. <https://doi.org/10.3390/atmos12091137>.

Hernández, K. S., Henao, J. J., and Rendón, A. M.: Dispersion simulations in an Andean city: Role of continuous traffic data in the spatio-temporal distribution of traffic emissions, Atmospheric Pollution Research, 13, 101 361, 2022. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apr.2022.101361>.

Hersbach, H., Bell, B., Berrisford, P., Hirahara, S., Horányi, A., Muñoz-Sabater, J., Nicolas, J., Peubey, C., Radu, R., Schepers, D., et al. The ERA5 global reanalysis, Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 146, 1999–2049, 2020.

Inness, A., Ades, M., Agustí-Panareda, A., Barré, J., Benedictow, A., Blechschmidt, A.-M., Dominguez, J. J., Engelen, R., Eskes, H., Flemming, J., Huijnen, V., Jones, L., Kipling, Z., Massart, S., Parrington, M., Peuch, V.-H., Razinger, M., Remy, S., Schulz, M., and Suttie, M.: 700. The CAMS reanalysis of atmospheric composition, Atmospheric Chemistry and Physics, 19, 3515–3556, 2019. <https://doi.org/10.5194/acp-193515-2019>

Janssen, N. A. H., Fischer, P., Marra, M., Ameling, C., & Cassee, F. R.). Short-term effects of PM_{2.5}, PM₁₀ and PM_{2.5-10} on daily mortality in the Netherlands. Science of the Total Environment, 463–464, 20–26. 2013. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.05.062>

Jayarathne, T., Stockwell, C. E., Yokelson, R. J., Nakao, S., and Stone, E. A.: Emissions of Fine Particle Fluoride from Biomass Burning, Environmental Science & Technology, 48, 12 636–12 644, 2014. <https://doi.org/10.1021/es502933j>, PMID: 25275955.

Kaneyasu, N., Yamamoto, S., Sato, K., Takami, A., Hayashi, M., Hara, K., Kawamoto, K., Okuda, T., and Hatakeyama, S.: Impact of long- range transport of aerosols on the PM_{2.5} composition at a major metropolitan area in the northern Kyushu area of Japan, Atmospheric Environment, 97, 416–425. 2014. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2014.01.029>.

Lack, D. A., R. Bahreni, J.M. Langridge, J. B. Gilman, and A. M. Middlebrook. Brown carbon absorption linked to organic mass tracers in biomass burning particles. Atmospheric Chemistry and Physics 13:2415–22, 2013. doi:10.5194/acp-13-2415-2013.

Lippmann, M., Chen, L.-C., Gordon, T., Ito, K., and Thurston, G. D.: National Particle Component Toxicity (NPACT) Initiative: integrated epidemiologic and toxicologic studies of the health effects of



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



particulate matter components, Research report (Health Effects Institute), p. 730. 5—13, , 2013. <http://europepmc.org/abstract/MED/24377209>.

Martins Pereira, G., Teinilä, K., Custódio, D., Gomes Santos, A., Xian, H., Hillamo, R., Alves, C. A., Bittencourt De Andrade, J., Olímpio Da Rocha, G., Kumar, P., Balasubramanian, R., De Fátima Andrade, M., & Vasconcellos, P. D. C. (2017). Particulate pollutants in the Brazilian city of São Paulo: 1-year investigation for the chemical composition and source apportionment. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 17(19), 11943–11969. <https://doi.org/10.5194/acp-17-11943-2017>.

Méndez-Espinosa, J. F., Rojas, N. Y., Vargas, J., Pachón, J. E., Belalcazar, L. C., & Ramírez, O. Air quality variations in Northern South America during the COVID-19 lockdown. *Science of the Total Environment*, 749(2), 141621, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141621>.

Okin, G. S., Mahowald, N., Chadwick, O. A., and Artaxo, P.: Impact of desert dust on the biogeochemistry of phosphorus in terrestrial ecosystems, *Global Biogeochemical Cycles*, 18. 2004. <https://doi.org/https://doi.org/10.1029/2003GB002145>.

Querol, X., Alastuey, A., Pey, J., Cusack, M., Pérez, N., Mihalopoulos, N., Theodosi, C., Gerasopoulos, E., Kubilay, N., & Koçak, M. Atmospheric Chemistry and Physics Variability in regional background aerosols within the Mediterranean. In *Atmos. Chem. Phys* (Vol. 9). 2009 . www.atmos-chem-phys.net/9/4575/2009/

Rastogi, N., Singh, A., Singh, D., and Sarin, M.: Chemical characteristics of PM_{2.5} at a source region of biomass burning emissions: Evidence for secondary aerosol formation, *Environmental Pollution*, 184, 563–569, 2014. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.09.037>.

Rodríguez-Gómez, C., Echeverry, G., Jaramillo, A., and Ladino, L. A.: The negative impact of biomass burning and the Orinoco low-level jet on the air quality of the Orinoco River Basin, *Atmosfera* (in review) , 2021. <https://doi.org/https://doi.org/10.20937/ATM.52979>.

Santín, C., Doerr, S. H., Kane, E. S., Masiello, C. A., Ohlson, M., de la Rosa, J. M., Preston, C. M., and Dittmar, T.: Towards a global assessment of pyrogenic carbon from vegetation fires, *Global Change Biology*, 22, 76–91, 2016. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/gcb.12985>, 2016.

Singhai et al., 2017) Singhai, A., Habib, G., Raman, R. S., & Gupta, T. Chemical characterization of PM_{1.0} aerosol in Delhi and source apportionment using positive matrix factorization. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(1), 445–462. 2017. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-7708-8>
U.S. Environmental Protection Agency. 2012. Report to congress on black carbon. Washington, DC: U.S. Environmental.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



U.S. Environmental Protection Agency. Report to congress on black carbon. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency, 2012. <http://www.epa.gov/blackcarbon>.

US-EPA. Positive Matrix Factorization (PMF) 5.0 Fundamentals and User Guide. [Online], 2014. Disponible en: https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-02/documents/pmf_5.0_user_guide.pdf.

Velazquez-García, M.P., Hernadez, S., Vergara, J., Pope, R., Gómez, M., Rendón, A. Assessing the influence of long-range transport of aerosols on the PM 2.5 chemical composition and concentration in the Aburrá Valley. 2024. <https://doi.org/10.5194/egusphere-2024-695>.

Wang, L., Liu, Z., Sun, Y., Ji, D., and Wang, Y.: Long-range transport and regional sources of PM2.5 in Beijing based on long-term observations from 2005 to 2010, Atmospheric Research, 157, 37–48, 2015. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2014.12.003>.

Xie, W., You, J., Zhi, C., and Li, L.: The toxicity of ambient fine particulate matter (PM2.5) to vascular endothelial cells, Journal of Applied Toxicology, 41, 713–723, 2021. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/jat.4138>.

Yorifuji, T., Kashima, S., Tsuda, T., Ishikawa-Takata, K., Ohta, T., Tsuruta, K. I., & Doi, H. Long-term exposure to traffic-related air pollution and the risk of death from hemorrhagic stroke and lung cancer in Shizuoka, Japan. Science of the Total Environment, 443, 397–402, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.10>



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Lineamientos para el desarrollo del sector de los hidrocarburos en clave de transición, soberanía y sostenibilidad. Caso de estudio República Dominicana

AUTORES

Escobar, J. F. (Ph.D.), Universidad de Antioquia. john.escobar@udea.edu.co

Rosario, Gregorio. (Phd), Refidomsa. Gregorio.rosario@refidomsa.com.do

Zarate, German (Esp). Ingenii consultants. operaciones@ingeniiconsultants.com.co

Ocampo, Alonso (Msc). Gastim Technologies SAS. Alocampo01@gmail.com

Martínez, Carlos D. (Esp). ANH. Carlos.martinezm@anh.gov.co

RESUMEN

La República Dominicana desarrolla actualmente las indagaciones y alianzas estratégicas que le permitan gestionar sus recursos hidrocarburíferos de manera soberana, rentable y sostenible, en un contexto de transición energética global. A pesar de que en este país caribeño la exploración de hidrocarburos comenzó a principios del siglo XX identificando diversas zonas con potencial hidrocarburífero en las cuencas de Cibao Oriental, Azua, Enriquillo y San Pedro de Macorís, hoy en día la República Dominicana carece de un marco normativo y fiscal actualizado para gestionar de manera eficiente la reactivación del sector de exploración y explotación de los hidrocarburos.

En un contexto donde los hidrocarburos están en la recta final de su predominio en la matriz energética mundial, esta iniciativa destaca la importancia de gestionar este recurso energético de manera estratégica para soportar la transición hacia otras fuentes de energía renovable, en las cuales la República Dominicana tiene un gran potencial, especialmente en lo referente a la energía solar y eólica, dado que los ingresos del sector de los hidrocarburos pueden acelerar esta transición y reducir la dependencia de importaciones, garantizando la estabilidad económica y energética de los diferentes sectores productivos de la nación.

Sin embargo, el desarrollo de una industria nacional de hidrocarburos debe buscar combinar tempranamente los conceptos de sostenibilidad ambiental, eficiencia económica y soberanía energética, conceptos estos que muchas veces pueden estar en conflicto sino se abordan desde una perspectiva endógena, con un complemento fuerte de la capacidad instalada y la adopción de las mejores prácticas de innovación y sostenibilidad disponibles hoy en día.

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025

Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |

NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



PALABRAS CLAVE:

Sostenibilidad, Hidrocarburos, Transición energética, Soberanía, Regulación ambiental

INTRODUCCIÓN

La República Dominicana, posee al menos 5 cuencas promisorias en el área insular que albergan diversas locaciones que fueron exploradas o explotadas en décadas pasadas. Sin embargo, muchas de estas infraestructuras han quedado inactivas y, en algunos casos, huérfanas. Esta situación presenta una oportunidad única para evaluar el potencial de reactivación de estos pozos o, en su defecto, planificar un cierre controlado. No obstante, la falta de un inventario consolidado de estas infraestructuras subraya la necesidad de crear un gran banco de información georreferenciada para identificar, proteger, clasificar y gestionar estos activos de manera efectiva.

La inspección y registro de cada uno de estos activos es un proceso fundamental que requiere un levantamiento técnico exhaustivo. Este levantamiento debe incluir una evaluación detallada de las características estructurales, el estado de las facilidades en superficie y afectaciones del entorno. Igualmente, es esencial identificar las características y prioridades de los fluidos emergentes, incluyendo petróleo, gas y agua, así como determinar el nivel de deterioro y detectar posibles fugas de hidrocarburos o gases a la atmósfera.

Otro gran desafío por enfrentar es la falta de sistematización y registro adecuado de la información geológica y geofísica, lo que dificulta el acceso a datos relevantes y genera incertidumbre sobre su calidad y validez. Actualmente, parte de la información disponible en repositorios nacionales o en posesión de Refidomsa, requieren una reinterpretación técnica desde la perspectiva de la ingeniería de yacimientos y la ingeniería de petróleos, de acuerdo con los estándares de productividad y sostenibilidad que rigen a la industria en la actualidad.

Por lo anteriormente argumentado es imperativo incrementar el acervo de información técnica disponible, ya que esto es esencial para la toma de decisiones informadas y para avanzar hacia una gestión pública soberana y sostenible que contribuya a la independencia energética del país. En consecuencia, este proyecto busca construir una hoja de ruta que permita acopiar los conocimientos más avanzados, las mejores prácticas y la cooperación entre países del Caribe para la reactivación del sector de la explotación y producción de hidrocarburos en la República Dominicana.

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

Este proyecto se fundamenta en la revisión retrospectiva crítica de estudios y datos técnicos existentes, análisis preliminares de información histórica, investigaciones de campo y el desarrollo de preguntas de investigación para cerrar brechas de conocimiento, en búsqueda de una base de conocimientos sólida que permita establecer una hoja de ruta que impulse la reactivación del sector de hidrocarburos en República Dominicana, por tanto, los pasos mínimos a ser abordados son:



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



1. Análisis Preliminar de Información Disponible

La Unidad Especializada dispuesta por Refidomsa para el proyecto en mención, desarrollo en 2023 la síntesis documental denominada “Reconstrucción de la Historia Termal de las Cuencas Sedimentarias de la República Dominicana” que contiene los datos geológicos, geoquímicos y sísmicos de pozos en las cuencas de Azua, Enriquillo, San Juan y el Cibao (Oriental y Occidental), y proporciona una línea base para la identificación de estructuras prospectivas.

2. Estimaciones Volumétricas y Potencial de Producción

Posteriormente, y basándose en esta información secundaria, se realizaron estimaciones de volúmenes in situ y recuperables de petróleo para las cuencas estudiadas. La calibración de datos sísmicos con registros eléctricos en estructuras de baja arcillosidad y saturación de agua inferior al 50% arrojó un volumen P50 de 467 millones de barriles (MMBls) in situ, con aproximadamente 70 MMBls recuperables. Las cuencas de Enriquillo y Cibao Occidental evidenciaron mayor potencial prospectivo, configurándose como zonas prioritarias para el desarrollo.

3. Investigaciones y Observaciones de Campo

Se realizaron visitas de campo en las áreas de Maleno e Higüerito, en la cuenca de Azua, donde se observaron flujos de líquidos y gas metano en pozos abandonados y manaderos de petróleo altamente meteorizados. Estos datos coinciden con los registros eléctricos de pozos, lo que indica la posible presencia de hidrocarburos. En la cuenca del Cibao, se reportaron verbalmente altos volúmenes de producción de gas en pruebas anteriores, sugiriendo un importante potencial exploratorio.

Reducción de Incertidumbres y Planificación de Actividades

Para disminuir la incertidumbre geológica, se consolidará una base de datos que integre la información de pozos y sísmica, priorizando las cuencas con mayor potencial de producción comercial. Se prevé, en próximas etapas, la adquisición de nueva información sísmica y la reinterpretación de datos existentes. Además, en la cuenca de Azua, se sugiere evaluar los pozos de Maleno e Higüerito para determinar su viabilidad de reactivación y realizar pruebas de flujo y caracterización de fluidos, alineando estos resultados con los estándares SPE-PRMS para optimizar la información conducente a un conocimiento básico de las posibles reservas.

Reinterpretación de Información Previa

Se hizo una recopilación documental sobre la infraestructura e información histórica sobre los hidrocarburos del país. Se consultaron registros de pozos inactivos, informes de inspección y documentación de intervenciones previas para ubicar áreas de alta concentración de infraestructura y determinar los puntos críticos a revisar. La antigüedad, la última actividad registrada y el historial de intervenciones son factores clave para planificar la logística y asignar recursos a los sitios prioritarios.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Planificación y Diseño de inspecciones de Campo

Con la información preliminar, se diseñaron rutas para las visitas de campo, abarcando áreas de interés prioritarias. La planificación logística incluye la organización de los equipos técnicos, vehículos y herramientas de medición, como cámaras, drones, GPS y sensores de gases y temperatura. Las rutas se organizan considerando factores climáticos, accesibilidad y disponibilidad de recursos, lo que garantiza inspecciones eficientes y seguras. También se elaboraron cronogramas para coordinar el tiempo de desplazamiento, inspección y reporte.

Georreferenciación y Herramientas de Recolección de Datos

Se emplearán sistemas GPS y herramientas de registro de coordenadas para georreferenciar cada infraestructura inspeccionada. Toda la información de coordenadas y atributos fue registrada en una base de datos para facilitar el análisis geoespacial y su visualización en sistemas de información geográfica (SIG). Esto permite una caracterización precisa de las estructuras y facilita la planificación de intervenciones futuras.

La información recopilada se dispone en una base de datos georreferenciada, identificando áreas prioritarias y definiendo objetivos y estrategias por zonas. La información recolectada está estructurada en una escala 1:25,000, complementada con topografía satelital y de coberturas. También se registraron coordenadas de cierres perimetrales y track logs de campo mediante GPS y Ground Control Points (GCP) para enriquecer la base de datos.

Comunicación con Comunidades Locales

Antes de iniciar los recorridos de campo, se contacta a las comunidades cercanas a los puntos de inspección para obtener asistencia en el acceso a las áreas y recopilar información sobre la actividad hidrocarburífera local. Esta comunicación permite recolectar datos relevantes de comportamientos ambientales, eventos relacionados con pozos y la infraestructura, y percepción de la comunidad.

Propuesta de una Hoja de Ruta para la Reactivación del Sector

Con los datos preliminares y observaciones de campo, se plantea un enfoque escalonado para establecer los objetivos de desarrollo del sector hidrocarburos en la República Dominicana. Los ejes prioritarios incluyen la evaluación de recursos y capacidades, el diseño de un marco regulatorio ambiental y social, y la implementación de un modelo fiscal y contractual sostenible. Estos elementos se integran en una estrategia de largo plazo que combina la sostenibilidad ambiental y la eficiencia económica para garantizar una industria de hidrocarburos responsable y rentable en el país.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

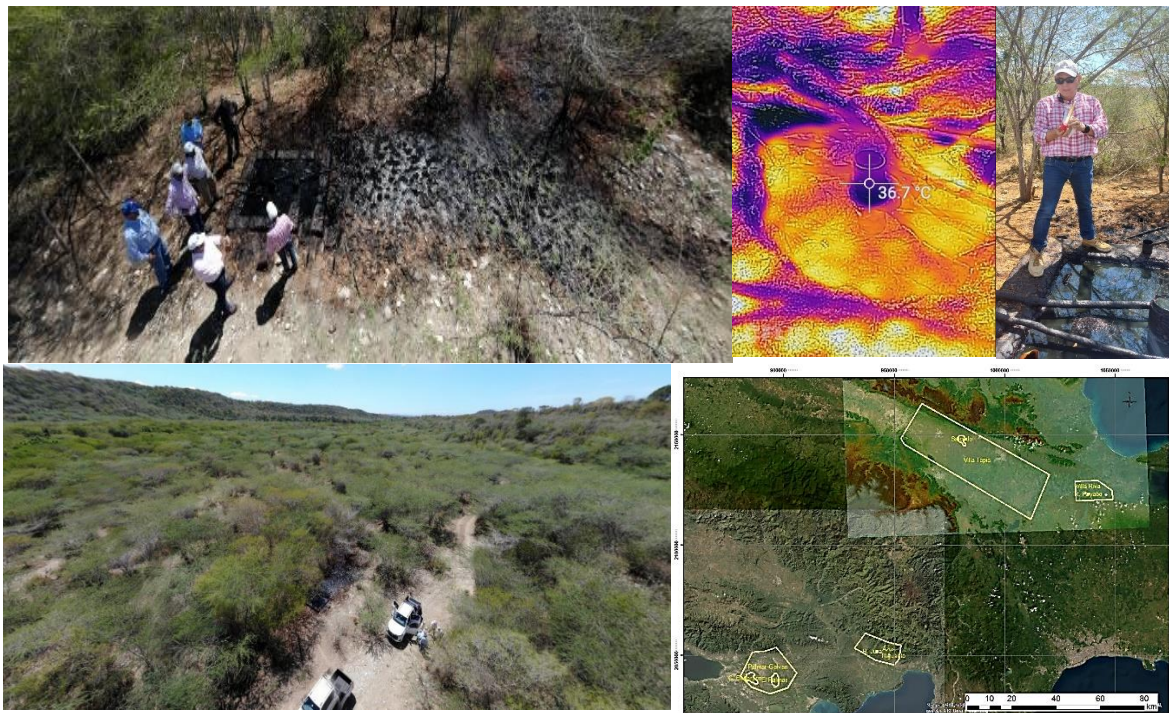


Figura 1. Pesquisas de campo de locaciones, fluidos y activos y su relación con la geoforma regional usando técnicas de visión de paisaje 360 e imágenes de satélite.

Las investigaciones de campo y las interacciones presenciales han permitido diseñar y avanzar en los ejes operativos que permitirán el relanzamiento del sector de hidrocarburos en la República Dominicana, a saber:

Oportunidad de Relanzamiento: La existencia de pozos inactivos y huérfanos representa una valiosa oportunidad para relanzar el sector de hidrocarburos, aprovechando la infraestructura existente y desarrollando un plan de acción que sistematice la información y diseñe proyectos que fortalezcan el conocimiento sobre los recursos estratégicos.

Sistematización de Información: Implica la creación de una base de datos georreferenciada que compile información técnica y geológica sobre pozos y áreas prospectivas. Esta base será fundamental para compartir datos con entidades públicas y fomentar asociaciones público-privadas.

Pruebas Preliminares y Nuevas Adquisiciones Sísmicas: Es vital realizar pruebas preliminares en locaciones específicas para evaluar el potencial productivo y, paralelamente, llevar a cabo proyectos



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



de adquisición de nueva información sísmica para reducir incertidumbres geológicas y mejorar la identificación de reservorios.

Fortalecimiento de Capacidades Técnicas: Es esencial capacitar al personal involucrado en el sector, así como a las entidades estatales encargadas de la regulación, para asegurar una gestión eficiente y sostenible de los recursos hidrocarburíferos, estableciendo un marco normativo adecuado para el desarrollo del sector.

CONCLUSIONES

Los Hidrocarburos como soporte a la Transición Energética: Los hidrocarburos ambientalmente responsables y carbononeutros pueden desempeñar un papel crucial en la transición energética, actuando como un puente entre la producción tradicional y modelos más sostenibles. Al adaptarse a regulaciones de bajas emisiones y promover prácticas de producción responsables, el sector puede facilitar la integración de tecnologías limpias.

Integración de Economías Circulares: La adopción de economías circulares en el sector energético maximiza la eficiencia en el uso de recursos y minimiza residuos. Este enfoque no solo mejora la competitividad de las empresas, sino que también impulsa la creación de nuevos modelos de negocio sostenibles, integrando la generación de energía renovable y la captura de carbono, lo que refuerza la transición hacia un sistema energético más sostenible.

Importancia de la Investigación y Capacitación: La investigación aplicada y el desarrollo de talento humano son fundamentales para implementar efectivamente la transición energética. Al fortalecer la capacidad instalada y promover la gobernanza de los recursos, el sector energético puede optimizar sus procesos, asegurar la sostenibilidad de la producción y reducir significativamente el impacto ambiental asociado a sus operaciones.

REFERENCIAS

Refidomsa (2024). Reconstrucción De La Historia Termal De Las Cuencas Sedimentarias De La República (Informes 1,2 y 3). Unidad I+D para la Exploración y Explotación de Petróleo y Gas. Refidomsa, edición impresa. ISBN: 978-9945-8930-9-0. Impreso en Santo Domingo, República Dominicana

Escobar, J.; Naranjo, D.; Lopera, S.; Quiroz, O.; Ocampo, A.; 2023. Chapter "Aquifer Management in Hydrocarbon Exploitation Operations". In: Groundwater - New Advances and Challenges. Jamila Tarhouni. ISBN: 978-1-80355-484-6; Print ISBN: 978-1-80355-483-9. URL: <http://www.intechopen.com/books/groundwater-new-advances-and-challenges>

Andrade M.G., Donado L. D., Escobar J.F., García M., Muñoz, M.R., Neslin, D., Manzano, O., Rosselli D.A., Ruiz J.P., Salazar N., Vargas C.A., Yoxtheimer D. & Zamora J.A. (2020). Efectos ambientales

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025
Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |
NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



(bióticos, físicos y sociales) y económicos de la exploración de hidrocarburos en áreas con posible despliegue de técnicas de fracturamiento hidráulico de roca generadora mediante perforación horizontal. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Colección Memorias No. 16, 224pp. Bogotá. ISBN: 978-958-52796-1-2

Escobar John. Fracturamiento hidráulico y gestión de acuíferos: la coyuntura del fracking en Colombia. Revista Experimenta. Número 12/2020. Universidad de Antioquia (ISSN 0124-0854). P: 4-9



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Aprovechamiento de arenas recicladas de RCD para el uso en morteros y concretos sostenibles

AUTORES

Natalia Valderrama Ochoa, Politécnico Jaime Isaza Cadavid
nataliavalderrama@elpoli.edu.co

RESUMEN

Por medio de esta investigación se evalúa el uso de arenas recicladas a partir de residuos de construcción y demolición (RCD) para la elaboración de morteros y concretos sostenibles, con el fin de determinar si las arenas recicladas pueden sustituir, en un porcentaje establecido o completamente, las arenas naturales, sin afectar significativamente las propiedades mecánicas de las mezclas. Los resultados mostraron que es posible reemplazar hasta el 100% de la arena natural por arena reciclada, obteniendo resistencias a la compresión de hasta 21 MPa, lo que se encuentra dentro de los parámetros requeridos para aplicaciones estructurales. Este aprovechamiento de arenas recicladas para la elaboración de morteros y concretos, contribuye a la reducción del impacto ambiental de la construcción al disminuir la extracción de recursos naturales, disminuir la disposición final de residuos en escombreras y promover la economía circular dentro de uno de los sectores que mayores impactos ambientales causa.

PALABRAS CLAVE:

Arena reciclada, Aprovechamiento, Concreto.

INTRODUCCIÓN

La industria de la construcción es uno de los sectores que más recursos naturales consume, dentro de ellos el material que más se consume es la arena para la elaboración de morteros y concretos, lo que tiene como consecuencia la sobreexplotación de recursos naturales no renovables, afectando ecosistemas (Martín-Morales et al., 2011).

Uno de los principales desafíos ambientales es el manejo de los residuos de construcción y demolición (RCD), según datos de la Agencia Internacional de Energía (IEA, 2020), la construcción es responsable de aproximadamente el 40% del consumo global de materiales y genera un 30% del total de los residuos sólidos en las ciudades a nivel mundial.

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025
Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |
NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Aproximadamente entre el 60 y 70% de estos RCD se compone de concreto y otros materiales pétreos que, normalmente terminan en escombreras sin ningún proceso de reutilización, aprovechamiento o valorización (Kou & Poon, 2012). La problemática radica en encontrar alternativas que, alineadas con la normativa ambiental para la gestión integral de residuos de construcción, permitan realizar un aprovechamiento y valorización de los RCD antes de considerar su disposición final en escombreras. En este contexto, el uso de arenas recicladas provenientes de la transformación de RCD es una muy buena opción, que se ha usado en diferentes países, para reducir la dependencia de arenas naturales en la fabricación de materiales de construcción.

Sin embargo, es necesario investigar si las arenas recicladas pueden sustituir totalmente a las arenas naturales sin comprometer las propiedades técnicas de los morteros y concretos, particularmente en lo que respecta a la resistencia a la compresión, que es un parámetro clave para aplicaciones estructurales.

Varios estudios, incluyendo la Norma Técnica Colombiana NTC 6421, han abordado el uso de agregados gruesos reciclados en la producción de concreto, demostrando que es posible obtener concretos con propiedades mecánicas aceptables al reemplazar parcialmente los agregados naturales por reciclados (Silva et al., 2014; Poon et al., 2017). Sin embargo, el uso de arenas recicladas en lugar de arenas naturales ha recibido menos atención, y los estudios existentes se han centrado principalmente en reemplazos parciales. Por ejemplo, Zega y Di Maio (2011) encontraron que reemplazar hasta un 50% de la arena natural por arena reciclada en morteros no compromete significativamente su resistencia a la compresión. Otros estudios han mostrado que la trabajabilidad de las mezclas puede verse afectada con el aumento del porcentaje de arena reciclada, aunque con el uso de aditivos se puede mejorar esta característica (Li et al., 2020). A pesar de estos avances, la sustitución completa (100%) de la arena natural por arena reciclada sigue siendo un tema de investigación emergente, ya que se desconoce si esta proporción afectaría negativamente las propiedades mecánicas y la durabilidad del concreto.

Este proyecto contribuye de manera significativa al conocimiento sobre el reciclaje, aprovechamiento y valorización de RCD, específicamente en el uso de arenas recicladas para la fabricación de morteros y concretos. La investigación no solo demuestra que es viable sustituir el 100% de la arena natural por arena reciclada, sino que también aporta datos sobre las propiedades mecánicas resultantes, en especial la resistencia a la compresión. De esta manera, el estudio proporciona una solución técnica para reducir el uso de recursos naturales no renovables y promoviendo la economía circular dentro de la industria, como lo indican Silva et al. (2017), el aprovechamiento de los residuos de concreto no solo reduce la cantidad de residuos en los vertederos, sino que también disminuye la demanda de extracción de materiales vírgenes. Asimismo, estudios recientes han demostrado que el concreto fabricado con agregados reciclados puede alcanzar resistencias mecánicas comparables a las de los concretos convencionales, siempre y cuando se optimicen los procesos de dosificación y curado (Poon et al., 2017).



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Este trabajo se enmarca en investigaciones anteriores que han explorado el uso de arenas recicladas en porcentajes de hasta 50%, ampliando el enfoque hacia la sustitución completa y analizando sus implicaciones mecánicas y ambientales. El objetivo principal de esta investigación es evaluar la viabilidad técnica del uso de arenas recicladas provenientes de RCD como sustituto de las arenas naturales en la fabricación de morteros y concretos, enfocándose en analizar la resistencia a la compresión de las mezclas y su aplicabilidad en aplicaciones estructurales. Asimismo, se busca cuantificar el impacto ambiental positivo que podría generar el uso de estas arenas recicladas, contribuyendo a la reducción de residuos y a la conservación de los recursos naturales.

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

Instrumentos, herramientas y materiales utilizados

- **Trituradora de residuos de concreto:** Utilizada para triturar RCD y obtener arenas recicladas.
- **Tamizadora mecánica:** Herramienta utilizada para realizar el análisis granulométrico de las arenas recicladas y naturales, asegurando que cumplan con los requisitos para ser utilizadas en mezclas de concreto según la NTC 174 y NTC 2240.
- **Prensa hidráulica:** Dispositivo utilizado para realizar los ensayos de resistencia a la compresión.
- **Probetas cilíndricas:** Moldes de 100 mm x 200 mm utilizados para preparar las probetas.
- **Horno de secado:** Utilizado para secar los agregados.
- **Mezcladora:** Utilizada para generar una mezcla homogénea de concreto o mortero.
- **Cemento Portland tipo I:** Cementante de las mezclas
- **Arenas recicladas:** Provenientes del triturado de RCD, libres de contaminantes como yeso, madera, plásticos o metales.
- **Arenas naturales:** Utilizadas como referencia para las mezclas de control
- **Agua potable:** Utilizada en todas las mezclas.
- **Aditivos químicos (plastificantes y reductores de agua):** Empleados en las mezclas para mejorar su trabajabilidad.

Procedimiento experimental

1. **Preparación de las arenas recicladas:** Los RCD son triturados y pasados por tamices hasta obtener una granulometría adecuada para su uso en morteros y concretos, cumpliendo con la normativa.
2. **Diseño de mezclas:** Se diseñaron cuatro mezclas de concreto y mortero, variando el porcentaje de arena reciclada en lugar de la arena natural (0%, 20%, 60% y 100%). Todas las mezclas se elaboraron con una relación agua/cemento de 0.5.
3. **Fabricación de probetas:** Las mezclas se vertieron en moldes cilíndricos de 100 mm x 200 mm para el concreto y en moldes cúbicos de 50 mm x 50 mm para los morteros. Estas probetas fueron desmoldadas después de 24 horas y colocadas en tanques de curado con agua a temperatura controlada.
4. **Curado de probetas:** Las probetas fueron curadas durante 7, 14 y 28 días para garantizar un desarrollo completo de la resistencia antes de ser sometidas a los ensayos de compresión.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



5. **Ensayos de resistencia a la compresión:** Siguiendo la norma NTC 673, las probetas fueron sometidas a ensayos de compresión utilizando una prensa hidráulica. Se registraron los valores máximos de carga para calcular la resistencia a la compresión de cada mezcla.
6. **Análisis de trabajabilidad:** Además de los ensayos de compresión, se realizó un análisis de trabajabilidad mediante el ensayo de asentamiento para verificar cómo la adición de arenas recicladas afectaba la facilidad de manejo de las mezclas frescas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados muestran que las mezclas de concretos con hasta **100% de arena reciclada** alcanzaron resistencias a la compresión de hasta **21 MPa**, cumpliendo con los requisitos estructurales para diversas aplicaciones.

Edad (días)	Diám. (mm)	Área (mm ²)	Resistencia nominal (MPa)	Carga Máxima (kN)	Resistencia			Forma de falla	Observaciones
					kg/cm ²	MPa	%		
28	100	7854	21	175,57	228,0	22,4	106,4	2	Densidad (Kg/m3) : 2,474
28	100	7854	21	171,97	223,3	21,9	104,3	2	Densidad (Kg/m3) : 2,414

- Las mezclas con **20%, 60% y 100%** de arena reciclada alcanzaron resistencias satisfactorias a los **28 días**, con la mezcla de 100% de arena reciclada logrando una resistencia de **21 MPa**.
- Estos resultados son comparables con los obtenidos utilizando arenas naturales, lo que confirma la viabilidad técnica de las arenas recicladas para su uso en concreto estructural de baja a media resistencia.
- Se observó una leve disminución en la trabajabilidad en las mezclas con mayores proporciones de arena reciclada, debido a las características físicas del material reciclado. Sin embargo, el empleo de aditivos plastificantes puede mejorar esta propiedad sin afectar la resistencia.
- La incorporación de arenas recicladas ofrece importantes beneficios ambientales, al reducir la demanda de recursos naturales no renovables y minimizar la cantidad de RCD llevados a escombreras. Esta práctica contribuye directamente a la implementación de estrategias de economía circular en la construcción (Silva et al., 2017).

CONCLUSIONES

Los resultados de esta investigación demuestran que es posible sustituir hasta el 100% de la arena natural por arenas recicladas en la producción de morteros y concretos. Este hallazgo representa un avance significativo para la industria de la construcción, al permitir una mayor sostenibilidad en la gestión de los RCD y promover la economía circular en la fabricación de nuevos materiales.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



REFERENCIAS

Kou, S. C., & Poon, C. S. (2012). Enhancing the durability properties of concrete prepared with coarse recycled aggregate. *Construction and Building Materials*, 35, 69-76.

<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.03.013>

Li, J., Xiao, H., & Zhou, Y. (2020). Influence of recycled fine aggregates on the performance of cementitious mixtures. *Journal of Cleaner Production*, 258, 120942.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120942>

Martín-Morales, M., Zamorano, M., Ruiz-Moyano, A., & Valverde-Espinosa, I. (2011). Use of recycled aggregates from construction and demolition to produce ready-mixed concrete: The effect of content and particle size distribution on concrete strength. *Construction and Building Materials*, 25(5), 2022-2030. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2010.11.039>

Poon, C. S., Shui, Z. H., & Lam, L. (2017). Effect of microstructure of ITZ on compressive strength of concrete prepared with recycled aggregates. *Construction and Building Materials*, 18(6), 461-468.

<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.12.016>

Silva, R. V., de Brito, J., & Dhir, R. K. (2014). Properties and composition of recycled aggregates from construction and demolition waste suitable for concrete production. *Construction and Building Materials*, 65, 201-217. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.04.117>

Silva, R. V., de Brito, J., & Dhir, R. K. (2017). Availability and processing of recycled aggregates within the construction and demolition supply chain: A review. *Journal of Cleaner Production*, 143, 102-118. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.034>



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Sustainability and Minimum Viable Product: a gamble between innovation and its understanding

AUTORES

Ricardo León Isaza David, Engineering Faculty, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid,
(Colombia). rlisaza@elpoli.edu.co.

RESUMEN

In the course of recent years, we have observed an evolutionary irruption of software in different dimensions of the human being, demanding participation in social, economic, cultural, and personal spaces, through the development of solutions aimed at facilitating their dynamics and articulation. Thus, the process that involves the planning, analysis and development of a solution that satisfies a set of needs is impacted by aspects such as the speed of transformation of said needs, the dynamics of technological evolution, innovation as a turning point in the achievement of new goals, and sustainability as a guarantee in the search for a solution that not only has long-term validity, but also contributes significantly to society and the environment. It is at this point that the possibility of defining a Minimum Viable Product arises as a tool that allows validating the solution approach dimensioned for a problem, evidencing the internalization of its characteristics as a means to validate the hypotheses, significantly reducing the uncertainty about its sustainability and transforming the result from the feedback of its impact. This work is part of the partial results obtained in the construction of the doctoral degree thesis named "Model for the classification and quantification of risks linked to the definition of a Minimum Viable Product in the software industry using Machine Learning", from the analysis to the concept of sustainability in the identification and management of risks that anticipate the difficulties that may be faced during the definition of the Minimum Viable Product.

INTRODUCCIÓN

The identification of the needs to be satisfied through a software solution, commonly called requirements identification, can be understood as stated by Kasauli et. al. (2021) as a fundamental aspect of Software Development, since it allows to reference in a concrete way the criteria, characteristics and functionalities that must be evidenced in order for the software to be considered an effective solution. Thus, for Atoum et. al. (2021) the activities linked to the identification, collection and organization of information that allows to understand the needs to be satisfied, constitute in themselves a learning process of the environment in which the software will operate,

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025
Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |
NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



and in this way ^{explain} how unsatisfied needs affect its dynamics, something that is shown in agreement with what was proposed by Sagga and Sawalha (2020).

Now, Thesing et. al. (2021) contrast extensive and detailed exploration, typical of traditional development methodologies, with the expeditious and dynamic exploration, typical of agile software development methodologies. For the former, the possibility of obtaining broad and sufficient knowledge of the environment, but at the same time, limits the ability to react to sudden changes in needs or their components, is faced with understanding the particular point of interest of the need, responding quickly to its changes, but at the same time, it can limit the ability to obtain a broader view of the environment and, therefore, of the impact that the solution can have on the general environment.

Thus, the construction of a basic version of the software solution, one that covers in the simplest way the solution to the different needs identified, but still generating value to the environment where it is applied, would allow achieving a balance between the learning necessary for understanding the environment and the speed necessary to respond to the volatility of the identified requirements. Such a version would be constituted as proposed by Alonso et. al. (2021) into a Minimum Viable Product, which constitutes a tool for the generation of time-to-market solutions that validate the proposed solution, as long as it is aligned with those needs that it seeks to solve.

In essence, the construction of a Minimum Viable Product must achieve a balance between avoiding overload in an analysis and inclusion of functionalities that seek to cover all functional possibilities, as well as a superficial vision of the solution, which incompletely or incorrectly satisfies the identified needs (Zorzetti et. al., 2022).

At this point, the main question corresponds to the possibility of designing a Minimum Viable Product, which efficiently considers sustainability as part of its characteristics, mediated by the risk analysis that constitutes a commitment to its successful integration.

For Settembre et. al. (2021) then, it is risk management that would focus on amalgamating the components of this context, while the Minimum Viable Product implies the need for knowledge of the needs of its application environment. Hauschild et. al. (2020) also evoke a certain degree of uncertainty and the need for experimentation that allows aligning the risks linked to each of the fundamental pillars of sustainability: the economic, ecological and social risks associated with its life cycle. Faced with this scenario, it is possible to appreciate a growing concern for the integration of sustainability in the development of software projects, as explained by Blagu et. al. (2022), Desing (2021), Heath (2022), Becher (2021), among other authors.

From a broad perspective of the management process, the work "Success Factors in Sustainable Management of IT Service Projects: Exploratory Factor Analysis", prepared by Zaleski and Michalski



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



(2021) aims to identify success factors in the provision of IT services, regardless of their methodological approaches, but with the consideration of sustainability as a fundamental aspect. This search managed to identify four fundamental factors, derived from the coexistence of agile and traditional methodological approaches, although with a predominance in the first (factor 1) that, by worrying about and establishing guidelines on sustainability risks in development objectives (factor 2), achieve a significant contribution to the success of projects from management (factor 3) making all collaborators play a representative role (factor 4).

As such, from a more focused perspective, the work "Sustainability impact and effects analysis - A risk management tool for sustainable product development" carried out by Schulte and Knuts (2022) showed the use of a proactive risk analysis strategy on the implications of attributes or characteristics that have a potential impact on the social and economic dimensions of sustainability. This model was developed from the combination of a cause and effect analysis model with a sustainability perspective, in order to be applied during the early stages of the product innovation process.

On the other hand, Khalifeh et.al. (2020) presented in their paper "Incorporating sustainability into software projects: a conceptual framework" the development of a conceptual framework aimed at incorporating sustainability as part of the conception and gathering of the requirements of the software solution, and the management of the risks that its inclusion entails within the project. This analysis converges on the fact that many of the sustainability inclusion models consider only two of its three dimensions, leaving one side of the analysis with a wide space of uncertainty, and therefore, with a high level of risk, materializable throughout the development process or useful life of the solution.

Contributions such as those presented by Groher and Weinreich (2017), entitled "An Interview Study on Sustainability Concerns in Software Development Projects", by Zetterlund et.al. (2016) in their proposal "Implementation Potential of Sustainability-oriented Decision Support in Product Development", by Baroniené and Zirgutis (2016) in their case study "Management decisions for sustainable development: Medical Software case study", by Durdik et. al. were also explored and analyzed. (2012) in their study "Sustainability guidelines for long-living software systems", among others, which, although they had a somewhat distant publication date, showed important considerations on sustainability as a fundamental part of the risk analysis that must be carried out to guarantee the reliability of the developed solution even before it is released to the market.

Starting from a theoretical perspective, for Penzestadler et. al. (2012) sustainability is a dimension of growing importance within the software development process. By definition, for Cavagnaro and Curiel (2022) a sustainable product is one that incorporates practices and benefits that allow it to positively impact three different aspects: social, economic and environmental, adding to these the



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



political and institutional sector, according to the approach of Manioudis (2022), and finally, adding the technological sector, as specified by Omri (2020).

In the case of software development, Rugerio (2021) stipulates that the concept of sustainability is based on the possibility of devising a solution whose impact on the environment is minimal (e.g., from moderate consumption of energy and resources), which has a positive social impact, and whose possibility of adaptation and improvement in the medium and long term is profitable and technologically viable.

Now, Wolfram et. al. (2017) and Aljarallah et. al. (2019) delve into the consideration of sustainability as a fundamental part of the software solution, and therefore, as part of a definition of requirements that allows identifying the key aspects that will be part of it, responding to concerns related to: What problem is sought to be solved? What are the key functionalities that must be included? What restrictions must be considered? What environmental, financial and social risks can be identified? What probability of occurrence and impact can these risks present? And it is precisely the vision of generating a version that only contains the essential aspects of the solution to the needs raised, which would give way to the construction of a Minimum Viable Product, which, as proposed by Diaz et. al. (2021) is taken as an evolutionary presentation of versions with only the minimum functionalities necessary to achieve a validation of the solution hypothesis.

In itself, as a result of the search for guidelines that would allow establishing the possibility of designing a Minimum Viable Product that considers sustainability as part of its characteristics, it was necessary to find a balance between the need to deliver a quick solution to the needs found, ensuring viability, scalability and maintainability in the short, medium and long term.

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

The research process for the development of the doctoral degree thesis follows a combination of descriptive and correlational approaches, in accordance with what was proposed by Arias (2012).

Firstly, based on the general hypothesis, it is considered descriptive since it aims to characterize a fact, with the objective of establishing its structure or behavior. It is based on a literary compendium that allows describing its main components.

Now, it is understood as correlational since it seeks to establish the relationship between the different components that constitute the object of study, allowing to establish a joint behavior or impact, although without specifically defining a relationship of pure causality.

To do this, three phases of work are structured. Firstly, the characterization of the structure of a Minimum Viable Product is sought, based on the dynamics of its composition and the need to satisfy sustainability requirements. Secondly, the definition of a risk structure applicable to the



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



development of a Minimum Viable Product is discussed, as well as its impact on the general scheme of the critical path. Thirdly, the structuring of a dynamic risk assessment model is proposed, which will allow the measurement of the impact on the different dimensions of the development process.

Thus, this construction is an integral part of the results obtained in the first phase of the research work.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

After validating the way in which different authors consider sustainability as a fundamental part of the analysis and design that must be carried out for the construction of a Minimum Viable Product in force over time, it is possible to identify seven characteristics that would allow the evidence of an analysis mediated by the identification of the risks that take place.

Firstly, the construction must prioritize the identification of the essential aspects that allow the solution of the problem, avoiding aspects that add complexity unnecessarily. As an important aspect in sustainability, it is necessary to validate that the design rests on a flexible architecture, which allows scalability and updating without requiring overly complex processes of adaptation, restructuring or technological substitution.

Secondly, although the Minimum Viable Product requires an expeditious simplicity in its construction, it is important to guarantee the quality of the construction of the code, so that its execution is clean, avoids excessive consumption of resources, and minimizes the possible technical debt that brings with it difficulties in the optimization, maintenance and evolution of the code.

Thirdly, and as a consequence of the previous item, it is necessary to establish a plan for refining and optimizing the code generated during the evolutionary phases of the Minimum Viable Product, in order to correctly direct the solution to the possible technical shortcuts that could arise from the partial incorporation of functionalities or the alteration of the inventory of functionalities, either by inclusion or exclusion of the same.

Fourthly, and in order to guarantee the maintainability of the solution, it is necessary that, starting from the design, the construction of the Minimum Viable Product obeys a modular, scalable architecture, with a high level of cohesion, but at the same time, with a low level of coupling, in this way it is possible to guarantee that any modification made to a part of the solution, impacts the rest of it as little as possible.

Fifth, and as a consequence of the previous item, it is imperative that each code segment is adequately documented, thus ensuring that any intervention that must be carried out (including a mere exploration) is correctly directed and facilitates its execution.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Sixth, the implementation of security measures in the obtaining, storage, processing and management of information is necessary as a measure to guarantee compliance with the standards and regulations necessary for the satisfactory operation of the solution, following the guidelines of ethical development and safeguarding the privacy requirements that take place for both the organization and the users.

Finally, seventh, the guarantee that the development of the Minimum Viable Product generates costs consistent with the expected business model, establishing the way in which value would be generated, and therefore, a financial balance would be achieved that would allow its availability in the short, medium and long term.

CONCLUSIONES

The partial conclusions that can be obtained from the achievement of this phase would be the following:

Addressing the different dimensions of sustainability is something that must be considered from the very conception of the Minimum Viable Product, and for this it is necessary to consider a series of questions that allow the identification of potential risks of a social, economic and environmental nature, among others.

The relationship between risk analysis and sustainability is essential in the structuring of the minimum characteristics that the proposed software solution must obey, allowing the actions to prevent and mitigate said risks to be aligned with the sustainability objectives set out in the short, medium and long term.

The internalization of the concept of sustainability within the process of defining the Minimum Viable Product occurs through the adoption of practices compatible with sustainable practices within the development process, such as the reduction in resource consumption, code optimization and the reduction of maintenance costs and scalability of the solution from a perspective of detailed documentation and reduction of the technical debt generated in each of the iterations involved in its construction.

REFERENCIAS

Alonso, S., Kalinowski, M., Viana, M., Ferreira, B., & Barbosa, S. D. (2021, September). A systematic mapping study on the use of software engineering practices to develop MVPs. In 2021 47th Euromicro Conference on Software Engineering and Advanced Applications (SEAA) (pp. 62-69). IEEE.

Al-Saqqqa, S., Sawalha, S., & AbdelNabi, H. (2020). Agile software development: Methodologies and trends. International Journal of Interactive Mobile Technologies, 14(11).



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Arias, F. G. (2012). El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica. 6ta. Fideas G. Arias Odón.

Atoum, I., Baklizi, M. K., Alsmadi, I., Ootom, A. A., Alhersh, T., Ababneh, J., ... & Alshahrani, S. M. (2021). Challenges of software requirements quality assurance and validation: A systematic literature review. IEEE Access, 9, 137613-137634.

Baronienè, L., & Žirgutis, V. (2016). Management decisions for sustainable development: medical software case study. Entrepreneurship and Sustainability Issues, 4(2), 129.

Becher, S. I., & Sibony, A. L. (2021). Confronting product obsolescence. Colum. J. Eur. L., 27, 97.

Blagu, D., Szabo, D., Dragomir, D., Neamțu, C., & Popescu, D. (2022). Offering carbon smart options through product development to meet customer expectations. Sustainability, 14(16), 9913.

Cavagnaro, E., & Curiel, G. H. (2022). The three levels of sustainability. Routledge.

Desing, H. (2021). Product and service design for a sustainable circular economy (Doctoral dissertation, ETH Zurich).

Diaz, A., Schöggel, J. P., Reyes, T., & Baumgartner, R. J. (2021). Sustainable product development in a circular economy: Implications for products, actors, decision-making support and lifecycle information management. Sustainable Production and Consumption, 26, 1031-1045.

Durdik, Z., Klatt, B., Koziol, H., Krogmann, K., Stammel, J., & Weiss, R. (2012, September). Sustainability guidelines for long-living software systems. In 2012 28th IEEE International Conference on Software Maintenance (ICSM) (pp. 517-526). IEEE.

Groher, I., & Weinreich, R. (2017, August). An interview study on sustainability concerns in software development projects. In 2017 43rd Euromicro Conference on Software Engineering and Advanced Applications (SEAA) (pp. 350-358). IEEE.

Hauschild, M. Z., Kara, S., & Røpke, I. (2020). Absolute sustainability: Challenges to life cycle engineering. CIRP annals, 69(2), 533-553.

Heath, J. (2022). The failure of traditional environmental philosophy. Res Publica, 28(1), 1-16.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Kasauli, R., Knauss, E., Horkoff, J., Liebel, G., & de Oliveira Neto, F. G. (2021). Requirements engineering challenges and practices in large-scale agile system development. *Journal of Systems and Software*, 172, 110851.

Khalifeh, A., Farrell, P., Alrousan, M., Alwardat, S., & Faisal, M. (2020). Incorporating sustainability into software projects: a conceptual framework. *International Journal of Managing Projects in Business*, 13(6), 1339-1361.

Manioudis, M., & Meramveliotakis, G. (2022). Broad strokes towards a grand theory in the analysis of sustainable development: A return to the classical political economy. *New Political Economy*, 27(5), 866-878.

Omri, A. (2020). Technological innovation and sustainable development: does the stage of development matter?. *Environmental Impact Assessment Review*, 83, 106398.

Penzenstadler, B., Bauer, V., Calero, C., & Franch, X. (2012). Sustainability in software engineering: A systematic literature review.

Ruggerio, C. A. (2021). Sustainability and sustainable development: A review of principles and definitions. *Science of the Total Environment*, 786, 147481.

Schulte, J., & Knuts, S. (2022). Sustainability impact and effects analysis-A risk management tool for sustainable product development. *Sustainable Production and Consumption*, 30, 737-751.

Settembre-Blundo, D., González-Sánchez, R., Medina-Salgado, S., & García-Muiña, F. E. (2021). Flexibility and resilience in corporate decision making: a new sustainability-based risk management system in uncertain times. *Global Journal of Flexible Systems Management*, 22(Suppl 2), 107-132.

Thesing, T., Feldmann, C., & Burchardt, M. (2021). Agile versus waterfall project management: decision model for selecting the appropriate approach to a project. *Procedia Computer Science*, 181, 746-756.

Thiele, L. P. (2024). *Sustainability*. John Wiley & Sons.

Wolfram, N., Lago, P., & Osborne, F. (2017). Sustainability in software engineering. 2017 Sustainable Internet and ICT for Sustainability (SustainIT), 1-7.

Zaleski, S., & Michalski, R. (2021). Success factors in sustainable management of IT service projects: Exploratory factor analysis. *Sustainability*, 13(8), 4457.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Zetterlund, H., Hallstedt, S., & Broman, G. (2016). Implementation potential of sustainability-oriented decision support in product development. *Procedia Cirp*, 50, 287-292.

Zorzetti, M., Signoretti, I., Salerno, L., Marczak, S., & Bastos, R. (2022). Improving agile software development using user-centered design and lean startup. *Information and Software Technology*, 141, 106718.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Diseño, desarrollo e implementación soluciones digitales en la nube basadas en big data e inteligencia artificial para optimizar y monitorear procesos de gestión de proyectos y de aprendizaje: caso Roccap¹

AUTORES

Laura Marcela Gaviria-Yepes, Centro de Comercio SENA, imgaviriay@sena.edu.co

Alixander de Jesús Gándara-Ortiz, Roccap S.A.S., projectmanager@roccap.co

Paola Andrea Quintero-Echeverri, Roccap S.A.S., director.proyectos@roccap.co

Oscar David López-Gómez, Roccap S.A.S., proyectos@roccap.co

RESUMEN

ROCCAP S.A.S. es una compañía de consultoría en investigación, desarrollo e innovación. Hoy en día poseen un Centro inteligente de Innovación y Productividad – CIIP Roccap, dedicado a la consultoría, capacitación y gestión de proyectos y procesos empresariales, que contribuyen a la creación de valor y crecimiento de sus clientes. Actualmente, la mayoría de los procesos que se ejecutan en el CIIP se llevan a cabo y se les da seguimiento de forma empírica y manual, mediante el uso de herramientas convencionales como son el correo electrónico y archivo de documentación física. Por esta razón, Roccap SAS ha evidenciado la necesidad de integrar sus procesos en un ecosistema digital que potencie exponencialmente todas las capacidades de la empresa y se constituya en un factor diferenciador para la prestación de sus servicios.

El objetivo de este proyecto es optimizar los procesos de gestión de proyectos de innovación y aprendizaje a través de la implementación de una plataforma integral que utiliza herramientas de Big Data, inteligencia artificial y Power BI para fortalecer los servicios prestados por el Centro de Inteligencia de Innovación y Productividad - CIIP.

Para el desarrollo y ejecución del presente proyecto, la compañía se basó en la metodología PMI. PMI (Project Management Institute) es la principal y más grande organización mundial dedicada a la Dirección de Proyectos. Fomenta las buenas prácticas para la gestión de proyectos en cualquier

1

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025
Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |
NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



campo de la industria o el comercio. Esta metodología está detallada en la Guía del PMBOK (Project Management Body of Knowledge), la cual contiene los fundamentos de la gestión o dirección de proyectos. Se plantean 4 fases las cuales van desde el levantamiento de información hasta la socialización de los resultados.

Entre los principales resultados, se tiene un Prototipo Funcional de la Plataforma el cual demuestra las funcionalidades básicas y la interacción de la plataforma, permitiendo validaciones tempranas por parte de los stakeholders y el Código Fuente y Componentes de Desarrollo los cuales son el conjunto de código fuente, scripts y componentes que conforman la plataforma, preparados para ser desplegados y configurados en el entorno de producción.

Se concluye que la implementación de la plataforma puede mejorar significativamente la experiencia de los grupos de trabajo y por ende, trasladar un mejor servicio al cliente. Además, la adopción de tecnologías avanzadas, como el Big Data y la inteligencia artificial, demuestra un compromiso con la innovación y la adaptación a los estándares internacionales. Esto facilita la inserción de las empresas en cadenas productivas globales y les brinda mayores oportunidades de expansión y colaboración a nivel internacional.

PALABRAS CLAVE:

Industria 4.0, automatización de procesos, plataforma digital.

REFERENCIAS

AMCHAM. (21 de Septiembre de 2023). Desafíos macroeconómicos revelan oportunidades para el sector de consultoría en Colombia. Obtenido de La firma BDO en Colombia destaca las oportunidades que han surgido para el sector de consultorías frente a las variables macroeconómicas.: <https://amchamcolombia.co/es/noticias-afiliados/desafios-macroeconomicos-revelan-oportunidades-para-el-sector-de-consultoria-en-colombia/>

Baweja, B., Donovan, P., & Haefele, M. (2017). The Global, Regional, and Investment Implications of the Fourth Industrial Revolution. UBS White Paper for the World Economic Forum Annual Meeting 2016.

BBVA. (2022). Transforming an Analog Company into a Digital Company: The Case of BBVA. Obtenido de <https://www.bbvaopenmind.com/en/articles/transforming-an-analog-company-into-a-digital-company-the-case-of-bbva/>

Bravo Gaviria, O. (2020). Diseño de una estrategia de transformación digital para la empresa Colombiana de Logística. Fundación Universidad de América.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Cámara de Comercio de Bogotá. (2022). Perfil Sectorial – Servicios empresariales de consultoría. Ibarra, D., & Ganzarain, J. (2018). Business model innovation through Industry 4.0. *Procedia Manuf.*, 4-10.

Lewin, J. (15 de Agosto de 2023). El PIB de Colombia crece solo un 0,3% en el segundo trimestre de 2023. Obtenido de <https://elpais.com/america-colombia/2023-08-15/el-pib-de-colombia-crece-solo-un-03-en-el-segundo-trimestre-de-2023.html>

Tavoletti, E., Niloofar, K., & Corrado, C. (2022). Business model innovation and digital transformation in global management consulting firms. *European Journal of Innovation Management*.

Verhoef, P., Broekhuizen, T., Bart, Y., Bhattacharya, A., & Donga, J. (2021). Digital transformation: A multidisciplinary reflection and research agenda. *Journal of Business Research*, 889-901.

Vey, K., Fandel, T., Zipp, J., & Schneider, C. (2017). Learning & Development in Times of Digital Transformation: Facilitating a Culture of Change and Innovation. *International Journal of Advanced Corporate Learning*.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Condiciones de movilidad de los colaboradores del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid –Una base para evaluar las emisiones generadas

AUTORES

Dora Luz Yepes Palacio

Facultad de Ingeniería Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid.

Grupo de Higiene y Gestión ambiental - dlyepes@elpoli.edu.co

RESUMEN

El desarrollo de la temática surge como respuesta a las exigencias planteadas por el esquema actual de la crisis climática y energética, donde una de sus causales son las quemas de combustibles fósiles del transporte automotor y sus emisiones de gases y partículas a la atmósfera, con sus consecuentes efectos sobre el clima y la salud de la población. Alineado con el Objetivo de Desarrollo Sostenible 13 (Acción por el clima), la investigación se vincula con las metas nacionales de carbono neutralidad establecidas por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, para contribuir con conocimiento de utilidad a la reducción de las emisiones derivadas del desplazamiento de colaboradores. Esto conllevó a la construcción de la información necesaria para actualizar el Plan Empresarial de Movilidad Sostenible (Plan MES) y a evaluar las emisiones asociadas a los desplazamientos origen destino de los trabajadores del Politécnico Jaime Isaza Cadavid sedes Poblado, Bello y Niquia. El conocimiento obtenido, apunta no sólo al cumplimiento de los preceptos normativos de la Autoridad ambiental urbana, sino también, a la toma de decisiones enfocadas en la mitigación del cambio climático.

PALABRAS CLAVE:

Emisiones, Movilidad sostenible, optimización de estrategias, origen – destino.

INTRODUCCIÓN

El calentamiento global es un problema que viene en aumento en la escala mundial debido a la influencia de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero – GEI de origen antropogénico principalmente, fenómeno que es sólo un elemento constitutivo de las grandes variaciones de las condiciones climáticas de largo plazo a nivel planetario, las cuales han producido efectos severos sobre los ecosistemas acuáticos y terrestres, alteración de regímenes de lluvia, oleadas de calor, intensificación de huracanes y ciclones con efectos sobre la existencia de seres vivos, entre otros.

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025

Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |

NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Esta situación ha llevado a los gobiernos a definir dentro de sus agendas acciones prioritarias vinculadas a la mitigación del cambio climático (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017).

Debido a la problemática, el Acuerdo de París (ONU, 2015) ha planteado la importancia de que todos los países se comprometan a combatir los efectos del cambio climático. En este contexto, Colombia decide adherirse a estos compromisos mediante la Ley de acción climática (Congreso de Colombia, 2021), la cual se enfoca en la disminución de las emisiones de GEI en un 51% para el año 2030 y en la búsqueda de las condiciones de carbono neutralidad para el 2050. Coherentemente, el Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA), Autoridad ambiental urbana de la región, en procura de acercarse a las metas nacionales y de reducir los efectos de la contaminación atmosférica por emisión de partículas, reglamenta la actualización de los Planes de Movilidad Empresarial Sostenible (Planes MES) y el reporte de las estrategias de movilidad para las empresas de la región que cuentan con más de 200 colaboradores (AMVA, 2023).

El PCJIC para contribuir a las metas de carbono neutralidad y de reducción de emisiones, se adhirió a un acuerdo de voluntades con el MADS con el objetivo es cuantificar sus emisiones de GEI y reportar sus acciones de reducción. Considerando que la huella de carbono corporativa presenta gran influencia de las emisiones indirectas, entre ellas las derivadas del desplazamiento de trabajadores, el grupo GHYGAM del PCJIC orientó sus esfuerzos en la actualización del Plan MES y en la evaluación de las emisiones vinculadas a estas fuentes, para el fortalecimiento de la toma de decisiones necesarias para abordar acciones asertivas en la sostenibilidad institucional.

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

La metodología desarrollada se centró en dos fases, la construcción de la información para actualizar el Plan Empresarial de Movilidad Sostenible (Plan MES) y, la evaluación de las emisiones asociadas a los desplazamientos origen destino (O-D) de sus colaboradores, a partir de la optimización de una estrategia de movilidad.

En primer lugar, para la actualización del Plan MES del PCJIC en el año 2024, fue necesario revisar los aspectos normativos para dar cumplimiento a las resoluciones metropolitanas 2381 de 2015 (AMVA, 2015), 912 de 2017 (AMVA, 2017), 2036 de 2019 (AMVA, 2019) y 0756 de 2023 (AMVA, 2023). Fue fundamental realizar seguimiento a los Planes MES anteriormente formulados, desde el año base 2018 y actualizado por primera vez en el año 2021, para la planeación de estrategias de movilidad sostenibles.

El seguimiento al Plan MES del PCJIC se rigió por los lineamientos definidos en la “Guía para la Formulación e implementación de los planes MES” (AMVA, 2017). Así, la formulación del Plan MES se inicia con la fase de diagnóstico, a partir de la aplicación de dos (2) instrumentos de recolección de datos. Ambos permiten generar la información necesaria para determinar las condiciones base



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



de movilidad de la organización y de sus colaboradores, y son aplicados tanto para la formulación del Plan MES como para su seguimiento. Los dos instrumentos corresponden a:

- Encuesta de sitio: permite inspeccionar las condiciones del entorno de la institución, su infraestructura, recursos y programas de movilidad corporativos. Este instrumento fue diligenciado por las Oficinas de Planeación institucional, Servicios Generales y otras instancias
- Encuesta de colaboradores: Permite identificar los modos de desplazamiento y los patrones y preferencias en materia de movilidad de los colaboradores entre el origen y destino. Fueron diligenciadas a partir de Software SIMV5 del AMVA de manera personalizada para una muestra poblacional establecida por el software de 242 colaboradores de las sedes Poblado, Bello y Niquía del PCJIC.

Los resultados se compararon con relación a los obtenidos en 2018 (año de formulación del Plan MES), tal como lo define la plataforma SIMV5.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Algunos resultados de la aplicación de la Encuesta O-D de colaboradores, muestra las siguientes condiciones:

Lugar de residencia de los colaboradores: La mayoría de los colaboradores del PCJIC habitan en el Distrito de Medellín (56,49% de la población encuestada), es decir, un poco más de la mitad de las personas, las cuales desarrollan sus actividades laborales principalmente en la sede Poblado. Si bien en la sede Bello y la sede Niquía también hay personal que se desplaza desde Medellín hasta allí para su jornada laboral, la tendencia evidenciada es que, en su mayoría, los colaboradores que desarrollan sus labores en estas sedes viven en el municipio de Bello (Ver Figura 1), como el segundo dato más alto (13,81%). Esta condición favorece que los desplazamientos O-D, sean más rápidos y sostenibles.

Modos de transporte: El automóvil individual es el modo de transporte preferido por la mayoría de los colaboradores, el 27,20% del personal utiliza su carro particular de manera individual para dirigirse hasta la institución, lo cual representa un resultado desfavorable para la misión institución de reducir las emisiones generadas por los automotores. Esta situación se refleja en la alta ocupación de los parqueaderos de la sede Poblado durante un día laboral cotidiano, pues es donde se desarrollan la mayoría de las actividades de tipo administrativo de la institución.

Algunos colaboradores que se desplazan en vehículo hasta el PCJIC han empleado estrategias como el carro compartido, dada la cercanía de sus viviendas; el uso de una ruta común y los ahorros económicos se señalan entre otros motivos. Esto favorece las



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático

emisiones evitadas, sin embargo, el porcentaje para los automotores compartidos, tanto carros como motocicletas, es muy bajo comparado con la preferencia que tienen los colaboradores de desplazarse de forma individual.

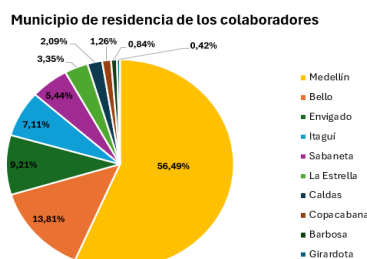


Figura 1. Lugar de residencia de los colaboradores

Fuente: Elaboración propia - adaptado del AMVA -software SIMV5

De otro lado, el Metro es el segundo medio de transporte más utilizado y sólo se diferencia del vehículo particular en 2,10%, al considerarse como uno de los modos más sostenibles para desplazarse por el Valle de Aburrá. Los demás medios de transporte registran porcentajes menores al 12%. Ver figura 2.

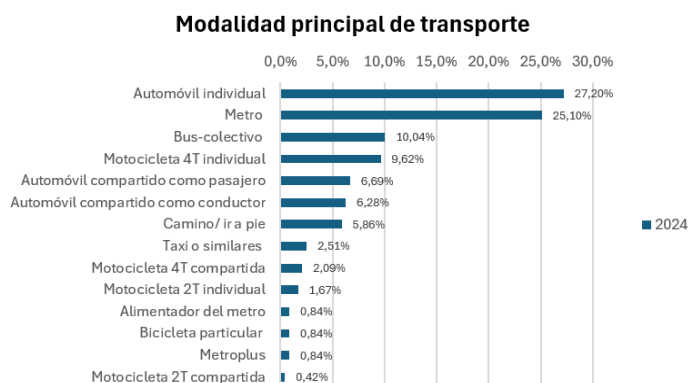


Figura 2. Modalidad principal de transporte

Fuente: Elaboración propia - adaptado de información consignada en SIMV5

Emisiones per cápita generadas: El comportamiento de las emisiones de CO₂ y partículas finas PM_{2.5} por cada colaborador muestra una disminución con respecto al año 2018, para CO₂ se da una disminución del 26,01%, mientras que para PM_{2.5} es apenas del 1,77%. De acuerdo con la meta de reducción establecida por la Resolución Metropolitana 756 de 2023,



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



en la que define que debe ser 20% de las emisiones de CO₂ per cápita por cada dos (2) años de ejecución de las estrategias, es posible determinar que el PCJIC está cumpliendo la meta. Este resultado está acorde con lo evidenciado en el cambio dado en los últimos años respecto a los modos de transporte utilizados por los colaboradores, pues la disminución en el uso del vehículo particular y la adopción de nuevas formas más sostenibles de desplazarse se traduce en la reducción de las emisiones de CO₂ y PM_{2,5} generadas de manera individual. En la tabla 1 se ilustran las emisiones per cápita de estos dos contaminantes.

Kilogramos de CO ₂	Gramos de PM _{2.5} per cápita
0.6316 - 2018	0.3250 - 2018
-0.6844 Dif (Kg.)	-0.0057 (Dif (g.))
1.9472 ▼ 2024	0.3192 ▼ 2024
-26.01% Dif (%)	-1.77% (Dif (g.))

Tabla 1. Emisiones per cápita asociadas a la movilidad de los colaboradores.

Fuente: Elaboración propia - adaptado de AMVA software SIMV5

Emisiones totales generadas: Las emisiones globales de CO₂ y PM_{2.5} muestran un notorio incremento en los valores para la actual vigencia, registrando diferencias en los porcentajes por encima de 150% respecto al año 2018. Este resultado puede atribuirse al hecho de que para el año base, sólo se contempló el análisis de la movilidad de sede Poblado, al considerarse la población de otras dos (2) sedes adicionales, es de esperarse un incremento relevante en los valores. Ver tabla 2.

Desde julio de 2024, el AMVA deshabilitó el acceso a la plataforma SIMV5 para todos los usuarios, dejando pendiente el análisis de otras variables, como los tiempos de desplazamiento, combustibles consumidos, distancias recorridas, entre otra valiosa información de utilidad para el análisis de las emisiones generadas.

Toneladas de CO ₂ total	Gramos de PM _{2.5} total
0.3342 - 2018	41.2739 - 2018
+0.6180 Dif (Ton.)	+114.8382 (Dif (g.))
0.9522 ▲ 2024	156.1121 ▲ 2024
+184.90% Dif (Ton)	+278.23% (Dif (g.))

Tabla 2. Emisiones totales de movilidad de los colaboradores -2024

Fuente: Elaboración propia - adaptado de AMVA software SIMV5



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



CONCLUSIONES

La actualización del Plan MES institucional generó conocimiento importante sobre las condiciones de movilidad, sin embargo, resulta fundamental incorporar más variables de análisis que conlleven al desarrollo asertivo de acciones de reducción.

- Se logró estimar las emisiones derivadas del desplazamiento de colaboradores, a partir del uso del aplicativo SIMV5, evidenciándose un 26,01% de reducción de emisiones CO₂ per cápita respecto al año 2018, conllevando al cumplimiento de la meta metropolitana.

REFERENCIAS

AMVA. (2015). *Resolución Metropolitana 2381 30 Diciembre 2015*. Medellín. Obtenido de <http://proyectos.andi.com.co/Ambiental/SiteAssets/Resolucion%20Metropolitana%20%20D002381de%202015.pdf>

AMVA. (19 de Mayo de 2017). *Resolución Metropolitana 912 de 2017*. Obtenido de <https://www.metropol.gov.co/ambiental/calidad-del-aire/Documents/Normatividad/Resolucion-912-de-2017.pdf>

AMVA. (27 de Abril de 2023). *RESOLUCIÓN METROPOLITANA 756 DE 2023*. Obtenido de AREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ: https://www.metropol.gov.co/ResolucionesMetropolitanas/Resoluci%C3%B3n_2023_000756.pdf

Congreso de Colombia. (22 de diciembre de 2021). *Ley de acción Climática*. Obtenido de MADS: <https://www.beltranpardo.com/wp-content/uploads/2021/12/LEY-2169-DEL-22-DE-DICIEMBRE-DE-2021.pdf>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017). *Política Nacional de cambio climático*. Obtenido de <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/01/9.-Politica-Nacional-de-Cambio-Climatico.pdf>

ONU. (2015). *Objetivo 13: Acción por el Clima*. Recuperado el 2018, de Objetivos de Desarrollo Sostenible: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/climate-change-2/>



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Geodrenes nodulares o alveolares prefabricados y sostenibles.

AUTORES

Jesús Domingo Orozco Banda
LAMITER S.A.S – LAMIDREN
lamidren1@lamiter.net.co

RESUMEN

LAMITER S.A.S es una empresa colombiana con 25 años en el mercado, su línea LAMIDREN específicamente se encarga de la producción de geosintéticos entre los cuales tenemos geodrenes nodulares o alveolares fabricados en polietileno de alta densidad (PEAD) y geomembranas lisas producidas en poliolefina termoplástica (TPO) y PEAD, estos productos tienen una amplia gama de aplicaciones en el campo de la construcción para funciones de protección, impermeabilización, drenaje y refuerzo.

Nuestros productos son elaborados a partir de tecnología europea y norteamericana, producidos 100% en Colombia con altos estándares de calidad y amigables con el medio ambiente ya que estos productos se elaboran a partir de material reciclado, contribuyendo con la sostenibilidad en la construcción y aportando sustancialmente con la reducción en la huella de carbono.

Respecto a las geomembranas lisas manejamos tres referencias: LAMIDREN L7/L10 Y L20, el número indica la altura del nódulo en mm, a mayor altura de nódulo es mayor la resistencia a la compresión y la capacidad hidráulica, estas referencias de geodrenes se producen con o sin geotextil adherido, esto dependiendo de las necesidades del proyecto.

En cuanto a las geomembranas lisas manejamos dos referencias: geomembrana en poliolefina termoplástica (TPO) y geomembrana en polietileno de alta densidad (PEAD).

Las principales aplicaciones de este tipo de productos son: protección e impermeabilización de muros de contención, túneles y taludes, refuerzo en estructuras de pavimento rígido y flexible, cunetas flexibles, jardineras y techos verdes, barrera contra humedades en losas y terrenos, drenaje en espina de pescado, drenaje de banda longitudinal para vías, entre otros.

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025
Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |
NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



POSTER



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Análisis hidráulico para la gestión de inundaciones urbanas en la zona de influencia del proyecto urbano parques del río norte

AUTORES

Susana Velásquez Fernández^{1*}, Neiler Medina Peña¹

¹Universidad de Antioquia

*Correspondencia: susana.velasquez@udea.edu.co

RESUMEN

El cambio climático ha intensificado la frecuencia y severidad de los eventos de lluvia, aumentando significativamente el riesgo de inundaciones pluviales en áreas urbanas densamente pobladas. El proyecto Parques del Río Norte (PRN), en la ciudad de Medellín, enfrenta retos críticos en la gestión de la escorrentía superficial debido a su proximidad al río Medellín y a la compleja topografía circundante. Este estudio utiliza un enfoque de modelación hidráulica acoplada 1D-2D para evaluar el riesgo de inundaciones en el área de influencia del proyecto PRN, integrando tanto la red de alcantarillado (1D), como el terreno (2D). Se analizaron escenarios históricos y proyectados, lo que permitió identificar zonas altamente vulnerables a la acumulación de agua, especialmente en la Avenida Carabobo. Aunque el cauce del río mantiene su capacidad para contener el flujo en la zona del proyecto bajo los escenarios simulados, se prevé que los volúmenes de escorrentía en las vías aumenten considerablemente en eventos futuros, lo que supone un riesgo creciente para la infraestructura urbana. Los resultados subrayan la necesidad urgente de implementar medidas de adaptación y reforzar las infraestructuras de drenaje en las áreas críticas. La anticipación de estos riesgos, a través de herramientas avanzadas de modelación hidráulica, es esencial como herramienta para la toma de decisiones informadas que permitan minimizar el impacto de las inundaciones y garantizar la sostenibilidad del desarrollo urbano ante los efectos del cambio climático.

PALABRAS CLAVE:

Inundaciones pluviales, modelación hidráulica, acople 1D-2D, drenaje urbano.

INTRODUCCIÓN

Las inundaciones pluviales en entornos urbanos densamente poblados se han convertido en un problema creciente, intensificado por el cambio climático y la rápida urbanización. Estos eventos,

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025

Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |

NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:



Estrategias para la adaptación al cambio climático

provocados por lluvias intensas de corta duración, sobrepasan la capacidad de los sistemas de drenaje, lo que genera daños físicos, económicos y sociales (Montalvo et al., 2024). Por eso, comprender las características del drenaje urbano es importante para responder a las crecientes necesidades urbanas. Por eso, diferentes herramientas como los modelos computacionales han permitido desarrollar y evaluar el desempeño de los sistemas de drenaje urbano mediante dos etapas generales (Abou Rjeily et al., 2017). La primera etapa es la transformación de la lluvia en escorrentía y la segunda, el transporte de la escorrentía a lo largo de la red de drenaje (Kourtis & Tsihrintzis, 2021). Este proceso se realiza mediante la aplicación de aproximaciones hidrológicas e hidráulicas.

Adicionalmente, el enfoque de modelación también determinará la capacidad de la evaluación del caso de estudio. La selección del enfoque de modelado adecuado para las simulaciones hidrológico-hidráulicas urbanas depende de varios factores, entre ellos la complejidad del problema, la disponibilidad de datos y los recursos computacionales (D'Ambrosio & Longobardi, 2023; Ferrans et al., 2022; Piadeh et al., 2022). En este sentido, diferentes estudios han aportado herramientas y técnicas que pueden permitir el desarrollo e implementación de más análisis para una mejor comprensión de los factores que impulsan el cambio en las inundaciones (Zhou et al., 2019). Entre estos enfoques, se tienen configuraciones 1D, 2D, 1D-1D, 1D-2D.

Los estudios recientes han demostrado la eficacia de los enfoques de modelación acoplada 1D-2D en la evaluación de inundaciones urbanas, destacando la necesidad de una integración entre la red de alcantarillado (1D) y la superficie de drenaje (2D) para obtener simulaciones más precisas. Barreiro et al. (2022) y Martínez et al. (2018) han mostrado que los modelos acoplados 1D-2D son capaces de simular adecuadamente el comportamiento de las redes de drenaje en eventos de precipitación intensa. Sin embargo, el enfoque 1D-2D ofrece una ventaja adicional en la representación más detallada del comportamiento del agua superficial y su interacción con el alcantarillado. La investigación de Vojinovic & Tutulic (2009) destaca las ventajas de este enfoque en áreas con topografías complejas, como las presentes en la zona de estudio. Sin embargo, también presenta ciertas limitaciones asociadas a los recursos computacionales y la disponibilidad de información.

En Medellín, Colombia, también se han presentado diferentes escenarios de inundaciones con pérdidas en infraestructura y vidas humanas. Por eso, estrategias de ciudad se han generado para darle a la ciudadanía otras visiones de habitar el territorio y su relación con el agua. Una de estas estrategias, es el Proyecto Parques del Río Norte, que tiene varios objetivos como recuperar el río Aburrá, el principal de la ciudad, y crear zonas de espacio público. La zona de influencia del proyecto Parques del Río Norte (PRN) al noreste de la ciudad, enfrenta desafíos particulares. Esta área está altamente urbanizada, con una planificación urbana deficiente y presencia de asentamientos informales donde la población posee el menor índice de espacios verdes y zonas públicas por habitante de la ciudad y sufre altos niveles de contaminación, principalmente en quebradas y ríos



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



debido a las aguas residuales domésticas y la inadecuada disposición de residuos sólidos. Además, la capacidad de la red de alcantarillado en la zona puede ser limitada para almacenar y transportar el agua de escorrentía que se genera en eventos de lluvia de alta intensidad.

Este estudio se enfoca en la evaluación del riesgo de inundaciones pluviales en el PRN, utilizando un modelo acoplado 1D-2D entre los softwares Iber y SWMM. El objetivo es identificar las áreas susceptibles a inundaciones bajo escenarios históricos y futuros, teniendo en cuenta tanto las condiciones climáticas como los cambios en el uso del suelo.

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

La metodología implementada en este estudio se basa en el acoplamiento del modelo de flujo superficial usando el programa Iber (2D), con el modelo del sistema de alcantarillado en una dimensión (1D), a través del programa EPA-SWMM (1D). Este enfoque acoplado permite simular de manera precisa las dinámicas hidrológicas en la superficie y el comportamiento del sistema de alcantarillado de forma independiente y complementaria, garantizando un balance de masa correcto a través del intercambio de información en cada paso de tiempo. En este esquema acoplado, los sumideros y los pozos de registro actúan como los puntos de interacción entre los dos dominios: el agua de escorrentía superficial puede ingresar al sistema de alcantarillado a través de los sumideros, y retornar a la superficie únicamente por los pozos de registro, en caso de sobrecarga arrojando una aproximación bastante real a como este proceso se presenta realmente (Montalvo et al., 2024; Sañudo et al., 2020).

El área de estudio comprende la zona de influencia del proyecto Parques del Río Norte (PRN), localizada en el noreste de Medellín. La modelación se llevó a cabo utilizando datos topográficos detallados suministrados por el Distrito de Medellín y la información de la red de alcantarillado proporcionada por Empresas Públicas de Medellín (EPM). Estos datos se complementaron con registros pluviométricos de estaciones del Sistema de Alerta Temprana del Valle de Aburrá (SIATA). Para los análisis, se seleccionó un evento de precipitación significativo ocurrido el 11 de junio de 2021 como base para el escenario histórico. El escenario futuro se proyectó aplicando el índice R99P, que permite escalar los datos históricos de precipitación a fin de simular condiciones futuras bajo escenarios de cambio climático, de acuerdo con metodologías empleadas en estudios regionales de proyecciones climáticas (UdeA, 2024).

El sistema de alcantarillado en la zona de estudio se clasifica en tres categorías: pluvial, residual y combinado, con un análisis centrado en tuberías con diámetros iguales o superiores a 250 mm, ya que representan las conducciones más relevantes para el manejo de grandes volúmenes de agua. Los parámetros de rugosidad y los procesos de infiltración se modelaron empleando el coeficiente de rugosidad de Manning y el número de curva del Servicio de Conservación de Suelos (SCS), respectivamente. Estos valores fueron asignados con base en los usos del suelo y las características



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



del tipo de suelo predominante en la zona, clasificada como suelo de tipo B, según el sistema de clasificación de suelos del SCS.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del modelo indicaron que, en el escenario histórico, el cauce del río Aburrá mantiene su capacidad de contener los volúmenes de agua durante eventos de precipitación moderados, sin representar un riesgo significativo para el área del proyecto Parques del Río Norte (PRN). Sin embargo, se identificaron zonas críticas de acumulación de agua en la Avenida Carabobo, atribuibles principalmente a la capacidad limitada de la red de drenaje y a las características topográficas de la zona. En estas áreas, los volúmenes de agua acumulada en las vías generan un riesgo importante para la infraestructura y la movilidad urbana, afectando tanto la seguridad como el flujo vehicular. Como se muestra en la Figura 1 y la Tabla 1, el escenario futuro, proyectado bajo condiciones de cambio climático, los volúmenes de agua acumulada se incrementan en más del 60 % en algunas zonas, lo que sugiere un aumento considerable en el riesgo de inundaciones. En particular, la Avenida Carabobo y otras áreas bajas cercanas presentan una mayor susceptibilidad a la acumulación de agua. En los casos en los que se presentan diferencias porcentuales mayores o diferencias porcentuales negativas (señalado en rojo) esto está asociado a la consideración sobre la variación del terreno proyectada para el proyecto PRN.

Además, de acuerdo a la Figura 2 y la Tabla 2 los caudales transportados por las principales vías urbanas muestran un incremento superior al 13 %, lo que eleva la probabilidad de desbordamientos y fallos en la infraestructura de drenaje, exacerbando los riesgos para la ciudad. Estos resultados coinciden con estudios anteriores, que indican que las áreas urbanas con topografías complejas y redes de drenaje subdimensionadas son especialmente vulnerables a las precipitaciones intensas (Martins et al., 2018; Sañudo et al., 2020).

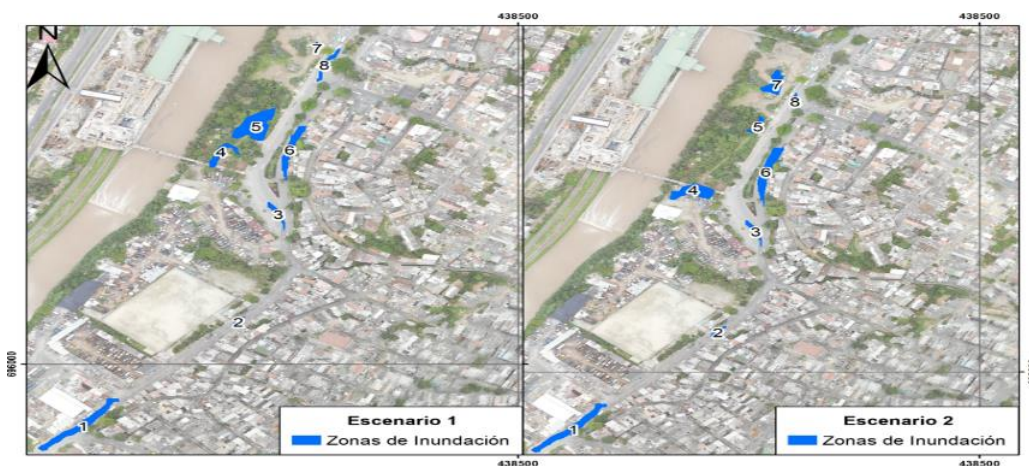


Figura 1. Zonas de inundación para los escenarios simulados.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático

Tabla 1. Variación porcentual de los volúmenes de agua en las zonas identificadas

Volúmenes de Agua para los Escenarios Simulados			
Zona	Escenario 1 (m3)	Escenario 2 (m3)	Diferencia (%)
1	195.12	491.03	60.26%
2	3.70	11.20	66.96%
3	14.26	21.33	33.15%
4	21.54	63.79	66.23%
5	66.09	13.34	-395.46%
6	33.06	50.00	33.89%
7	2.46	30.92	92.03%
8	11.48	4.51	-154.49%

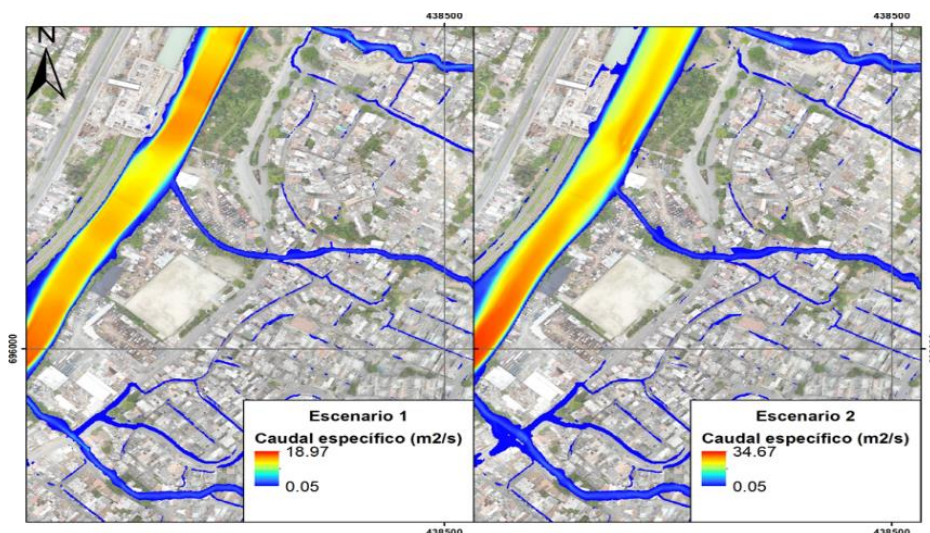


Figura 2. Caudal específico máximo para los escenarios de interés e identificación de vías con aporte importante de caudal para la zona del proyecto Parques del Río Norte

Tabla 2. Caudales pico (máximos) y diferencias porcentuales para vías de interés para los escenarios simulados.

Caudales máximos para vías principales			
Vía	Escenario 1 (m/s)	Escenario 2 (m/s)	Diferencia (%)
Vía 1	0.82	0.90	9.24%
Vía 2	0.36	0.40	10.51%
Vía 3	0.36	0.41	12.37%
Vía 4	0.32	0.37	13.17%



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



El análisis comparativo entre los escenarios histórico y futuro resalta la necesidad urgente de mejorar las infraestructuras de drenaje en las zonas identificadas, en particular en áreas cercanas al proyecto PRN que presentan una amenaza significativa de inundaciones. La modelación hidráulica acoplada 1D-2D ha demostrado ser una herramienta eficaz para representar con mayor precisión las interacciones entre la escorrentía superficial y el sistema de alcantarillado, destacando su importancia para una planificación más robusta de la infraestructura urbana. Este enfoque es esencial para enfrentar los desafíos asociados al cambio climático y la creciente urbanización, proporcionando información clave para la toma de decisiones en la gestión de riesgos hídricos y la sostenibilidad del desarrollo urbano.

CONCLUSIONES

Este estudio permitió identificar las principales zonas vulnerables a inundaciones en el área de influencia del proyecto Parques del Río Norte (PRN), destacándose la Avenida Carabobo y las zonas ubicadas al norte del área proyectada como las más críticas. Los resultados mostraron un aumento considerable en los volúmenes de agua acumulada bajo el escenario futuro, lo que resalta la necesidad urgente de implementar estrategias eficaces de gestión del agua en estas áreas para mitigar los riesgos asociados. No solo es crucial controlar el volumen de agua, sino también abordar la calidad de esta, ya que las inundaciones en zonas urbanas densamente pobladas pueden tener implicaciones significativas para la salud pública en condiciones como las presentadas en este caso de estudio donde las aguas que provienen de la incapacidad hidráulica corresponden a alcantarillados de agua combinada, y se están presentando en contextos socioeconómicos vulnerables como el del área de estudio.

Además, se identificaron vías clave que transportan importantes volúmenes de agua a velocidades que representan un riesgo tanto para la infraestructura como para la seguridad de los habitantes. Estos hallazgos subrayan la importancia de implementar medidas de mitigación de inundaciones, como soluciones basadas en la naturaleza (SBN), la mejora de la capacidad del sistema de alcantarillado y la implementación de estrategias de gestión del riesgo para proteger a la población y la infraestructura en futuras condiciones climáticas extremas.

REFERENCIAS

Abou Rjeily, Y., Abbas, O., Sadek, M., Shahrour, I., & Hage Chehade, F. (2017). Flood forecasting within urban drainage systems using NARX neural network. *Water Science and Technology*, 76(9), 2401-2412. <https://doi.org/10.2166/wst.2017.409>

Barreiro, J., Santos, F., Ferreira, F., Neves, R., & Matos, J. S. (2022). Development of a 1D/2D Urban Flood Model Using the Open-Source Models SWMM and MOHID Land. *Sustainability*, 15(1), 707. <https://doi.org/10.3390/su15010707>



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



D'Ambrosio, R., & Longobardi, A. (2023). Adapting drainage networks to the urban development: An assessment of different integrated approach alternatives for a sustainable flood risk mitigation in Northern Italy. *Sustainable Cities and Society*, 98, 104856. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104856>

Ferrans, P., Torres, M. N., Temprano, J., & Rodríguez Sánchez, J. P. (2022). Sustainable Urban Drainage System (SUDS) modeling supporting decision-making: A systematic quantitative review. *Science of The Total Environment*, 806, 150447. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150447>

Kourtis, I. M., & Tsihrintzis, V. A. (2021). Adaptation of urban drainage networks to climate change: A review. *Science of The Total Environment*, 771, 145431. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145431>

Martínez, C., Sanchez, A., Toloh, B., & Vojinovic, Z. (2018). Multi-objective Evaluation of Urban Drainage Networks Using a 1D/2D Flood Inundation Model. *Water Resources Management*, 32(13), 4329-4343. <https://doi.org/10.1007/s11269-018-2054-x>

Martins, R., Leandro, J., & Djordjević, S. (2018). Influence of sewer network models on urban flood damage assessment based on coupled 1D / 2D models. *Journal of Flood Risk Management*, 11(S2). <https://doi.org/10.1111/jfr3.12244>

Montalvo, C., Reyes-Silva, J. D., Sañudo, E., Cea, L., & Puertas, J. (2024). Urban pluvial flood modelling in the absence of sewer drainage network data: A physics-based approach. *Journal of Hydrology*, 634, 131043. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2024.131043>

Piadeh, F., Behzadian, K., & Alani, A. M. (2022). A critical review of real-time modelling of flood forecasting in urban drainage systems. *Journal of Hydrology*, 607, 127476. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.127476>

Sañudo, E., Cea, L., & Puertas, J. (2020). Modelling Pluvial Flooding in Urban Areas Coupling the Models Iber and SWMM. *Water*, 12(9), 2647. <https://doi.org/10.3390/w12092647>

Vojinovic, Z., & Tutulic, D. (2009). On the use of 1D and coupled 1D-2D modelling approaches for assessment of flood damage in urban areas. *Urban Water Journal*, 6(3), 183-199. <https://doi.org/10.1080/15730620802566877>

Zhou, Q., Leng, G., Su, J., & Ren, Y. (2019). Comparison of urbanization and climate change impacts on urban flood volumes: Importance of urban planning and drainage adaptation. *Science of The Total Environment*, 658, 24-33. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.184>

Universidad de Antioquia. (2024). Evaluación de la vulnerabilidad frente al cambio climático del proyecto Parques del Río Norte y diagnóstico hidrológico, geográfico y ambiental.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Conocimiento y reducción del riesgo de avenidas torrenciales en la quebrada malpaso sector robledo aures 2

AUTORES

Daniela Londoño Espinosa^{1*}, Verónica Vanessa García Pabón¹, Mariam Pérez López, Daniela¹,
Cristina Hernández Vega¹

¹Politécnico colombiano Jaime Isaza Cadavid

*Correspondencia: daniela_london11191@elpoli.edu.co

RESUMEN

Las avenidas torrenciales son fenómenos naturales por crecidas súbitas y violentas de ríos, quebradas y otros cauces de agua. Aristizábal et al (2020) nos explica que: Las avenidas torrenciales representan una de las amenazas hidrometeorológicas más devastadoras en términos de vidas humanas y pérdidas económicas, especialmente en regiones montañosas y tropicales como Colombia. No obstante, en el país no existe un consenso sobre la clasificación y terminología de estos eventos, lo que dificulta su adecuada caracterización. Dada la importancia de prepararse para futuros escenarios, es crucial definir claramente las avenidas torrenciales, comprender la distribución espacial y temporal de su ocurrencia, y evaluar las pérdidas asociadas. Según el Sistema de Inventario de Efectos de Desastres, en Colombia se han registrado 1.139 avenidas torrenciales entre 1914 y 2018, resultando en 3.318 víctimas fatales. A pesar de su frecuencia, los estudios sobre este fenómeno en el país son limitados. (Aristizábal, Arango Carmona, & García López, 2020). Esta investigación se enfoca en los riesgos y amenazas que enfrentan los residentes de Robledo Aures 2 debido a la quebrada Malpaso. Utilizando este caso, se busca generar conocimiento que permita una mejor comprensión y la propuesta de alternativas de intervención. Finalmente, se elaborará un plan comunitario enfocado en la gestión de avenidas torrenciales, permitiendo a los habitantes de Robledo Aures 2 una reacción oportuna ante emergencias. Este plan incluirá medidas de ingeniería básica que puedan servir como ejemplo para implementar en otros sectores con características de cuencas similares.

PALABRAS CLAVE:

Avenida torrencial, inundaciones, riesgo, desastres, peligro, quebrada.

INTRODUCCIÓN

La Quebrada La Malpaso, que se encuentra en robledo Aures 2, Medellín -Antioquia, ha sido afectada por fuertes lluvias que han provocado desbordamientos y corrientes de agua rápidas y

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025
Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |
NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



peligrosas provocando avenidas torrenciales. Estos eventos han tenido un gran impacto en la comunidad, causando daños en las viviendas, la infraestructura y, tristemente, la pérdida de vidas humanas. La combinación del terreno montañoso y el crecimiento desordenado de las construcciones en la zona ha hecho que estos desastres sean más comunes y graves. Este estudio tiene como objetivo elaborar un plan comunitario con énfasis en avenidas torrenciales para los residentes de la comuna 7 Robledo Aures 2 en Medellín, año 2024. La formación y participación de las personas en el plan comunitario permiten tener una sociedad más preparada y conocedora de los riesgos motivo por el cual el proyecto de investigación se centra en ampliar las ideas y las acciones generando planes de mitigación que les permita a todos desde los más pequeños hasta los más grandes reducir las amenazas. El artículo por Habitante (siete, 2022)

“En el 2021 la comunidad de Robledo Aures 2, la quebrada Malpaso se desbordo generando daños materiales, muertos y heridos. Evacuando a gran parte de la comunidad y alertando a 10 barrios de sectores aledaños a la quebrada del peligro inminente. La comunidad a presenciados estas crecientes de la quebrada desde el 2008 y ha afectado aproximadamente a unas 3000 personas. La quebrada cuenta con una estructura canalizada por tramos, aunque el peligro aun es latente.” Por ende, es crucial realizar la caracterización del riesgo por avenida torrencial de esta quebrada. A pesar que se han hecho algunos acercamientos en la ciudad, https://www.medellin.gov.co/servicios/metadatos_gis/CatalogoMapas/PDF/8f-ZCondRgoAltoRgoNoMitig-P.pdf) estos no se han realizado de manera específica en la zona. El proceso de caracterización irá acompañado del proceso de formación a los habitantes de Robledo Aures 2 y en conjunto, construir un plan comunitario con énfasis en avenidas torrenciales donde todos estén preparados para mitigar los riesgos y disminuir el impacto de afectación.

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

1. Reunión con líderes comunitarios que hacen parte del comité barrial de emergencias.
2. Encuestas presenciales a las 50 familias cercanas a la quebrada Malpaso.
3. Caracterización de la quebrada Malpaso, a través de recorrido por los puntos críticos.
4. Análisis de datos cualitativos y cuantitativos obtenidos de las encuestas.
5. Capacitación a la comunidad en gestión del riesgo y elaboración de pluviómetros análogos y pintura de niveles en la quebrada. Con una duración de 4 horas en lugar determinado por los líderes barriales. Aproximadamente a 50 personas.
6. Elaboración del protocolo de actuación frente a las avenidas torrenciales.
7. Elaboración del documento del plan comunitario por parte del investigador y los coinvestigadores.
8. Simulación (simulacro de escritorio), será presencial en un lugar determinado por la comunidad, se espera la participación de 50 personas.
9. Simulacro, será presencial en la zona de influencia, se espera la participación de 50 personas.
10. Socialización de resultados, en reunión presencial con los líderes barriales.
11. Elaboración de informe final

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025
Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |
NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



REFERENCIAS

Michel, A., & Hernández, J. (2019). Vulnerabilidad ante la ocurrencia de avenidas torrenciales en la microcuenca Menchaca, Querétaro. Revista Nthe, 27, 20-26. Recuperado de: https://nthe.mx/NTHE_v2/pdfArticulos/PDF_Articulo20200721222004.pdf

Atlas, D. (2001). The Battan Memorial and 40th Anniversary Conference on Radar Meteorology and the Conference Book Radar in Meteorology. In Reflections: A Memoir (pp. 111-112). Boston, MA: American Meteorological Society. https://doi.org/10.1007/978-1-935704-07-2_10

Carvajal, E. (27 de marzo de 2018). "Tormenta del Lunes Santo cobró una víctima en Medellín". El Colombiano. Recuperado de: <https://www.elcolombiano.com/antioquia/mujer-muere-por-lluvias-en-medellin-FE8457997>



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Evaluación de indicadores para prevenir episodios críticos atmosféricos en el Valle de Aburrá - Información base para mitigar cambio climático

AUTORES

Angie Lorena Bedoya Raga^{1*}, Dora Luz Yepes Palacio¹, Miriam Gómez Marín¹

¹Facultad de Ingeniería Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Grupo de Higiene y Gestión Ambiental

*Correspondencia: angie_bedoya87202@elpoli.edu.co

RESUMEN

En el contexto de los eventos críticos atmosféricos que se han declarado en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, Colombia –AMVA, y de los esfuerzos realizados en la implementación de medidas para mejorar la situación, se evidencia un déficit de conocimiento validado para la evaluación de las medidas del Plan Integral de mejoramiento de la calidad del Aire 2017-2030–PIGECA, reflejado en la falta de información para la toma de decisiones enfocadas en la prevención de dichas contingencias. Esta situación conllevó a investigar un conjunto de medidas del PIGECA para determinar su contribución a la prevención de episodios atmosféricos para el período de observación 2017-2022. Se generó conocimiento validado para determinar la eficacia de un conjunto de indicadores asociadas a las medidas priorizadas para prevenir episodios de calidad del aire (ECA), y su contribución a la disminución del contaminante crítico PM2.5 (material particulado fino de diámetro inferior a 2.5 micras que afecta la salud humana y que por su contenido de carbono negro posee potencial de calentamiento global), permitiendo así, la toma de decisiones para la mitigación del cambio climático, el mejoramiento de la calidad de vida de la población metropolitana y la sostenibilidad de la región.

PALABRAS CLAVE:

Evaluación de indicadores, episodios atmosféricos, medidas de mejoramiento.

INTRODUCCIÓN

La evaluación de los planes de calidad del aire son insumos básicos para la toma de decisiones enfocadas en el mejoramiento de la salud de la población y la mitigación al cambio climático. En términos generales existe deficiencia de este conocimiento y para el Valle de Aburrá no es la excepción. En esta región se vienen declarando eventos críticos atmosféricos desde el año 2016 y

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025
Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |
NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



pese a las medidas implementadas, se continúan presentando dichos eventos. El PM2,5 es el contaminante crítico vinculado a los episodios en esta región que en condiciones de valle estrecho y rodeado de montañas que impide la dispersión de contaminantes exacerbando los efectos sobre la población y el clima.

Contribuir a la Gestión de la Calidad del aire y el cambio climático, a partir de la evaluación de medidas priorizadas para la prevención de episodios críticos de contaminación del aire PIGECA- Caso Valle de Aburrá -Colombia fue el objetivo fundamental en el cual se enfocó el grupo GHYGAM para aportar conocimiento para la toma de decisiones para la sostenibilidad de la región.

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

La investigación cuali-cuanti de nivel descriptivo experimental se desarrolló en 2021 y 2023. Con una ventana de observación 2017 y 2022 se validaron siete (7) medidas prioritarias para prevenir los ECA en el Valle de Aburrá, dichas medidas fueron determinadas por expertos en el año 2020 (Yepes, 2021) Ver Ilustración 1. Se definieron 17 indicadores y se recopilaban datos de utilidad para el seguimiento a cada una de las 7 medidas prioritarias, con el fin de evaluar su Eficacia, entre estos, se consideraron: concentraciones de PM2.5, contenidos de azufre en los combustibles e históricos de especiación de PM2.5. Del mismo modo, se evaluaron las concentraciones de PM2.5 a partir de los Promedios anuales de calidad del aire elaborados por el Sistema de Alerta Temprana del Valle de Aburrá – (Área Metropolitana del Valle de Aburrá , 2022); se evaluó experimentalmente el indicador “Aporte o contribución al PM2.5” - Medida Mejora en la calidad del combustible Diésel y procesos de combustión y también se realizó un análisis estadístico de las concentraciones de PM2.5 antes del PIGECA y después de su establecimiento en 2021 para validar el impacto de las medidas.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático

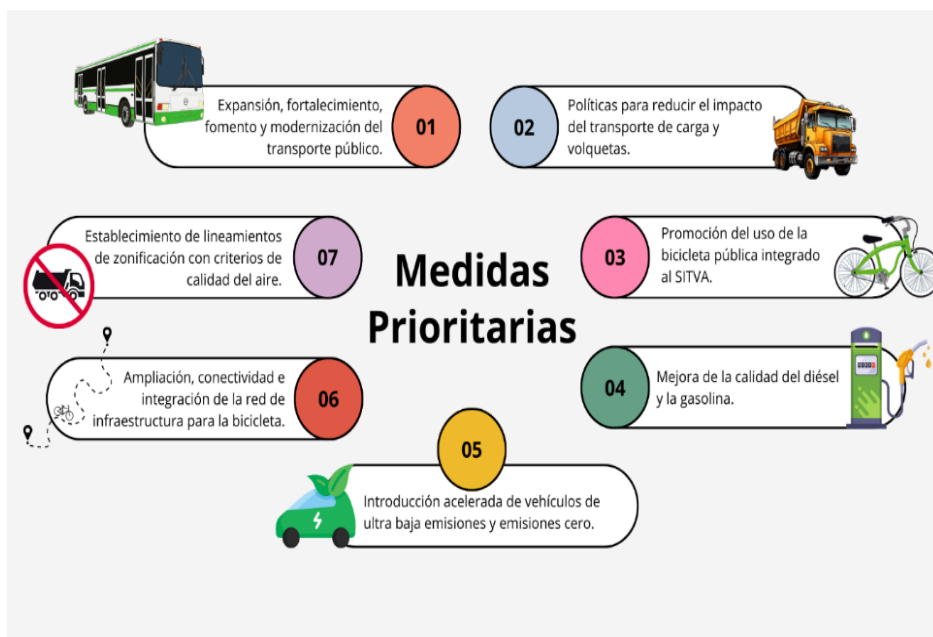


Figura 1. Medidas prioritarias para prevenir episodios críticos en el Valle de Aburrá

Fuente: Elaboración propia

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvo un comportamiento favorable para la mayoría de los indicadores que influyen positivamente en las reducciones del PM2.5. Se puede observar en la Tabla 1 una parte de los indicadores que fueron alimentados a partir de su seguimiento para el periodo de estudio.

Tabla 1. Muestra del seguimiento a Indicadores del PIGECA 2017-2022.

Medida	Indicadores	2017	2018	2019	2020	2021	2022
M1	# pasajeros del TP (millones).	287	298	317	165	219	327
	% de vehículos TPC.	65	70	76	76	77	77
M2	# vehículos de carga y/o volquetas con tecnología Euro V/5 y VI/6.	ND	1	2	ND	1150	1284
M3	# estaciones de EnCicla.	54	55	82	103	109	109
	Km de cobertura.	21	21	23	29	31	31
	# usuarios EnCicla (miles).	58	73	93	105	124	127
	# préstamos EnCicla (millones).	1,9	2,2	3,7	1,8	1,4	1,7
M4	Contenido de S en el diésel (ppm).	24	13,9	10	9	13	10
	Contenido de S en la gasolina (ppm).	214	115,9	81	62	50	50

Fuente: Elaboración propia, (Yepes, 2021) (AMVA, 2022), (Ecopetrol, 2022)

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025

Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |

NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226



SC5206-1



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático

Se demostró la tendencia estadística a la disminución del PM_{2.5} después de implementado el PIGECA en 2017 (coeficiente tau -0.27), a diferencia del crecimiento en años previos (Coeficiente tau 0.09), lo cual demostró la eficacia del conjunto de las medidas del PIGECA que fueron priorizadas para la prevención ECA. Ver Gráfico 1.

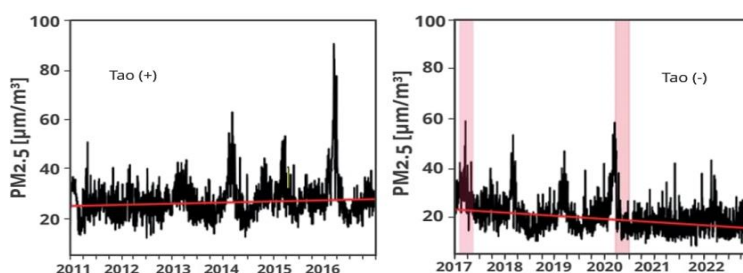


Gráfico 1. Tendencias de las concentraciones de PM 2.5 antes y después del PIGECA.

Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente se evidenció la disminución del PM_{2.5} (39,63%), siendo la concentración media al 2022 (18,37µg/m³), inferior a la norma de calidad del aire nacional (Resolución 2254 de 2017; MADS, 2021) y cumpliéndose la meta PIGECA 2030 (23µg/m³). En el Gráfico 2. Eficacia de una medida con relación al PM 2.5 observa la eficacia de la medida mejoramiento de la calidad del combustible en asocio con la norma nacional de calidad del aire, la meta PIGECA y la norma sugerida por la Organización mundial de la salud – OMS.

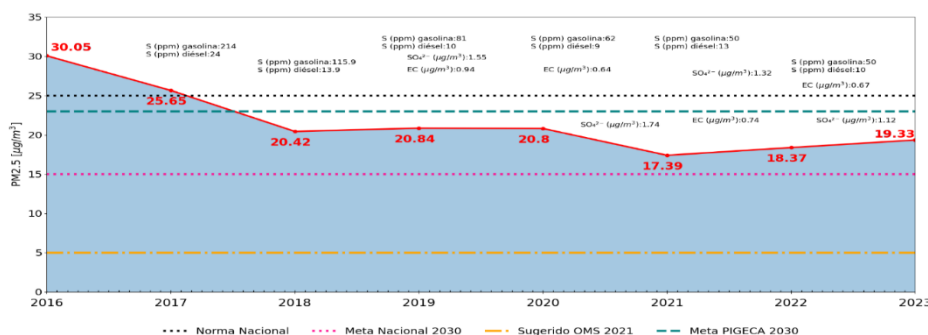


Gráfico 2. Eficacia de una medida con relación al PM 2.5

Fuente: Elaboración propia

El resultado del seguimiento a los indicadores fue muy favorable para la reducción el PM_{2.5} evidenciado en: Menos contenidos de S en los combustibles líquidos por Ecopetrol (Ver Gráfico 3), menos componentes carbonosos (Gómez. Et, al 2021) que se asocian a mejores procesos de combustión, más promoción del sistema de uso de bicicletas (EnCicla), más ciclorrutas y cicli-



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



parqueaderos, expansión del metro y modernización del TPC, vehículos eléctricos para reducir emisiones de transporte, más zonas protegidas, entre otras.

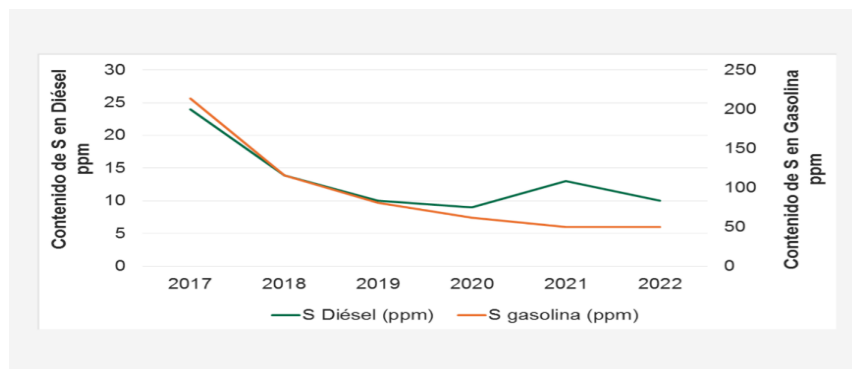


Gráfico 3. Contenido de S en combustibles 2017-2022.

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

Coherente con la evaluación de indicadores vinculados a medidas prioritarios para prevenir episodios críticos de calidad del aire en el Valle de Aburrá, la reducción en el PM2.5 se origina como producto del conjunto de acciones del PIGECA, como, la mejora en combustibles, eficiencia energética industrial, gestión del transporte público y de carga, aumento de viajes sostenibles y movilidad activa e infraestructura para ello, la renovación vehicular, promoción de bicicletas y ciclorrutas, expansión del metro y modernización del transporte público y movilidad eléctrica.

El análisis y comparación entre el conjunto de indicadores asociados a las medidas priorizadas para la prevención ECA, permitió evidenciar una mejora en la calidad del aire entre 2017 y 2022, tanto en términos de la concentración como en la reducción del contenido de sustancias tóxicas respirables a partir de la caracterización química del PM2.5.

REFERENCIAS

AMVA. (2017). Plan Integral de Gestión de Calidad del Aire para el Área Metropolitana del Valle de Aburrá (PIGECA, 2017-2030). Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.metropol.gov.co/ambiental/calidad-del-aire/Documents/PIGECA/PIGECA-Aprobado-Dic-2017.pdf

AMVA. (2021). Informe anual de Calidad del Aire 2021. doi:https://www.metropol.gov.co/ambiental/calidad-del-aire/informes_red_calidaddeaire/Informe-Anual-Aire-2021.pdf

Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible. (2017, 01 de noviembre). Resolución 2254 de 2017. Por la cual se adopta la norma de calidad del aire ambiente y se dictan otras disposiciones.

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025

Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |
NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



<http://www.ideam.gov.co/documents/51310/527391/2.+Resoluci%C3%B3n+2254+de+2017+-+Niveles+Calidad+del+Aire..pdf/c22a285e-058e-42b6-aa88-2745fafad39f>

Área Metropolitana del Valle de Aburrá (2022). ICA Estaciones PM2.5. Informe de Operación.
https://siata.gov.co/CalidadAire/Informe_Procuraduria/F-GAA-RA-82_InformeProcuraduria_Enero2022.pdf

Yepes, D. L. (2021). Medidas de Mejoramiento de la Calidad del Aire Determinantes para la Prevención de Episodios Críticos en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, Colombia.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Análisis Geoespacial Multicriterio de Criticidades Socioambientales en el Sistema Interconectado Nacional mediante la aplicación del Proceso Analítico Jerárquico

AUTORES

Escobar, J. F. (Ph.D.), Universidad de Antioquia. john.escobar@udea.edu.co.

Giraldo Ocampo, J. D. (M.Sc.), Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid.

juliangiraldo@elpoli.edu.co.

Cossio Madrid, O. E. (Ing.), Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid.

oscarcossio@elpoli.edu.co.

RESUMEN

La modelación espacial de las variables de criticidad socioambiental permite identificar áreas de conflicto y oportunidades en la planificación territorial, especialmente en infraestructura energética. Este estudio presenta un mapa de criticidades del Sistema Interconectado Nacional (SIN) de Colombia, usando la metodología Analytic Hierarchy Process (AHP). El objetivo es evaluar restricciones y oportunidades socioambientales en distintos territorios, integrando criterios como infraestructura, densidad de generación, áreas protegidas, cobertura del suelo y criticidad social. La metodología incluyó encuestas a expertos del sector minero-energético, quienes determinaron ponderaciones mediante comparaciones pareadas. Luego, se aplicaron técnicas de análisis espacial para combinar estas variables y generar un mapa de impedancias que refleja las áreas de mayor y menor dificultad para desarrollar infraestructura de transmisión eléctrica, considerando factores ambientales y sociales.

Los resultados identificaron áreas críticas, donde la instalación de infraestructura sería compleja debido a restricciones ambientales, así como zonas más viables para la expansión del SIN, apoyando una planificación más eficiente y sostenible. Este análisis es clave para garantizar que el desarrollo de infraestructura eléctrica tenga un impacto socioambiental mínimo y sea económicamente viable. La discusión menciona estudios previos, como los de Liberatore y Nydick (2008) y Malczewski y Rinner (2015), que destacan la importancia de integrar el contexto socioambiental y enfoques multicriterio en la planificación de infraestructura. Además, se analiza el impacto de la criticidad social en la toma de decisiones, proporcionando un marco sólido para evaluar cómo los factores sociales afectan la viabilidad de los proyectos energéticos. Los conflictos territoriales y las limitaciones por áreas protegidas y comunidades vulnerables subrayan la importancia de considerar

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025

Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |

NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



múltiples perspectivas. La metodología AHP facilita la integración de variables cuantitativas y cualitativas, apoyando la identificación de las mejores alternativas para el desarrollo energético.

El mapa final constituye una herramienta para la planificación territorial y la toma de decisiones estratégicas en el sector eléctrico. También resulta valioso para identificar estrategias de mitigación de conflictos socioambientales, anticipando dificultades y valorando alternativas para minimizar el impacto sobre comunidades y el entorno natural. La integración de múltiples criterios mediante AHP proporciona una base sólida para políticas públicas equilibradas entre desarrollo energético y conservación ambiental, promoviendo una planificación más equitativa y sostenible.

PALABRAS CLAVE:

Criticidades socioambientales, Sistema Interconectado Nacional, Análisis Jerárquico de Procesos, Planificación Territorial, GIS.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo del Sistema Interconectado Nacional (SIN) en Colombia enfrenta restricciones socioambientales complejas que deben ser consideradas para garantizar la sostenibilidad de los proyectos de infraestructura energética. Estas restricciones incluyen factores como las áreas protegidas, la densidad de generación energética, la infraestructura existente, la cobertura del suelo y la criticidad social, los cuales son determinantes para la viabilidad de las ampliaciones del SIN. La creciente demanda de infraestructura energética requiere un abordaje sistemático y riguroso que considere las múltiples dimensiones del problema. En este contexto, la metodología Analytic Hierarchy Process (AHP), ampliamente utilizada en problemas de toma de decisiones multicriterio, permite integrar estos factores en una evaluación integral que facilita la identificación de áreas óptimas para el desarrollo de infraestructura.

El objetivo de este estudio es elaborar un mapa de criticidades socioambientales para apoyar la planificación de la infraestructura del SIN, proporcionando una herramienta basada en evidencia para la toma de decisiones estratégicas. Para lograr este objetivo, se recopilieron y analizaron datos socioambientales mediante la aplicación del AHP, a fin de determinar el peso relativo de cada variable en la evaluación territorial. Se llevaron a cabo encuestas a expertos en diversas áreas, como ingeniería ambiental, energía, y ciencias políticas, cuyos resultados fueron integrados en el modelo para la generación de un mapa que identifica áreas con restricciones y oportunidades para la infraestructura energética.

Este trabajo contribuye al conocimiento científico en el campo de la planificación territorial y la infraestructura energética, al proponer un enfoque innovador que combina análisis multicriterio y evaluación espacial para la identificación de criticidades. En la literatura, metodologías como la de Saaty (1980) han sido exitosamente empleadas en la gestión de recursos naturales y la evaluación de proyectos de infraestructura, lo cual respalda la validez del enfoque utilizado en este estudio. Adicionalmente, este trabajo se diferencia al incorporar un análisis espacial detallado que permite

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025

Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |

NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



una mayor precisión en la identificación de áreas críticas, evidenciando así su aporte significativo a la disciplina.

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

Para este proyecto, se adoptó un enfoque cuantitativo descriptivo basado en la metodología AHP. Esta metodología estructuró problemas complejos en una jerarquía de criterios para facilitar la toma de decisiones multicriterio. Se identificaron cinco variables clave: áreas protegidas, infraestructura, densidad de generación energética, cobertura del suelo y criticidad social. Estas variables fueron seleccionadas tras una revisión de estudios previos y consulta a expertos por su relevancia en la planificación territorial y expansión del SIN.

Se desarrolló una aplicación web en Python para sistematizar el procedimiento de valoración multivariado del método de Saaty. Esta herramienta automatiza la comparación pareada y la generación de matrices de decisión, garantizando eficiencia y consistencia en el análisis, mejorando la reproducibilidad y reduciendo errores humanos. La aplicación fue utilizada durante sesiones virtuales para validar los resultados en tiempo real.

La población objetivo incluyó 28 expertos de sectores como ingeniería ambiental, geografía, ciencias políticas, hidrología y energía. De estos, 14 participaron activamente en la encuesta para determinar ponderaciones relativas mediante comparaciones pareadas, siguiendo el método de Saaty. Las encuestas se realizaron virtualmente, utilizando Google Meet, lo cual facilitó la participación y representatividad.

El modelo fue desarrollado combinando herramientas analíticas y espaciales. Se utilizaron SIG para generar y analizar los mapas resultantes. ArcGIS Pro fue empleado para gestionar la geodatabase y ejecutar el análisis espacial. Las variables fueron normalizadas en una escala de 1 a 10 para garantizar su comparabilidad y permitir la superposición en el análisis multicriterio.

Se utilizó también ArcGIS Pro para el análisis de densidad, mapear la distribución de infraestructura y calcular distancias a áreas protegidas e infraestructuras críticas. Técnicas avanzadas de álgebra de mapas y superposición permitieron producir un mapa detallado de impedancias, visualizando las restricciones de expansión del SIN.

El mapa de criticidades se generó siguiendo un enfoque jerárquico, considerando el impacto relativo de cada variable en la planificación energética. Las áreas protegidas se evaluaron por su ubicación, grado de protección y especies endémicas, mientras que la criticidad social se midió por conflictos territoriales y la presencia de resguardos indígenas.

Finalmente se desarrolló una aplicación web con JavaScript y librerías de geovisualización para gestionar la visualización del *dashboard*.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados muestran un mapa de criticidades socioambientales en el que las áreas protegidas y la criticidad social presentan las mayores impedancias para el desarrollo de nueva infraestructura eléctrica. En la Figura 1 se presenta el mapa de criticidad social reclasificado, que muestra cómo los conflictos territoriales y las áreas de protección restringen la expansión del SIN.

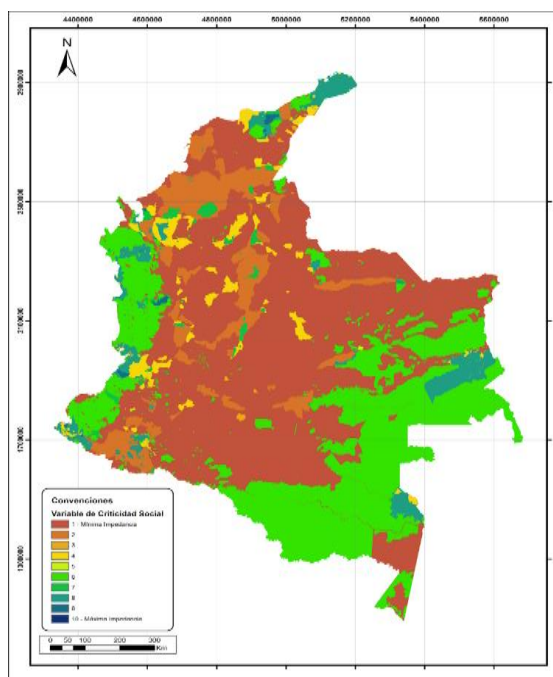


Figura 1 Mapa de criticidad social reclasificado
Fuente: Elaboración propia

En comparación con estudios previos, los resultados del presente trabajo confirman la importancia de integrar la variable social en la planificación de infraestructura. El estudio de Liberatore y Nydick (2008) destaca la relevancia de incluir el contexto socioambiental en la evaluación de proyectos de infraestructura. Asimismo, el trabajo de Malczewski y Rinner (2015) refuerza la necesidad de utilizar enfoques multicriterio para evaluar la viabilidad territorial de proyectos energéticos.

La Tabla 1 resume los resultados de la evaluación de las variables ponderadas por los expertos. Los pesos asignados reflejan la influencia significativa de las áreas protegidas y la criticidad social en la viabilidad de los proyectos energéticos. La variación en los pesos asignados por los expertos evidencia la subjetividad inherente al proceso de evaluación multicriterio, lo cual resalta la importancia de integrar diversas perspectivas para lograr una toma de decisiones más equilibrada.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático

Tabla 1. Resultados de las Ponderaciones

Experto	Áreas Protegidas	Críticidad Social	Temática		
			Infraestructura	Cobertura	Densidad de Generación
1	48%	8%	17%	13%	14%
2	38%	34%	5%	18%	4%
3	20%	30%	5%	39%	5%
4	17%	38%	5%	21%	20%
5	37%	39%	11%	9%	3%
6	37%	29%	8%	17%	8%
7	9%	29%	37%	11%	15%
8	33%	37%	5%	20%	5%
9	27%	23%	9%	29%	12%
10	17%	52%	3%	22%	6%
11	51%	8%	26%	4%	11%
12	48%	29%	9%	2%	12%
13	12%	28%	18%	34%	9%
14	13%	44%	7%	33%	3%
PROMEDIO	29%	31%	12%	19%	9%

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, la Figura 2 muestra el mapa resultante que integra todas las variables ponderadas en este estudio. Este mapa ofrece una visión comprensiva de las restricciones y oportunidades territoriales, permitiendo identificar de manera clara las áreas con mayor viabilidad para el desarrollo de infraestructura energética.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático

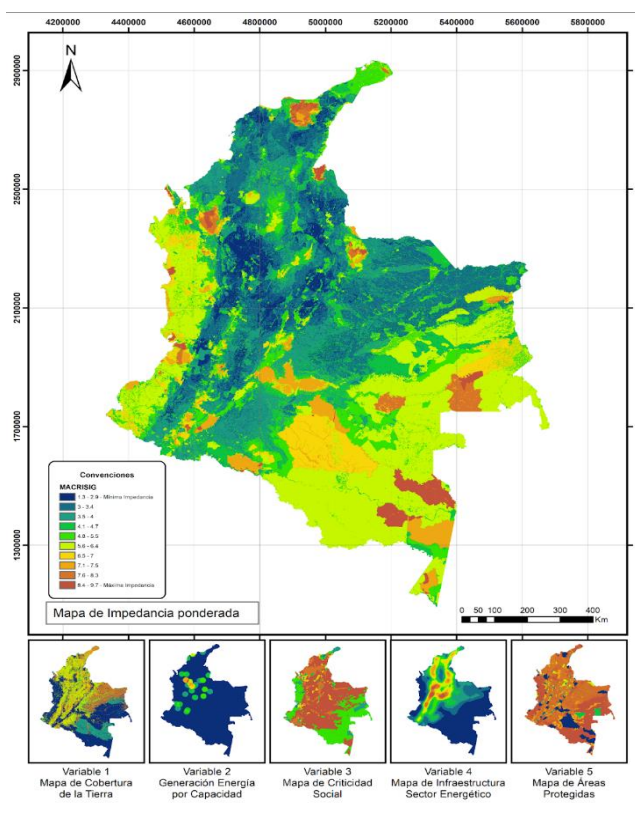


Figura 2. Mapa resultante de la ponderación y variables asociada reclasificado

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

El mapa de criticidades socioambientales elaborado mediante la metodología AHP representa una herramienta útil para la planificación del Sistema Interconectado Nacional. Los resultados muestran que las áreas protegidas y la criticidad social son los factores con mayor impacto en la viabilidad de la expansión de infraestructura. La inclusión de expertos en el proceso de evaluación permitió integrar diferentes perspectivas, lo que contribuye a una planificación más equitativa y sostenible. Es necesario actualizar constantemente las fuentes de datos utilizadas para garantizar la validez del mapa de criticidades, así como considerar escenarios específicos de planificación en los que se puedan ajustar los pesos ponderados. El uso de herramientas SIG y la aplicación del AHP permiten una evaluación integral de las condiciones socioambientales, facilitando la toma de decisiones en el sector eléctrico.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



REFERENCIAS

Liberatore, M. J., & Nydick, R. L. (2008). The analytic hierarchy process in medical and health care decision making: A literature review. *European Journal of Operational Research*, 189(1), 194-207.

Malczewski, J., & Rinner, C. (2015). *GIS-Multicriteria Decision Analysis*. Wiley.

Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. McGraw-Hill.

Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME). (2022). *Plan de Expansión de Transmisión (2022-2036)*.

https://www1.upme.gov.co/siel/Plan_expansin_generacion_transmision/Plan_de_Expansion_2022-2036_VF.pdf

Gómez Camacho, B. G. (2018). SEGUIMIENTO CONSULTAS PREVIAS POMCAS Avance año 2018.

Ministerio de Medio Ambiente Colombia. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Anexo-67-Seguimiento-Consultas-Previas-2018.pdf>



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Diseño de una app para la gestión de celdas de parqueo en Centros Comerciales en la ciudad de Medellín

AUTORES

Beatriz Gutiérrez Caycedo, Estudiante de Tecnología en desarrollo de software, Institución Universitaria Pascual Bravo, b.gutierrez75@pascualbravo.edu.co

Juan José Oquendo Sánchez, estudiante de Tecnología en desarrollo de software, Institución Universitaria Pascual Bravo, juan.oquendo767@pascualbravo.edu.co

Jhojan Steis Roperio Ruedas, estudiante de Ingeniería de software, Institución Universitaria Pascual Bravo, jhojan.roperio034@pascualbravo.edu.co

Isabel Murillo Álvarez, Estudiante de Profesional en diseño gráfico, Institución Universitaria Pascual Bravo, isabel.murillo611@pascualbravo.edu.co

RESUMEN

El proyecto propone el diseño de una aplicación móvil para la gestión eficiente de celdas de parqueo en centros comerciales de Medellín. Esta solución permitirá a los usuarios reservar celdas de parqueo con anticipación, visualizar la disponibilidad en tiempo real, pagar de manera digital y recibir notificaciones sobre el estado de su reserva. Además, la aplicación proporcionará información sobre la ocupación de vías cercanas y sugerencias de rutas, con el fin de optimizar la movilidad urbana y reducir la congestión vehicular. A nivel global, el uso de tecnologías para la gestión de parqueaderos ha demostrado ser una solución eficaz para mejorar la experiencia del usuario y reducir la huella de carbono al minimizar el tiempo de búsqueda de estacionamiento. En Colombia, aunque ya se han implementado soluciones similares en ciudades como Bogotá y Cali, Medellín carece de una aplicación integral para este propósito, lo que representa una oportunidad de innovación. Es más, casi todas las soluciones propuestas están orientadas hacia la administración de los parqueaderos. La contribución de este proyecto radica en su capacidad para mejorar la eficiencia operativa de las celdas de parqueo de los centros comerciales y mejora la experiencia de los usuarios, mientras también se promueve una movilidad más sostenible. El prototipo de la aplicación será evaluado en varios centros comerciales de la ciudad para medir la percepción de los usuarios potenciales.

PALABRAS CLAVE:

Incluir de 3 a 5 ítems clave.

Parqueaderos públicos, celdas de parqueo, diseño de app.

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025
Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |
NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



INTRODUCCIÓN

El mal parqueo se ha convertido en una de las mayores problemáticas urbanas en Medellín. Las principales causas de esta situación incluyen la insuficiencia de espacios de estacionamiento legal en zonas de alta densidad, como: las zonas rosas, el centro de la ciudad y los barrios, lo que obliga a muchos conductores a estacionar en lugares prohibidos. Además, la falta de una cultura de respeto a las normas de tránsito y el escaso conocimiento de las sanciones por parte de algunos conductores contribuyen al mal parqueo. Asimismo, el crecimiento del parque automotor, que no ha sido acompañado por una infraestructura adecuada de estacionamientos públicos y privados, agrava el problema, evidenciando la necesidad de soluciones integrales que aborden tanto la oferta de espacios como la educación y control de los conductores (Gallo & Velásquez, 2024).

En ese sentido, un estudio realizado por la Universidad Nacional de Colombia para la Secretaría de Movilidad de Medellín reveló que hay un alarmante déficit de celdas de parqueo en varias comunas de la ciudad. El estudio advierte que, de no implementar una política pública de parqueo, en el año 2030 harían falta 40 mil celdas de estacionamiento, únicamente en los barrios El Poblado, Laureles, Belén y Candelaria (La FM, 2017).

En total el déficit en esas zonas es de 18.695 celdas de parqueo, 7.269 en el centro, 2.122 en Laureles, 7.138 en el Poblado y 2.166 en Belén. Las cifras del déficit proyectadas a 2030 serían de 44.673 celdas, 16.252 en el centro, 5.499 en Laureles, 18.094 en El Poblado y 4.828 en Belén. Asimismo, la disposición a pagar de propietarios de vehículos particulares por horas y por comuna, luego del estudio, quedó así: en Belén, 4.558 pesos; en Laureles, 4.930; y en El Poblado, 2.616. El estudio recomendó a la Secretaría de Movilidad que era necesario disponer de una aplicación móvil para informar a la gente sobre la cantidad de celdas disponibles, esto se realizaría con sensores y cámaras puestas en las calles y/o los diferentes parqueaderos. Con esa estrategia solo se necesitarían 6.857 celdas (Universidad Nacional de Colombia, 2017).

Basado en lo anterior, en este proyecto se propone el diseño de una aplicación móvil para la gestión eficiente de celdas de parqueo en centros comerciales de la ciudad de Medellín. A través de esta aplicación, se busca no solo mejorar la experiencia del usuario, sino también contribuir a la sostenibilidad urbana al optimizar el uso de espacios para el estacionamiento de vehículos, y reducir las emisiones de gases contaminantes derivadas de los largos desplazamientos a los cuales incurrir muchos conductores en la ciudad durante sus visitas a los centros comerciales de la ciudad.

La solución propuesta permite a los usuarios reservar celdas de parqueo con anticipación, visualizar en tiempo real la disponibilidad de espacios, efectuar pagos desde la aplicación y recibir notificaciones sobre el estado de su reserva. Además, se proporcionará información sobre la ocupación de vías cercanas y recomendaciones de rutas para llegar al destino de manera más eficiente, lo que no solo facilita el acceso a los centros comerciales, sino que también contribuye a la reducción de la congestión y, por ende, a una disminución en la emisión de gases de efecto invernadero.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



El desarrollo de esta aplicación integra elementos clave de la ingeniería de software y la innovación tecnológica, aplicados a un contexto urbano que demanda soluciones sostenibles. Al estar disponible para dispositivos Android e iOS, y ser implementada inicialmente en una selección de centros comerciales de Medellín, se evaluará la eficacia de la solución en términos de mejora en la experiencia de los usuarios y su impacto en la rentabilidad y sostenibilidad de los centros comerciales.

A nivel global, el uso de tecnologías para la gestión de parqueaderos ha avanzado considerablemente, y cada vez más ciudades están adoptando soluciones inteligentes que permiten una gestión más eficiente de los espacios de estacionamiento. En Europa y América del Norte, estas innovaciones han permitido la reducción de congestiones vehiculares y una mayor optimización de los recursos, contribuyendo así a los objetivos de sostenibilidad y a la adaptación de las infraestructuras urbanas frente al cambio climático.

Es de resaltar que, el presente proyecto se alinea con la sostenibilidad, al proponer una solución que no solo mejora la experiencia de los usuarios, sino que también tiene un impacto positivo en la reducción de la huella ambiental, al minimizar el tiempo de búsqueda de espacios de parqueo y la congestión vehicular en áreas comerciales. Así, la aplicación contribuirá a la optimización de los recursos y a la promoción de una movilidad más eficiente y respetuosa con el medio ambiente.

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

El proyecto se desarrollará en las siguientes fases:

Fase 1: Investigación y análisis

- Se realizará visitas a los diferentes centros comerciales de la ciudad de Medellín para caracterizar la infraestructura tecnológica empleada en la administración de sus parqueaderos, incluyendo hardware y software
- Se realizarán encuestas a usuarios de los parqueaderos de los diferentes centros comerciales de la ciudad de Medellín, para identificar sus necesidades y expectativas frente al diseño de la nueva app

Fase 2: Diseño y desarrollo de la aplicación móvil

Con base en la información recopilada en la fase anterior:

- Se diseñará la interfaz de usuario de la aplicación móvil
- Se desarrollará la aplicación móvil utilizando una plataforma de desarrollo de aplicaciones móviles

Fase 3: Implementación y evaluación

- Se implementará un producto mínimo viable de la app la cual incluirá las características básicas que permita su validación con los clientes potenciales y usuarios finales
- Se realizará una evaluación de la funcionalidad y una valoración de la experiencia por parte de los usuarios potenciales de la app



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados esperados:

- Producto mínimo viable de la app
- Pruebas de funcionalidad y de usabilidad de la app
- Pruebas de UX en cliente potenciales

REFERENCIAS

Gallo, M., & Velásquez, S. (2024). *Medellín como parqueadero público*. Recuperado el 29 de Agosto de 2024, de <https://sextante.ucatolicaluisamigo.edu.co/?p=12721>

La FM. (2017). *Alerta en Medellín por déficit de 18 mil celdas de parqueo en cuatro barrios*. Recuperado el 26 de Septiembre de 2024, de <https://www.lafm.com.co/colombia/alerta-medellin-deficit-18-mil-celdas-parqueo-cuatro-barrios>

Universidad Nacional de Colombia. (2017). *Medellín tiene déficit en celdas de parqueo y para cubrirlo se necesitarían construir 18 mil*. Recuperado el 9 de Septiembre de 2024, de <https://minas.medellin.unal.edu.co/noticias/1662-medellin-tiene-deficit-en-celdas-de-parqueo-y-para-cubrirlo-se-necesitarian-construir-18-mil>



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Huella de carbono, medida de la efectividad de los programas ambientales en el ITM

AUTORES

José Luis González Manosalva, Instituto Tecnológico Metropolitano, Medellín, Colombia
josegonzalez@itm.edu.co.

Carlos Esteban Aristizábal Álzate, Instituto Tecnológico Metropolitano, Medellín, Colombia
carlosaristizabal207157@correo.itm.edu.co.

Harlem Acevedo Agudelo,
Instituto Tecnológico Metropolitano, Medellín, Colombia
harlemacevedo@itm.edu.co

RESUMEN

El presente estudio contiene el resultado de la Huella de Carbono (HC) del Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín (ITM), organización pública prestadora de servicios académicos, de investigación, de docencia y extensión. El cálculo de este indicador de sostenibilidad se hizo conforme a la metodología descrita en las normas ISO 14064 (Medición de Gases Efecto Invernadero), con la información suministrada por la Institución, avalada por las diferentes dependencias y que aparece en su página web (<https://www.itm.edu.co/transparencia/mapa-de-procesos/>), de sus consumos de materiales y recursos energéticos, necesarios para su funcionamiento y correcta operación. Adicionalmente, se proponen los mecanismos de remoción y mitigación de GEI a implementar en la Institución, con el fin de compensar el impacto al cambio climático.

PALABRAS CLAVE:

Huella de carbono; programa ambiental; mitigación de GEI; eficacia; sostenibilidad.

INTRODUCCIÓN

En 2015, la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (United Nations, 2015) propuso un conjunto de 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) a alcanzar para 2030, uno de los cuales es el ODS 13 Acción climática: tomar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus impactos. Es muy probable que el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) junto con otros impulsores antropogénicos sea la causa dominante del calentamiento global reciente y esperado (Stocker et al., 2014), que se mide por la concentración de emisiones de GEI liberadas a la atmósfera. Las universidades, como organizaciones dedicadas a la educación, la investigación y los servicios comunitarios, desempeñan un papel importante en la promoción de la sostenibilidad y deben ser un ejemplo de organización sostenible. La HC es una herramienta muy útil para la toma de decisiones que permite a las organizaciones medir y comunicar el efecto de sus actividades en el

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025
Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |
NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



medio ambiente. Para ello, es necesario contar con herramientas capaces de calcular, rastrear y reportar sus emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), así como orientar las acciones para reducirlas y compensarlas (Valls-Val & Bovea, 2022).

Como contribución a los esfuerzos de cuantificación de las emisiones de GEI en las IES, este trabajo evalúa el Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín (ITM), organización pública municipal prestadora de servicios académicos, de investigación, docencia y extensión, mediante la construcción de su HC para cuantificar sus fuentes de emisión de GEI, comparativamente en los años 2019 y 2021. El objetivo de cuantificar, monitorear y reportar el inventario de GEI está dirigido a encontrar alternativas para reducir el volumen de emisiones que se generan y compensar aquellas que difícilmente se pueden evitar.

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

El año base establecido para la cuantificación y medición de las emisiones de GEI es el periodo comprendido entre enero 1 y el 31 de diciembre de 2019, porque es un año representativo, cuenta con datos verificables y auditables, cumple los requisitos de la ISO 141064-1:2006, adicionalmente con este año base se pueden realizar recálculos en el tiempo al ser un año representativo.

Los límites definidos para el ITM, según lo establecido por la norma ISO 141064-1:2006 son: Estructura organizacional, Límites de la organización y Exclusiones. No se incluye el alcance 3, porque este proyecto se realizó en el marco de un convenio con el Área Metropolitana del Valle de Aburrá y el ICONTEC y no permite este alcance para verificación externa. Los transformadores de la subestación eléctrica de ITM campus Robledo son base seca. No se utiliza SF6.

Los alcances evaluados dentro de este inventario están dados por emisiones directas e indirectas. Las cuales se encuentran identificadas y no han tenido cambios desde el año base: La Figura 1 presenta un esquema de la metodología para el cálculo del inventario GEI.



Figura 1. Metodología para el cálculo de emisiones GEI.

Fuente: Los autores.

Corresponde a las emisiones directas de ITM contabilizadas, que son propiedad o están controladas por la organización. Para los cálculos de emisiones directas se identificaron varias fuentes de emisión presentadas en la Figura 2.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático

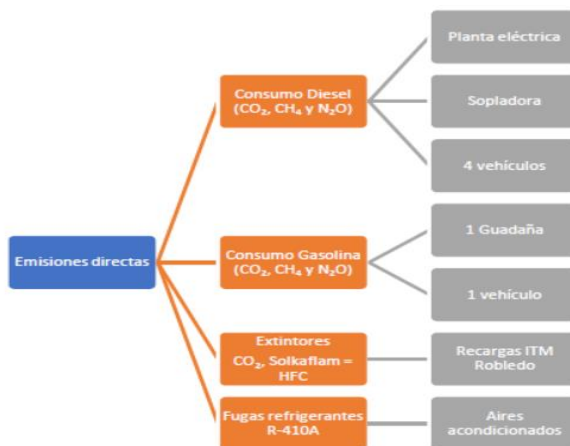


Figura 2. Fuentes de emisión directa para ITM.

Fuente: Los autores.

Las emisiones indirectas corresponden al consumo de energía eléctrica en las instalaciones de la organización adquirida y consumida dentro de los procesos operativos y equipos que son propios o controlados por ITM como son salones de clase, laboratorios, talleres, iluminación, equipos y oficinas. Toda la información sobre consumos de combustible, recarga de extintores, reparación de aires acondicionados y consumos de energía, reposa en la oficina de Área Física y Servicios Generales (AFSG) en archivos digitales. Para garantizar que se lleva un correcto registro y trazabilidad de la información, se hace verificación interna mediante auditoría, la cual se integra a las auditorías internas de los sistemas integrados de calidad y gestión ambiental, y será programada a partir de 2023. Para el cálculo de las emisiones derivadas del consumo de combustibles fósiles se utilizaron los factores de emisión recomendados por la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME 2016) del Ministerio de Minas y Energía, para los demás gases de efecto invernadero, se emplean los factores de emisión reportados por el IPCC. Para el caso de la electricidad, se utiliza el factor de emisión calculado por XM Expertos 2021, el cual es un dato validado y publicado oficialmente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se puede observar la disminución de las emisiones en el año 2021 con respecto al año base 2019.

Tabla 1. Comparativo emisiones ITM 2019 – 2021.

Alcance	Fuentes	ROBLEDO 2019 [ton CO2-eq/año]	%	ROBLEDO 2021 [ton CO2-eq/año]	%
1	Fuentes Móviles	16.15	50.2%	18.68	52.7%
	Fuentes Fijas	3.05	9.5%	0.15	0.4%



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático

Alcance	Fuentes	ROBLEDO 2019 [ton CO2-eq/año]	%	ROBLEDO 2021 [ton CO2-eq/año]	%
	Fuentes Fugitivas	12.98	40.3%	16.64	46.9%
	SUBTOTAL	32.18	15.7%	35.47	26.5%
2	Energía Adquirida	172.6	100.0%	98.28	100.0%
	SUBTOTAL	172.6	84.3%	98.28	73.5%
TOTAL HC		204.78	100.0%	133.75	100.0%

Fuente: Los autores

CONCLUSIONES

La emisión total para el año 2021 fue de 133.75 Ton CO2-equivalente lo cual representa una disminución de 71.03 Ton CO2-equivalente respecto del año base. Un inventario de gases efecto invernadero (IGE), es como un diagnóstico que refleja las principales fuentes que, de una empresa, organización, ciudad o territorio (ONU HABITAT, 2012), más impactan en la emisión de gases efecto invernadero, y por tanto más aportan al calentamiento global. Es por eso que el paso a seguir luego de un diagnóstico (IGE) es plantear las acciones que permitan mitigar la emisión de las principales fuentes de GEI (IPCC, 2014). Los resultados de la tabla 1 permiten establecer priorizaciones en las acciones a implementar para disminuir el alto porcentaje que se tiene en la HC del ITM, particularmente en el tema de transporte. En la figura 3, se ilustran los esfuerzos que realiza la Universidad Politécnica de Tianjin (TJPU) y que pueden ser implementados en el ITM atendiendo los resultados de la tabla 1. Cualquiera sea el tipo de acción emprendida en pro de la mitigación y remoción de emisiones de GEI, se contribuye y ayuda a promover la consecución de resultados en pro de los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS). Las soluciones propuestas se enfocan en (7) Energía asequible y no contaminante, (11) Ciudades y comunidades sostenibles, (13) Acción por el clima y (15) Vida de Ecosistemas Terrestres.

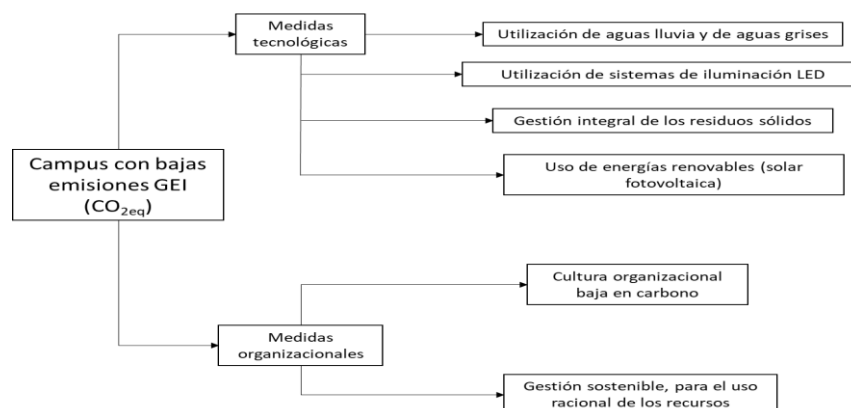


Figura 3. Acciones innovadoras en pro de la disminución de la Huella de Carbono en el TJPU

Fuente: (Liu et al., 2017)



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Este estudio se puede establecer como línea base para llevar a cabo las actividades de seguimiento, monitoreo, control y mitigación de GEI, así como su mejora continua en el ITM dentro del Sistema Integrado de Gestión, ya que se identifica la cantidad de GEI emitida a la atmósfera por alcance, por recurso y/o actividad. Además, la metodología establecida en este trabajo permite realizar el ejercicio a los campus del ITM; incluso puede servir como referencia para la estimación de la Huella de Carbono de cualquier tipo de organización de naturaleza académica, ya que sigue estándares y normas internacionales tales como ISO 141064-1:2006.

REFERENCIAS

ICONTEC. (2020). NTC-ISO 14064.1. Gases de Efecto Invernadero. Parte 1: Especificación con orientación, a nivel de las organizaciones, para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero.

IPCC. (2014). Climate Change. Mitigation of Climate Change. Recuperado el 3 de 12 de 2016, de <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg3/>

Liu, H., Wang, X., Yang, J., Zhou, X., & Liu, Y. (2017). The ecological footprint evaluation of low carbon campuses based on life cycle assessment: A case study of Tianjin, China. *Journal of Cleaner Production*, 144, 266-278.

ONU HABITAT. (2012). Informe Público CIUDADES Y CAMBIO CLIMÁTICO. Bogotá.

Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M. M., Allen, S. K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., & Midgley, P. M. (2014). *Climate Change 2013: The physical science basis. Contribution of working group I to the fifth assessment report of IPCC the intergovernmental panel on climate change.*

UPME. (2016). Factores de emisión del sistema interconectado nacional de Colombia. Ministerio de Minas y Energía. República de Colombia.

United Nations, U. (2015). *Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development.* New York: United Nations, Department of Economic and Social Affairs.

Valls-Val, K., & Bovea, M. D. (2022). Carbon footprint assessment tool for universities: CO2UNV. *Sustainable Production and Consumption*, 29, 791-804. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.11.020>



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Metabolismo urbano del agua en El Santuario, Antioquia. un enfoque desde la planificación y el ordenamiento territorial prospectivo

AUTORES

Luisa Fernanda Quintero Gómez, Julio Eduardo Cañón Barriga, Diego Andrés Aguirre, Maestría en
Gestión Ambiental, Facultad de Ingeniería. Universidad de Antioquia.

luisa.quintero4@udea.edu.co

RESUMEN

El Santuario, es un municipio ubicado en el Oriente Antioqueño, Colombia. Un región del departamento de Antioquia con una creciente expansión urbanística. La investigación surge ante los desafíos de la expansión urbana y la demanda creciente de agua en el municipio, el cual ha experimentado una transformación socioeconómica en la que la expansión de áreas urbanas y suburbanas, aunada al aumento de las actividades industriales y comerciales, gana cada vez más fuerza frente a la histórica ocupación rural. La propuesta estudia cómo estos cambios afectan el metabolismo urbano del agua y generan desafíos en la gestión del recurso hídrico y la planificación territorial. El MUA estudia los cambios en los flujos del agua en áreas urbanas debido a las actividades socioeconómicas relacionadas con el desarrollo, los cambios en el uso del suelo, la utilización y la protección de los recursos hídricos. La propuesta tiene como objetivo caracterizar el MUA mediante Análisis de Ciclo de Vida (ACV) y las dinámicas de gobernanza hídrica a nivel territorial reconociéndolo como herramienta relativamente novedosa en la caracterización de los flujos de agua en zonas urbanas en crecimiento. Esta metodología permite analizar el flujo de materiales en el sistema de abastecimiento de agua e identificar puntos críticos de sostenibilidad ambiental en el Santuario. Se espera que los resultados de la investigación proporcionen una comprensión integral del sistema y sirvan para proponer estrategias de planificación sostenible del agua.

PALABRAS CLAVE:

Metabolismo Urbano del Agua, Análisis del Ciclo de Vida, Gobernanza del Agua, Ordenamiento territorial.

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

El presente estudio utiliza un enfoque de análisis de ciclo de vida (ACV) para evaluar los sistemas de abastecimiento y tratamiento de agua en el municipio de El Santuario, Antioquia. Se implementan tanto el ACV ambiental (ACV-A) como el ACV social (ACV-S), basados en los lineamientos de la norma

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025

Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |

NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



ISO 14044 (2021). Se emplean herramientas y software específicos como OpenLCA Versión 2024 para la modelación y evaluación de los datos.

ACV Ambiental (ACV-A). El estudio utiliza un enfoque de análisis de ciclo de vida (ACV) para evaluar los sistemas de abastecimiento y tratamiento de agua en El Santuario, Antioquia. Se aplican el ACV ambiental (ACV-A) y social (ACV-S) según la norma (ISO 14044, 2021), utilizando el software OpenLCA Versión 2024 para la modelación.

ACV Ambiental (ACV-A). El ACV-A sigue las fases de la ISO 14044, abarcando la captación, tratamiento, distribución, consumo y tratamiento de aguas residuales, integrando procesos intermedios como el mantenimiento de infraestructura. Los flujos elementales, productos y residuos se analizan con OpenLCA y el método "CML-IA baseline", con datos suministrados por la ESP El Santuario y el acueducto veredal, complementados con encuestas y recorridos. En un segundo momento, se aplica un análisis desde la gobernanza local y las propuestas de Ordenamiento territorial

Análisis de actores y gobernanza hídrica: Se realiza un mapeo de actores clave involucrados en la gestión del agua, agrupándolos por sector público, comunidad, usuarios y entidades reguladoras. Se usan herramientas como ONODO para visualizar relaciones y métricas de red social (centralidad, densidad) que permiten evaluar el rol e influencia de cada actor en la gestión hídrica (Medina-Nogueira, Assafiri-Ojeda, & Nogueira-Rivera, 2019). Por su parte, siguiendo la metodología de ponderación de (Fontes, 2016) se evalúa el impacto social del sistema sobre usuarios y comunidades locales midiendo indicadores como satisfacción de la demanda, participación ciudadana y cultura ciudadana alrededor del agua.

A su vez se reconocen las principales propuestas de ordenamiento Territorial sobre el municipio evaluando la perspectiva de planes como el PDM, PBOT, POMCA y PORH.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático

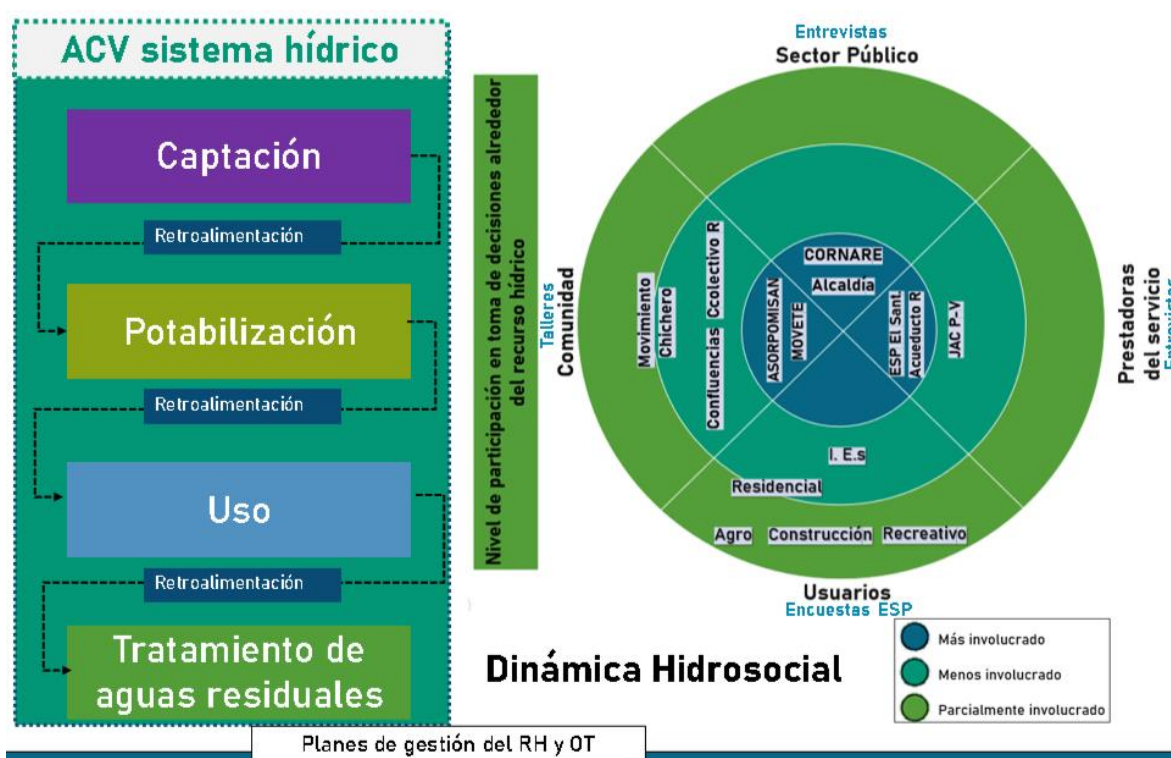


Ilustración 1. Estructura metodológica

Fuente: Elaboración propia

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

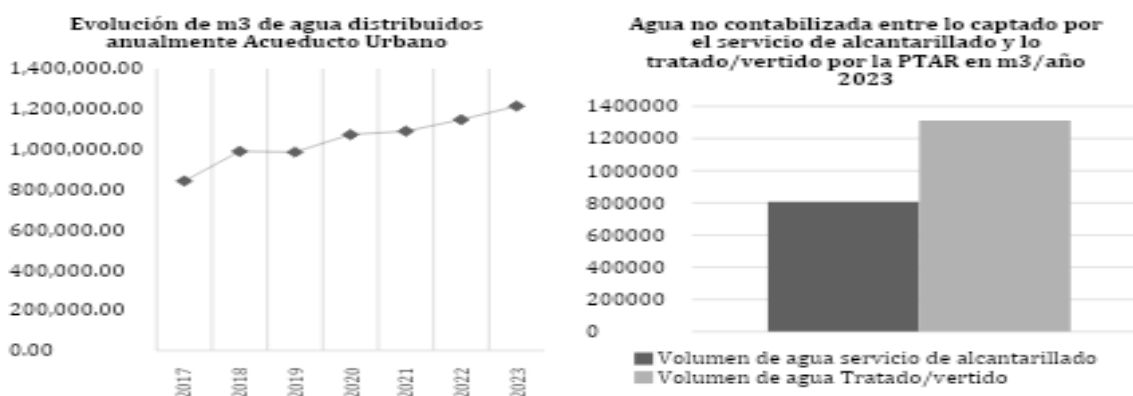


Ilustración 2. Evolución de la distribución de agua y niveles de tratamiento de agua residual

Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la ESP El Santuario.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Los hallazgos de la investigación revelan una situación crítica en la gestión del agua en el municipio. La Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) se encuentra al borde de su capacidad, tanto en potabilización como en almacenamiento, lo que genera una alerta sobre la sostenibilidad del suministro de agua. En paralelo, la ampliación del suelo de expansión urbana y suburbana en 2022 indica un aumento potencial en la demanda de agua, exacerbando la presión sobre un sistema ya sobrecargado.

Además, los acueductos rurales que abastecen las zonas periurbanas están desarticulados en la gestión del alcantarillado, lo que complica aún más la situación. En las nuevas áreas urbanizadas, surgen problemas de presión de agua, lo que afecta la calidad de vida de los residentes y plantea interrogantes sobre la planificación urbana y la infraestructura existente.

Los conflictos por recursos económicos para la gestión de los acueductos municipales se han intensificado, dificultando la implementación de soluciones efectivas. A esto se suma el hecho de que la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) está excedida en un 50% de su caudal de diseño, lo que provoca problemas ambientales significativos, como la mortandad de peces y la generación de espumas de detergentes aguas abajo de la planta.

En este contexto, se identifican dos necesidades clave: la ampliación de la PTAP y la PTAR. Sin embargo, la falta de recursos para abordar estas necesidades críticas pone en riesgo la sostenibilidad hídrica del municipio, lo que demanda una atención urgente y un enfoque integral en la gestión del agua, considerando no solo elementos técnicos sino de articulación entre actores locales.

CONCLUSIONES

La investigación ayudará a identificar las cargas asociadas al sistema territorial del agua y propondrá alternativas de gestión y uso del recurso desde una visión integral de planificación territorial, fomentando la sostenibilidad ambiental.

En el ámbito académico, caracterizar el sistema hídrico urbano y analizar su metabolismo territorial mediante la metodología de análisis del ciclo de vida (ACV) potenciará los estudios existentes, aportando a un enfoque socioterritorial y de futuro del recurso hídrico.

REFERENCIAS

Betancur, T. (2023). El Potencial De Las Aguas Subterráneas en Antioquia

Fernández López, R., Alberto Vilalta Alonso, J., Alfonso Porraspita, D., & Amparo León Sánchez, M. (2022). Escenarios prospectivos: Una revisión de la literatura usando el paquete de R bibliometrix. Anales de Investigación.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Fontes, J. (2016). Handbook for Product Social Impact Assessment.
doi:<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.23821.74720>

Medina-Nogueira, E., Assafiri-Ojeda, J., & Nogueira-Rivera, E. (2019). Procedimiento de análisis redes sociales: herramienta de auditoría de gestión del conocimiento. Ingeniería Industrial.

PBOT. (2022). Plan de ordenamiento territorial de El Santuario, Antioquia (2022).

Arroyave-Giraldo, R. (2020). Transformaciones territoriales en los procesos de crecimiento urbano en el municipio de Rionegro, Antioquia (1998-2018).

Cui, D., Zeng, W., Ma, B., Zhuo, Y., & Xie, Y. (2021). Ecological network analysis of an urban water metabolic system: Integrated metabolic processes of physical and virtual water. Science of the Total Environment, 787. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147432>

Dinarès, M. (2014). Urban Metabolism: A review of recent literature on the subject - (Metabolisme urbà: una revisió de la literatura recent sobre el tema). Documents d'Anàlisi Geogràfica, 60(3). <https://doi.org/10.5565/rev/dag.134>

Fernandes, J., & Ferrão, P. (2023). Urban Metabolism-Based Approaches for Promoting Circular Economy in Buildings Refurbishment. Environments, 10(1), 13. <https://doi.org/10.3390/environments10010013>

Sohn, J., Vega, G. C., & Birkved, M. (2018a). A Methodology Concept for Territorial Metabolism - Life Cycle Assessment: Challenges and Opportunities in Scaling from Urban to Territorial Assessment. Procedia CIRP, 69(May), 89–93. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.10.005>

Farooqui, T. A., Renouf, M. A., & Kenway, S. J. (2016). A metabolism perspective on alternative urban water servicing options using water mass balance. Water Research, 106, 415–428. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2016.10.014>

ESP El Santuario (2015) Plan de Uso Eficiente y Ahorro del Agua PUEAA. Empresas Públicas de El Santuario



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Modelo Predictivo Basado en Machine Learning y Scrum para el Mantenimiento Automotriz

AUTORES

Gabriel A. Echavarría Vásquez, Estudiante Maestría en Ingeniería, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, gabriel_echavarría82101@elpoli.edu.co

Sandra P. Mateus Santiago, Doctora en Ingeniería - Sistemas, spmateus@elpoli.edu.co.

RESUMEN

Este artículo presenta el desarrollo de un modelo predictivo basado en Machine Learning, para ser aplicado a los procesos de mantenimiento automotriz en el sector de posventa. El modelo, desarrollado bajo la metodología ágil SCRUM, integra datos históricos sobre kilometraje, fechas de ingreso al taller y hábitos de mantenimiento para predecir cuándo un vehículo requerirá una próxima visita al taller o un cambio de vehículo. El modelo se implementó utilizando Python y scikit-learn y el desempeño fue evaluado mediante una matriz de confusión, obteniendo una precisión del 87%. Los resultados muestran la viabilidad de este enfoque para anticipar las necesidades de mantenimiento, dando la posibilidad de planificación en los concesionarios y contribuir a la experiencia del cliente y con ello tratar de contrarrestar a la contaminación.

PALABRAS CLAVE:

Modelo Predictivo, Machine Learning, SCRUM, Mantenimiento Automotriz.

INTRODUCCIÓN

El mantenimiento preventivo es esencial para asegurar el correcto funcionamiento de los vehículos. En el sector automotriz de posventa, los concesionarios necesitan predecir con precisión cuándo un vehículo requerirá un servicio, ya sea basado en el kilometraje o en patrones temporales de ingreso al taller. Sin embargo, el método tradicional de mantenimiento basado solo en el kilometraje presenta limitaciones, lo que ha motivado la búsqueda de soluciones más avanzadas. Es por lo anterior, que este artículo presenta un modelo predictivo que, mediante el uso de datos históricos y técnicas de machine learning, se aplica al proceso de mantenimiento de vehículos en concesionarios automotrices.

El estado del arte sugiere que las Redes Neuronales Profundas (DNN - por sus siglas en inglés Deep Neural Network) son una de las técnicas más eficientes de Machine Learning para abordar problemas de predicción con datos complejos (Sabbeh, 2018) y por ello es usado en el modelo de este artículo. Adicionalmente, dicho modelo ha sido implementado bajo la metodología SCRUM,

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025
Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |
NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



dado que es un marco ágil que permite la iteración rápida y el ajuste continuo, maximizando la adaptabilidad y eficiencia del desarrollo del proyecto (Upasana Ameta, 2019).

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

El modelo predictivo propuesto, se enfoca en prestar un servicio adecuado en el mantenimiento de vehículos en la industria automotriz mediante el uso de técnicas de Machine Learning. Este modelo tiene como objetivo calcular la cantidad de kilómetros recorridos diariamente por un vehículo y, con base en ese cálculo, prever la próxima visita al taller. Además, se consideraron otras variables relevantes para ofrecer una predicción precisa y útil, tales como: el historial de últimos 3 ingresos al taller, cambios de hábito en frecuencias de ingreso para vehículos que no realizan el ingreso en cantidad de kilómetros en específico, sino en frecuencias de tiempo, promedio diario recorrido por el modelo de vehículo en la ciudad en la es conducido. El modelo también debe prever un posible cambio de vehículo, considerando que la mayoría de los vehículos se cambian cada 2 años o 20000 kilómetros recorridos.

Dentro de las técnicas de machine learning, se destaca la DNN; según Adytia (2024), a diferencia de otros algoritmos de Machine Learning, las DNN utilizan arquitecturas de redes neuronales con múltiples capas para aprender representaciones jerárquicas de los datos de manera automática lo que las hace especialmente efectivas para manejar datos no estructurados y complejos. Además, Chieh-Huang Chen (2023), sugiere que estas redes son capaces de aprender representaciones complejas y no lineales de los datos, lo que las hace particularmente útiles para tareas de predicción y clasificación en escenarios donde las relaciones entre las variables no son evidentes.

La elección de Scrum para el desarrollo de proyectos de Inteligencia Artificial se debe a que este marco de trabajo, permite una entrega más rápida de productos de mayor valor en menos tiempo, enfatiza en los resultados y la coordinación en pequeños incrementos, reduce los costos operativos y aumenta la eficiencia y el Retorno de la Inversión (ROI) (Merzouk, 2023). Además, Scrum proporciona flexibilidad, mejora la calidad del producto de forma constante a través de un proceso iterativo y permite una mejor monitorización del progreso del proyecto.

Con base en lo anterior, el modelo desarrollado, se inicia bajo el marco de trabajo SCRUM con la elaboración de historias de usuario épicas expuestas en la Tabla 1, que guiaron el desarrollo del sistema. Estas historias, concebidas desde la perspectiva del Product Owner, delinearon los objetivos y funcionalidades principales del proyecto.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático

ID HU	Descripción
HU 1	Como desarrollador quiero tener la capacidad de generar conjuntos de datos necesarios, para asegurar que haya suficientes datos para entrenar y validar el modelo predictivo.
HU 2	Como desarrollador quiero crear un modelo de inteligencia artificial en Python, para implementar un sistema predictivo que pueda analizar y predecir diferentes situaciones basadas en datos históricos.
HU 3	Como desarrollador del sistema quiero entrenar y probar el algoritmo de inteligencia artificial hasta alcanzar una precisión definida, para asegurar que el modelo predictivo sea confiable y preciso en la generación de las variables definidas para el próximo contacto con el concesionario.
HU 4	Como desarrollador del sistema, quiero desarrollar un panel de control de gestión de vehículos, para gestionar la información relevante de los vehículos que deben ingresar al taller.
HU 5	Como desarrollador del sistema quiero desarrollar un panel de control de gestión de vehículos, para gestionar aquellos vehículos con alta probabilidad de ser recomprados o cambiados.

Tabla 1. Historias de usuario épicas.

Fuente: Propia

El modelo predictivo fue desarrollado utilizando Python, con apoyo de las bibliotecas Pandas, NumPy y scikit-learn. Los datos de entrada incluyeron: Fechas de los últimos tres ingresos al taller, kilometraje en cada uno de estos ingresos y hábitos de mantenimiento del propietario (frecuencia de visitas al taller).

El modelo fue entrenado con un 70% de los datos disponibles y validado con el 30% restante. Se aplicaron técnicas de normalización llamadas Extracción, Transformación y Carga (Extract, Transform, Load en sus siglas en inglés ETL) para escalar los valores de kilometraje y fechas, ajustando los datos en un rango de 0 a 1. Para evaluar el rendimiento del modelo, se utilizó una matriz de confusión, la cual permitió calcular la precisión, sensibilidad y especificidad del sistema.

RESULTADOS ALCANZADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos muestran que el modelo predictivo alcanzó una precisión del 87% en la predicción de la fecha del próximo ingreso al taller. En la Figura 1, se presenta la matriz de confusión que resume la efectividad del modelo. Como se observa, los verdaderos positivos y verdaderos negativos superan significativamente a los falsos positivos y negativos, lo que refleja la capacidad del modelo para generalizar adecuadamente.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático

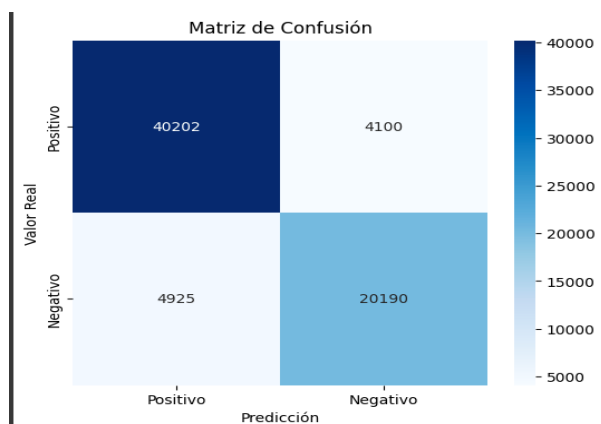


Figura 1. Matriz de confusión del modelo predictivo

Fuente: Elaboración propia

Los resultados del modelo, muestran una mejora significativa en las predicciones al incluir datos adicionales como el comportamiento de los propietarios y no limitarse únicamente a variables numéricas como el kilometraje. Además, el uso de la metodología SCRUM facilitó el ajuste del modelo en tiempo real, permitiendo iteraciones rápidas y mejoras continuas durante el desarrollo.

CONCLUSIONES

El modelo predictivo desarrollado mediante Redes Neuronales Profundas y la metodología SCRUM demostró ser efectivo para anticipar las necesidades de mantenimiento en el sector automotriz de posventa. Con una precisión del 87%, este sistema puede ser utilizado por concesionarios siendo aplicado en la planificación de servicios. Además, la capacidad para prever cambios de vehículo ofrece oportunidades comerciales adicionales para los concesionarios. Como trabajo futuro, se sugiere la exploración de la integración de datos en tiempo real para una mayor precisión del modelo.

REFERENCIAS

Arno De Caigny, K. C. (2019). Leveraging Fine-Grained Transaction Data for Customer Life Event Predictions. *Elsevier*.

Sabbeh, S. F. (2018). Machine-Learning Techniques for Customer Retention: A Comparative Study. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*.

Upasana Ameta, D. M. (2019). Fusing Artificial Intelligence with Scrum Framework. *SSRN*.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Modelos de optimización de procesos en plantas de tratamiento de aguas residuales

AUTORES

Mauricio Rodríguez Gaviria; Carolina González Morales; Jean Pierre Díaz Paz.
Facultad de Ingeniería. Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid
mauricio_rodriguez91102@elpoli.edu.co

RESUMEN

Las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) mejoran la calidad del agua mediante procesos fisicoquímicos y biológicos que mitigan la contaminación provocada por desechos humanos y animales, protegiendo la salud pública y el medio ambiente. Sin embargo, las eficiencias de estos procesos son variables debido a las condiciones cambiantes de las aguas residuales como aumentos significativos en la carga contaminante esperada, así como variaciones climáticas que repercuten en la eficiencia de estas, además, estos procesos generan gases de efecto invernadero como CO_2 , CH_4 y N_2O , principales causantes del cambio climático. Tales efectos, pueden reducirse con optimización y rediseño de las plantas. La investigación revisa estrategias de predicción de variables en PTAR (específicamente Caudal y DQO) para optimizar su funcionamiento, destacando los beneficios de usar modelos matemáticos y técnicas modernas para reducir el consumo de energía y productos químicos en los procesos.

PALABRAS CLAVE:

Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, Optimización de procesos, Modelos predictivos en PTAR.

INTRODUCCIÓN

El objetivo principal de las plantas de tratamiento de aguas residuales es eliminar o reducir los contaminantes que serán vertidos a las fuentes hídricas. Para ello, se diseñan procesos, estructuras y equipos basados en proyecciones de la cantidad y calidad del agua residual afluente, lo que permite dimensionar adecuadamente las plantas (Roohi, Nazif, and Ramazi 2024). Estas proyecciones son desafiantes debido a variables cambiantes como población, clima y economía (Mohammadi et al. 2024; Huang, Li, and Li 2024). La Comisión Europea destaca la necesidad de plantas más eficientes que reduzcan emisiones de gases de efecto invernadero, especialmente metano y óxido nitroso, que son significativamente más dañinos que el CO_2 (Comisión Europea 2018). Actualmente, existen varios modelos matemáticos que predicen las variaciones de flujo y características fisicoquímicas en los afluentes de las PTAR, lo que optimiza su diseño y eficiencia, y permite aplazar futuras expansiones costosas (Jujjavarapu, Kumar, and Gupta 2024; Rios Fuck et al. 2024; Ahmed et al. 2024; Nakhaei et al. 2024). El crecimiento poblacional e industrial aumenta el consumo de agua potable y el vertimiento de aguas residuales, lo que resalta la importancia de gestionar la variabilidad de las cargas contaminantes para no reducir la eficiencia del tratamiento y

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025
Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |
NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



evitar el deterioro de las cuencas hidrográficas. La predicción simultánea de múltiples indicadores sigue siendo un desafío por las fluctuaciones en calidad y cantidad de los afluentes de las PTAR, pero es crucial para optimizar el control de procesos (Gu et al. 2023). Modelos como ARIMA, redes neuronales (RNA), perceptrón multicapa (MLP), modelos con función de base radial (RBF), algoritmos genéticos y lógica difusa han demostrado ofrecer pronósticos confiables y superar estrategias convencionales (Maleki et al. 2018; Ansari et al. 2018; Boyd et al. 2019; Wang et al. 2021b; Behera et al. 2020); El propósito de esta investigación es resaltar los principales modelos numéricos utilizados a nivel mundial para la predicción de dos de los principales parámetros utilizados para el control de los procesos de las PTAR, esto con la finalidad de sentar unas bases para implementar modelos de predicción en las PTAR en el país.

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

La construcción del documento contemplo la lectura de artículos de diferentes bases de datos, entre ellas se encuentran publicaciones de Scopus, ScienceDirect, Springer, MDPI, Taylor & Francis y SAGE, las palabras clave utilizadas en la búsqueda de información contemplo las siglas “WWTP” (Waste Water Treatment Plants por las siglas en Ingles de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales) además, fue anidada a la búsqueda palabras como “Prediction”, “Performance” y “optimization” y con base a ello se filtraron los artículos de interés que contemplan estrategias de predicción de características físico-químicas, métodos de optimización y herramientas utilizadas por los investigadores en PTAR. A partir de los diferentes artículos revisados se seleccionaron las principales variables fisicoquímicas consideradas en la predicción de aguas residuales, como resultado fueron clasificadas las variables de flujo (caudal) y Demanda Química de Oxígeno (DQO), con diferentes técnicas y modelos utilizados para realizar la proyección y/u optimización de diferentes modelos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir de la revisión realizada de los modelos utilizados para la predicción de caudales y demanda química de oxígeno (DQO) en los afluentes de las PTAR, se observa que los modelos matemáticos aplicados se pueden clasificar de la siguiente manera: modelos basados en datos que son los llamados no mecánicos o de caja negra, modelos lineales, entre los que se incluyen la Media Móvil Integrada Auto-Regresiva (ARIMA) y la regresión Lineal, y los modelos no lineales, en los cuales se incluyen las Redes Neuronales Artificiales, el modelo de regresión Splines de regresión adaptativa multivariada (MARS) y modelos híbridos los cuales son la combinación de varios modelos.

Se observó un factor común relevante como lo son las redes neuronales artificiales y el Modelo Auto regresivo Integrado de Media Móvil (ARIMA) los cuales fueron utilizados por diferentes autores en la proyección de estos parámetros, los investigadores consultados utilizan bases de datos de diferentes variables con frecuencias que varían entre 14 años y 20 horas, los modelos principalmente se diferencian en su concepción y metodología utilizada.

A continuación (ver tabla 1), se presentan las investigaciones más significativas en el tema de análisis, mostrando la base de datos de ingreso, el modelo utilizado y los parámetros predichos.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático

Tabla 1. Modelos empleados para la predicción de caudal y DQO en el afluente de diferentes PTAR.

Investigadores	Base de datos de entrada al modelo	Modelos utilizados	Parámetro de predicción.
(Xie et al. 2024)	6 meses de datos diarios.	Red neuronal Convolutacional	Caudal, Nitrogeno.
(Alsulaili and Refaie 2021)	7 años de datos históricos de temperatura, pH, conductividad, SST, DQO y DBO (en total, 2.397 datos puntos)	Red neuronal artificial.	DBO, DQO, SST
(Boyd et al. 2019)	3 años de datos de caudal afluente con una frecuencia de muestreo variable (5 min, 15 min, diaria)	ARIMA	Flujo
(Zhang et al. 2019)	1 año de datos históricos con una frecuencia de muestreo de 15 min.	Redes neuronales Multicapa y ARIMA,	Caudal
(Zhou et al. 2019)	2 años de datos de caudal diario y datos meteorológicos	Modelo de bosque aleatorio	Flujo
(Wang et al. 2021a)	4 años de datos históricos de precipitación, temperatura, caudal DQO y amoníaco	Regresión estadística.	DQO, Caudal

La revisión permitió identificar que para predicción a corto plazo fueron utilizadas Redes Neuronales Convolucionales (CNN) y Redes Neuronales Recurrentes (RNN) y para la predicción a largo plazo la más común fue la red neuronal Long-term memory (LSTM).

CONCLUSIONES

En esta investigación se presentan técnicas sobre modelos en Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales que son útiles para la predicción y optimización de los procesos, los modelos y técnicas utilizados por los diferentes autores tuvieron como fin, identificar aproximaciones teóricas al comportamiento de diferentes variables que son objeto de análisis durante el proceso de tratamiento de aguas residuales, permitiendo por un lado mejorar la comprensión de los comportamientos de las variables físico-químicas que se presentan a hoy y evaluando su comportamiento en el futuro y por otro lado, optimizar la gestión del tratamiento de aguas enfocado a la reducción energética, costes operativos, y mejora de las condiciones del agua efluente.

La mayoría de los estudios revisados investigan el uso de redes neuronales y modelos ARIMA mostrando buenos ajustes, sin embargo, otras técnicas como lo son el bosque aleatorio o Splines de regresión adaptativa multivariada muestran resultados prometedores. La exactitud de los



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



parámetros está determinada por factores del coeficiente de Pearson desde $R = 0.75$ hasta un $R = 0.93$. Sin embargo, los autores declaran que la confiabilidad y eficiencia de un modelo matemático pueden verse afectados por parámetros inciertos, entre ellos el pronóstico del tiempo y su correlación con los flujos de afluente a las PTAR.

REFERENCIAS

Ahmed, Ashraf A., Sakina Sayed, Antoifi Abdoulhalik, Salissou Moutari, and Lukumon Oyedele. 2024. "Applications of Machine Learning to Water Resources Management: A Review of Present Status and Future Opportunities." *Journal of Cleaner Production* 441 (December 2023): 140715. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.140715>.

Alsulaili, Abdulrahman, and Abdelrahman Refaie. 2021. "Artificial Neural Network Modeling Approach for the Prediction of Five-Day Biological Oxygen Demand and Wastewater Treatment Plant Performance." *Water Supply* 21 (5): 1861–77. <https://doi.org/10.2166/WS.2020.199>.

Ansari, Mozafar, Faridah Othman, Taher Abunama, and Ahmed El-Shafie. 2018. "Analysing the Accuracy of Machine Learning Techniques to Develop an Integrated Influent Time Series Model: Case Study of a Sewage Treatment Plant, Malaysia." *Environmental Science and Pollution Research* 25 (12): 12139–49. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-1438-z>.

Behera, Chitta Ranjan, Resul Al, Krist V. Gernaey, and Gürkan Sin. 2020. "A Process Synthesis Tool for WWTP – An Application to Design Sustainable Energy Recovery Facilities." *Chemical Engineering Research and Design* 156 (April): 353–70. <https://doi.org/10.1016/J.CHERD.2020.02.014>.

Boyd, Gavin, Dain Na, Zhong Li, Spencer Snowling, Qianqian Zhang, and Pengxiao Zhou. 2019. "Influent Forecasting for Wastewater Treatment Plants in North America." <https://doi.org/10.3390/su11061764>.

Comisión Europea. 2018. "La Química Del Tratamiento de Aguas Residuales Contribuye a Controlar Las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero | AMACONOE Project | Results in Brief | H2020 | CORDIS | European Commission." 2018. <https://cordis.europa.eu/article/id/428630-wastewater-treatment-chemistry-helps-manage-greenhouse-emissions/es>.

Gu, Yong, Yu Li, Fang Yuan, and Qiang Yang. 2023. "Optimization and Control Strategies of Aeration in WWTPs: A Review." *Journal of Cleaner Production*, July, 138008. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2023.138008>.

Huang, Lailai, Hanxiang Li, and Yong Li. 2024. "Greenhouse Gas Accounting Methodologies for Wastewater Treatment Plants: A Review." *Journal of Cleaner Production*, 141424. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.141424>.

Jujjavarapu, Satya Eswari, Tukendra Kumar, and Sharda Gupta. 2024. "CFD Modelling for Optimization of Wastewater Treatment Processes." In *Towards a Low-Cost Cleaner Future Tool BT - Computational Fluid Dynamics Applications in Bio and Biomedical Processes: Biotechnology Applications*, edited by Satya Eswari Jujjavarapu, Tukendra Kumar, and Sharda Gupta, 35–70. Singapore: Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-99-7129-9_2.



III ENCUESTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Maleki, Afshin, Simin Nasser, Mehri Solaimany Aminabad, and Mahdi Hadi. 2018. "Comparison of ARIMA and NNAR Models for Forecasting Water Treatment Plant's Influent Characteristics." *KSCE Journal of Civil Engineering* 22 (9): 3233–45. <https://doi.org/10.1007/S12205-018-1195-Z/METRICS>.

Mohammadi, Esmaeel, Mikkel Stokholm-Bjerregaard, Aviaja Anna Hansen, Per Halkjær Nielsen, Daniel Ortiz-Arroyo, and Petar Durdevic. 2024. "Deep Learning Based Simulators for the Phosphorus Removal Process Control in Wastewater Treatment via Deep Reinforcement Learning Algorithms." *Engineering Applications of Artificial Intelligence* 133 (PA): 107992. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2024.107992>.

Nakhaei, Mahdi, Hossein Zanjani, Pouria Nakhaei, Mohammad Gheibi, Reza Moezzi, Kourosh Behzadian, and Luiza C. Campos. 2024. "Comparative Evaluation of Deep Learning Techniques in Streamflow Monthly Prediction of the Zarrine River Basin." *Water* 16 (2). <https://doi.org/10.3390/w16020208>.

Rios Fuck, João Vitor, Maria Alice Prado Cechinel, Juliana Neves, Rodrigo Campos de Andrade, Ricardo Tristão, Nicolas Spogis, Humberto Gracher Riella, Cíntia Soares, and Natan Padoin. 2024. "Predicting Effluent Quality Parameters for Wastewater Treatment Plant: A Machine Learning-Based Methodology." *Chemosphere* 352: 141472. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2024.141472>.

Roohi, Ali Mohammad, Sara Nazif, and Pouria Ramazi. 2024. "Tackling Data Challenges in Forecasting Effluent Characteristics of Wastewater Treatment Plants." *Journal of Environmental Management* 354: 120324. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.120324>.

Wang, Rui, Zhicheng Pan, Yangwu Chen, Zhouliang Tan, and Jianqiang Zhang. 2021a. "Influent Quality and Quantity Prediction in Wastewater Treatment Plant: Model Construction and Evaluation." *Polish Journal of Environmental Studies* 30 (5): 4267–76. <https://doi.org/10.15244/pjoes/132821>.

———. 2021b. "Influent Quality and Quantity Prediction in Wastewater Treatment Plant: Model and Evaluation." *Polish Journal of Environmental Studies* 30 (5): 4267–76. <https://doi.org/10.15244/PJOES/132821>.

Xie, Yifan, Yongqi Chen, Qing Wei, and Hailong Yin. 2024. "A Hybrid Deep Learning Approach to Improve Real-Time Effluent Quality Prediction in Wastewater Treatment Plant." *Water Research* 250 (February): 121092. <https://doi.org/10.1016/J.WATRES.2023.121092>.

Zhang, Qianqian, Zhong Li, Spencer Snowling, Ahmad Siam, and Wael El-Dakhkhni. 2019. "Predictive Models for Wastewater Flow Forecasting Based on Time Series Analysis and Artificial Neural Network." *Water Science and Technology* 80 (2): 243–53. <https://doi.org/10.2166/WST.2019.263>.

Zhou, Pengxiao, Zhong Li, Spencer Snowling, Brian W. Baetz, Dain Na, and Gavin Boyd. 2019. "A Random Forest Model for Inflow Prediction at Wastewater Treatment Plants." *Stochastic*



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Environmental Research and Risk Assessment 33 (10): 1781–92. <https://doi.org/10.1007/S00477-019-01732-9/METRICS>.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Análisis de los factores socioambientales que inciden en la soberanía alimentaria en el corregimiento de Paimadó en Rio Quito – Chocó

AUTORES

Jhon Stiwar Córdoba Gómez, Universidad de Antioquía, stiwar.cordoba@udea.edu.co.

Yudy Andrea Londoño Cañas, Universidad de Antioquía, Yudy.londoño@udea.edu.co.

Lizeth Marely Alvarez Salas, Lizeth.alvarez@tecnologicodeantioquia.onmicrosoft.com.

RESUMEN

La problemática de soberanía alimentaria (SoA) a nivel global, agravada por el aumento del hambre se manifiesta en el corregimiento de Paimadó. Este territorio ha sido impactado por factores como el conflicto armado, la minería ilegal y la deforestación, siendo estos precursores de la pérdida de identidad cultural de las comunidades y la disminución en condiciones de SoA. La siguiente investigación se enfocó en analizar cómo estos factores influyen en las condiciones de SoA, partiendo desde la caracterización de la alimentación en el corregimiento y el reconocimiento de factores de cambio en el territorio. Para tal fin, se empleó una metodología mixta que incluye revisión bibliográfica, entrevistas semiestructuradas y la consolidación de un diagnóstico.

PALABRAS CLAVE:

Comunidades étnicas, territorios colectivos, consejo comunitario, resguardo indígena, derechos bioculturales.

INTRODUCCIÓN

La problemática de Soberanía Alimentaria (SoA) es un tema de preocupación a nivel mundial. Se estima que en el año 2022 padecieron hambre alrededor de 783 millones de personas, presentando un incremento de 122 millones de personas respecto al año 2019, además, algunas cifras indican que una de cada tres personas experimenta inseguridad alimentaria (INSA) grave o moderada (FAO, 2023). En 2022 alrededor del 9.2% de la población mundial se enfrentaba al hambre crónica, aproximadamente 45 millones de niños menores de 5 años sufrían desnutrición aguda, 148 millones de niños padecían retraso de crecimiento y 37 millones tenían sobrepeso (ONU., 2023).

Paimadó es un corregimiento de Rio Quito, uno de los 5 municipios en la cuenca alta del río Atrato en el departamento del Chocó (Alcaldía de Rio Quito, 2020). Este municipio fue constituido como territorio colectivo bajo la figura de consejo comunitario, el cual lleva el mismo nombre del

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025

Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |

NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



municipio, tiene una titulación de 17,292 hectáreas a partir de lo contemplado en la ley 70 de 1993, por esta forma de organización y tenencia de la tierra, la comunidad ha gestionado sus recursos naturales a través de actividades socioeconómicas vinculadas a su tradición ancestral como la minería artesanal, la explotación forestal, la agricultura, la recolección de productos del bosque y la pesca (Alcaldía de Rio Quito, 2020).

Se ha demostrado que existe una estrecha relación entre el conflicto armado y la INSA y la pérdida de estrategias locales para el desarrollo de la SoA, como consecuencia de los fenómenos sociales que se suscitan como desplazamientos forzados, confinamientos, etc., (Murcia, 2018). En Rio Quito se ha observado que los cambios estructurales en las comunidades han sido motivados por el desplazamiento forzado, pérdida de identidad cultural y disrupción de la SoA producto de las dinámicas del conflicto en la región donde hacen presencia grupos al margen de la ley (FISH, 2019). Como consecuencia la comunidad ha perdido posibilidades de ir a buscar plantas, animales o recorrer caminos, ríos y lugares sagrados, importantes en la reproducción de prácticas esenciales para la supervivencia cultural (FISH, 2019). La problemática en Rio Quito es tan grave que es el municipio con el peor índice de necesidades básicas insatisfechas (NBI) a nivel departamental con el 98,81% (Gobernación del Chocó, 2020). Los indicadores demuestran que el sector agropecuario es poco competitivo con una eficiencia productiva del 33% mientras que municipios como Lloró y el Carmen de Atrato tienen una eficiencia del 61% y 69% respectivamente (IIAP, 2020). Además, este es el segundo municipio con mayor área de minería ilegal con 33,98km² lo cual representa el 4.87% del área municipal, a su vez, se ha comprobado la contaminación del cauce de río Quito debido a la liberación de mercurio, algunas cifras revelan que las concentraciones de mercurio en el cabello exceden los límites de la USEPA de 1 g/g en el 33,9% de los habitantes de Paimadó (Restrepo, 2022).

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

El enfoque de investigación fue bajo una metodología mixta (cuantitativa y cualitativa) y su alcance correlacional. De acuerdo con Hernández – Sampieri (2018) el enfoque mixto representa un conjunto de procesos sistémicos de recolección, análisis y vinculación de datos cuantitativos y cualitativos, así como su integración y discusión conjunta para lograr un mayor entendimiento del fenómeno bajo estudio (Hernández, S., & Mendoza, C., 2018).

Este proceso se llevará a cabo a través de la realización de técnicas como la revisión bibliográfica. El Durante este proceso se hizo uso de técnicas para la recolección de información secundaria como la revisión bibliográfica, donde el instrumento que permitió desarrollar este proceso fue la ficha bibliográfica, la cual es entendida como una modalidad de trabajo académico que permite explorar artículos científicos, trabajos de grado, tesis (Peña., 2010). En este sentido, algunas fuentes consultadas fueron; la secretaría de ambiente municipal; el repositorio de la biblioteca local, trabajos investigativos desarrollados por Codechocó y el instituto de investigaciones ambientales del pacífico (IIAP), además de los artículos investigativos desarrollados en el municipio. También se desarrollaron entrevistas semiestructuradas, mediante esta técnica se buscó generar una serie de preguntas abiertas donde el informante pudiera expresar sus opiniones (Lincoln, 2014), para ello se



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



diseñó y aplicó una entrevista semiestructurada compuesta por 18 preguntas, con la posibilidad de añadir más de acuerdo con el avance de la entrevista.

La entrevista semiestructurada se diseñó a través de un formulario de Google, la fórmula utilizada para obtener muestra poblacional fue la siguiente: $n = (2.200 * 0.05) / 3$, el valor de n arrojado fue de 37. La selección de los individuos a entrevistar se hizo a través de los propuesto por Sampieri en la siguiente formula $K=N/n$. Las muestras se eligieron al azar cada 60 habitantes.

Los criterios de selección fueron los siguientes:

Criterios de inclusión:

- Personas en el rango de 18 a 65 años.
- Residentes de la zona urbana y rural del municipio.

Criterios de exclusión:

- Trabajadores de la alcaldía.
- Pobladores con menos de 1 año de residencia en el municipio.
- Personas que viven en zonas muy dispersas del área periurbana.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se desarrollaron 41 entrevistas, y se caracterizaron 26 mujeres y 15 hombres, además, 39 personas se identificaron con comunidades afros, 1 persona mestiza y otra persona indígena, uno de los criterios de exclusión fue entrevistar a - Personas en el rango de 18 a 65 años-. Sin embargo, al desarrollar las entrevistas en campo, por petición de los mismos pobladores, se eliminó este criterio de selección.

En Paimadó, la caracterización alimentaria tradicional incluye cultivos como yuca, plátano, banano, ñame, popocho, marañón, guama, chontaduro, arroz, primitivo, borojó, piña, almirajó, árbol del pan, guayaba, guayaba agria, pacó, albahaca, cilantro, cebolla (roja y larga), tomate, orégano, yanten. Además, el pescado es un alimento esencial en la dieta local, consumido con alta frecuencia, especialmente en épocas de subienda, las variedades más comunes son el bocachico, dentón, cachama, mojarra, tilapia, bagre, charre, dorada, barbudo y sardina. De hecho, el consumo de pescado puede ser de hasta tres veces por semana, dependiendo de la disponibilidad. Sin embargo, la minería ha causado una significativa contaminación del agua, afectando la pesca y obligando a la comunidad a comprar alimentos foráneos y locales de otras regiones como Quibdó y Pató.

La obtención de agua para consumo doméstico proviene de quebradas como Paimadó y Aguas Negras, debido a la contaminación del acueducto local, que no es apta para el consumo. La minería también ha degradado el suelo, reduciendo la producción agrícola local y aumentando la dependencia de productos traídos de fuera. Finalmente, un aspecto importante ha sido la disminución de las prácticas de producción y obtención de alimentos tradicionales, llevando a una mayor dependencia de alimentos externos y afectando la seguridad alimentaria y la sostenibilidad de la comunidad.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



CONCLUSIONES

El deterioro ambiental causado por la minería ha tenido un impacto profundo en la base alimentaria de Paimadó. La comunidad ha visto una disminución en la producción local de alimentos, un aumento en la dependencia de productos externos y un aumento en los costos de alimentos. Además, la contaminación del agua y la pérdida de hábitats naturales han reducido la capacidad de la comunidad para practicar la pesca y la caza de manera efectiva. Estos cambios ponen en riesgo la soberanía alimentaria en Paimadó, en este sentido, la comunidad enfrenta desafíos significativos en cuanto a la producción de alimentos locales y la calidad del agua. Los esfuerzos para recuperar la producción agrícola y pesquera, así como mejorar la calidad del agua, son cruciales para fortalecer la seguridad alimentaria y promover prácticas sostenibles en la región.

REFERENCIAS

FAO, FIDA, OMS, P ONU. (2023). The Sustainable Development Goals Report.

MA, & UNICEF. (2023). El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2023.

Alcaldía de Rio Quito. (2020). Plan de desarrollo municipal “seguimos marcando la diferencia, Río Quito avanza 2020-2023.

Murcia Peñuela, C. D. (2018). La soberanía alimentaria en la implementación del programa nacional integral de sustitución de cultivos de uso ilícito. Caso la macarena (Doctoral dissertation)

Comisión Interétnica de la Verdad- Foro Interétnico Solidaridad Chocó- Viva la Ciudadanía (FISH). (2019). Impactos étnico-territoriales del conflicto.

Gobernación del Chocó. (2020). Plan de Desarrollo “Generando Confianza 2020-2023”.

IIAP. (2019). Plan de acción ambiental, cumplimiento a la orden quinta - sentencia t-622 de 2016.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Diseño de prototipo de máquina compactadora para optimizar la gestión de residuos alimenticios generados en centros comerciales de Medellín

AUTORES

Marcela Montoya Montoya, Estudiante de Ingeniería Mecánica, Institución Universitaria Pascual Bravo, marcela.montoya020@pascualbravo.edu.co

Saúl Emilio Rivero Mejía, Docente de Tiempo Completo, Institución Universitaria Pascual Bravo, saul.rivero@pascualbravo.edu.co

María José Maya Salazar, Estudiante de Ingeniería Industrial, Institución Universitaria Pascual Bravo, maria.maya941@pascualbravo.edu.co

Alisson Lorena Celis Alzate, Estudiante de Ingeniería Mecánica, Institución Universitaria Pascual Bravo, alisson.celis148@pascualbravo.edu.co

RESUMEN

La gestión ineficiente de residuos alimenticios en centros comerciales de Medellín es un problema significativo debido a su alto contenido de agua, que aumenta el volumen de desechos y los costos de recolección y disposición final. Además, contribuye a la generación de líquidos lixiviados, que afectan negativamente el medio ambiente. Sin embargo, a pesar de la existencia de compactadoras de residuos en el mercado, estas están diseñadas principalmente para residuos sólidos, dejando un vacío en la gestión de residuos alimenticios. Por lo tanto, se propone el desarrollo de una máquina compactadora especializada que optimice la gestión de residuos alimenticios, reduciendo su volumen y los costos asociados. En este sentido, este proyecto se fundamenta en el enfoque de Investigación para el Diseño, que combina conocimientos existentes para desarrollar un artefacto que satisfaga las necesidades específicas del usuario. Además, se integran principios de las metodologías de Nigel Cross y Design Thinking, garantizando un enfoque orientado tanto a la funcionalidad del prototipo como a la experiencia del usuario. En consecuencia, la implementación de esta solución permitirá una mejor gestión de los residuos alimenticios, reduciendo su impacto ambiental y económico. Finalmente, la colaboración entre expertos en diseño, ingeniería y gestión ambiental será fundamental para el éxito del proyecto, y el resultado será una máquina compactadora eficiente y práctica que responda efectivamente a las necesidades de la gestión de residuos alimenticios en centros comerciales de Medellín.

PALABRAS CLAVE:

Compactadora de residuos, Residuos alimenticios, Design Thinking

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025
Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |
NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



INTRODUCCIÓN

El proyecto propone diseñar un prototipo de máquina compactadora para optimizar la gestión de residuos alimenticios en centros comerciales de Medellín. Esta necesidad surge de los problemas ambientales que generan estos residuos, que no solo afectan la limpieza de la ciudad, sino que también incrementan los costos de su disposición final debido a su alto contenido de agua (Vilet, 2021). Además, La gestión de residuos sólidos en Medellín es crítica, generándose aproximadamente 3.300 toneladas diarias con solo un 22% de aprovechamiento (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2018). La compactación de residuos alimenticios, que contienen un 70% de agua (Gallardo, Francisco, Campos, & Arias, 2019), podría reducir su peso y volumen, generando ahorros económicos y optimizando la capacidad de carga de los vehículos de recolección. Así, el prototipo busca resolver problemas logísticos y contribuir a la sostenibilidad ambiental de la ciudad.

A diferencia de las máquinas compactadoras existentes, que se centran en residuos sólidos como papel y plásticos, el prototipo está diseñado específicamente para residuos alimenticios, adaptando su funcionalidad y especificaciones técnicas a estas características. Para lograr esto, el proceso de diseño se basa en el paradigma de Investigación para el Diseño (Frayling, 1993), orientado a crear un artefacto que satisfaga las necesidades del usuario. Además, se complementa con metodologías de Nigel Cross y Design Thinking (Designthinking España, 2024), asegurando un enfoque centrado en el usuario y en la funcionalidad del prototipo.

Definición de Residuos alimenticios: Los residuos alimenticios son desechos generados por el consumo humano y se clasifican en tres tipos: orgánicos (alimentos que se descomponen naturalmente), inorgánicos (envases como botellas y latas) y líquidos (como aceites y caldos) (Baquero, 2017).

Compactadoras de Residuos: Las compactadoras son máquinas que reducen el volumen de los residuos mediante presión, transformándolos en formas cúbicas para facilitar su manejo y reciclaje (Vilet, 2021). Existen varios tipos, como las compactadoras horizontales, verticales y especiales.

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

El desarrollo de este proyecto, se centra en el paradigma de la Investigación para el diseño (research for design), que se caracteriza por generar un artefacto u objeto diseñado a partir de conocimientos previos (Frayling, 2008). Para alcanzar los objetivos del proyecto, utilizaremos elementos de la metodología de productos de Nigel Cross y del Design Thinking. El diseño se desarrollará en dos etapas: la primera, el diseño de concepto, que abarca aspectos como forma, materiales y costos; y la segunda, el diseño básico del prototipo, que se enfocará en detalles estructurales, ergonómicos y funcionales de la máquina.

El Design Thinking es una metodología que busca soluciones a partir de un desafío, dividiéndose en cinco fases: Empatía, Definición, Ideación, Prototipado y Validación, y se orienta plenamente hacia



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático

el usuario. Por su parte, Nigel Cross define la metodología de diseño como el estudio de principios, prácticas y procedimientos de diseño, enfocándose en cómo los diseñadores trabajan y piensan. Las etapas, fases, actividades e instrumentos del proceso de diseño a seguir se indican en la tabla 1

Tabla 1. Etapas, fases y actividades del proceso de diseño

Etapas del diseño	Fases por etapas del diseño	Actividades/Instrumentos
Diseño de concepto	Empatía	El objetivo de esta etapa es comprender al público objetivo, investigando aspectos del producto y su vida cotidiana mediante encuestas y entrevistas a usuarios y clientes potenciales.
	Definición	La primera fase brinda información esencial para establecer las necesidades de los usuarios y de esta manera delimitar el alcance y limitaciones del proyecto.
	Ideación	Se utilizará la técnica la lluvia de ideas para generar soluciones según las necesidades de los usuarios.
	Prototipado	El propósito de esta etapa es desarrollar prototipos económicos y rápidos, utilizando maquetas de papel o cartón para aplicar las ideas generadas previamente.
	Validación	Este proceso flexible utiliza encuestas, entrevistas y observaciones para validar que se cumplen las necesidades de los usuarios.
Diseño básico	Especificaciones y restricciones	En esta fase, se definirán las variables técnicas del diseño básico del prototipo
	Análisis de funciones	Aquí se elaborará el árbol de funciones para el prototipo de máquina. Como técnicas de investigación se utilizarán la caja negra y el árbol de funciones.
	Generación de alternativas	Se propondrán alternativas para el prototipo de máquina, utilizando el diagrama morfológico como instrumento de investigación.
	Evaluación de alternativas	Cada una de las alternativas propuestas en la fase anterior se evaluarán con base en unos criterios de diseño. Como técnica de investigación se utilizará el método de los objetivos ponderados.
	Implementación y validación del prototipo diseñado	En esta etapa se realizará el ensamble de la mejor alternativa por medio de un programa CAD y también se analizará la resistencia estructural por medio de un software de elementos finitos. Finalmente se construirá un prototipo a escala el cual será sometido a validación con los usuarios.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De manera parcial, y con el propósito de identificar algunos requerimientos para los clientes y usuarios potenciales de la máquina compactadora, se diseñó y aplicó una encuesta a 11 administradores de centros comerciales en Medellín, grandes generadores de residuos alimenticios. Los resultados indican que la compactadora debe tener una capacidad de aproximadamente 10 toneladas por semana y que el 55% de los encuestados enfrenta costos de transporte y disposición final de alrededor de 2 millones de pesos colombianos. Además, el 73% mostró interés en adquirir la máquina si el costo es inferior a 10 millones de pesos.

Producto de las encuestas, se tienen en principio las siguientes especificaciones técnicas para la compactadora, las cuales incluyen que esta debe: ocupar poco espacio, tener una altura restringida, resistencia a la corrosión, y facilidad de uso. Además, se propusieron dos alternativas de diseño, ambas con un sistema de compactación vertical utilizando una prensa hidráulica. La primera alternativa permite la compactación en un carro móvil, con sistemas para extraer líquidos y drenar las grasas como se puede ver en la figura 1. La segunda opción presenta un sistema de compresión en un compartimiento superior con una superficie inclinada para facilitar el drenaje de líquidos como se puede ver en la figura 2.

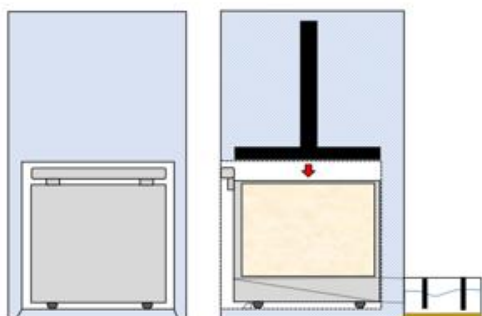


Figura 1. Alternativa 1 para la máquina compactadora.
Fuente: elaboración propia.

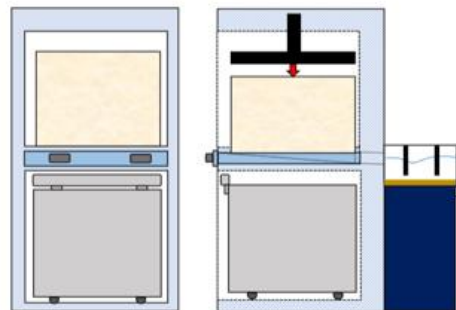


Figura 2. Alternativa 2 para la máquina compactadora..
Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

En conclusión, se han identificado algunas necesidades de los usuarios que deben considerarse en el diseño del prototipo de la máquina, a partir de encuestas realizadas a administradores de centros comerciales. Se espera obtener información técnica de los usuarios más adelante, lo cual ayudará a definir las especificaciones técnicas de la máquina. Además, está pendiente validar los dos conceptos de máquinas propuestos con los usuarios y clientes potenciales.

REFERENCIAS

Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (2018). 3300 toneladas diarias de residuos sólidos. Obtenido de Metropol: <https://www.metropol.gov.co/Paginas/Noticias/residuos-solidos/generacion-anual-de-residuos-solidos-amva.aspx>



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Baquero, M. (2017). Residuos alimentarios: análisis y propuesta de metodología para su cuantificación. Trabajo de fin de máster. Recuperado el 7 de Octubre de 2023, de <https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/12195/400959.pdf?sequence=1>

Designthinking España. (2024). Design Thinking. Descubre la metodología más potente de innovación. Recuperado el 22 de Junio de 2024, de <https://xn--designthinkingespaa-d4b.com/>

Frayling, C. (1993). Research into Art & Design. Royal College of Art, 1(1). Recuperado el 8 de Octubre de 2023, de https://codecamp.com.br/artigos_cientificos/Research-into-by-and-for-design.pdf

Gallardo, A., Francisco, C., Campos, R., & Arias, D. (2019). Aprovechamiento energético de residuos sólidos.

Inforeciclaje. (2022). Residuos sólidos. Recuperado el 15 de Octubre de 2023, de <https://inforeciclaje.com/residuos-solidos/>

Vilet, V. (2021). ¿Qué es la compactación de residuos y para qué sirve? Recuperado el 9 de Octubre de 2023, de <https://gtaambiental.com/compactacion-residuos/>



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Análisis bibliométrico sobre el impacto de la minería de oro y platino en los ecosistemas acuáticos en Unión panamericana, Chocó

AUTORES

Sara Dahiana Marulanda Serna, Universidad de Antioquia, Sara.marulanda@udea.edu.co

Yudy Andrea Londoño Cañas, Universidad de Antioquia, yudy.londono@udea.edu.co

Silvana Bolaños Chavarría, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, sbolanos@udea.edu.co

RESUMEN

En la región de Unión Panamericana, Chocó, las técnicas de minería de oro y platino, como la minería aluvial y la de socavón, han tenido un impacto significativo en los ecosistemas acuáticos. Estas prácticas alteran el caudal, el cauce y los niveles de sedimentación, afectando directamente la calidad del agua, la biodiversidad y la sostenibilidad del recurso hídrico. Este trabajo se enfoca en hacer un análisis bibliométrico del impacto de las diferentes técnicas de minería de oro y platino sobre los ecosistemas acuáticos, enfocándose en las alteraciones del caudal, cauce y sedimentación. A través de una revisión de la literatura académica y técnica publicada entre 2001 y 2024, se exploraron las principales tendencias y enfoques de investigación relacionados con la minería y sus efectos ambientales. El estudio analiza la distribución de la producción científica, los temas más abordados y los principales actores involucrados en la investigación sobre minería en esta región. Este análisis pretende aportar una visión integral sobre el estado del conocimiento actual, identificando áreas emergentes y posibles vacíos en la literatura existente.

PALABRAS CLAVE:

Minería de oro, Ecosistemas acuáticos, Sedimentación, Gestión hídrica, Cambio climático.

INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas acuáticos juegan un rol fundamental en la biodiversidad, la regulación del ciclo del agua y el sostenimiento de la vida en general. Estos ecosistemas, compuestos por ríos, lagos y humedales, son vitales para la provisión de agua dulce y el mantenimiento de la estabilidad ecológica. En regiones como Unión Panamericana, Chocó, la minería de oro y platino ha sido una de las principales actividades económicas, pero su impacto en estos ecosistemas es profundo y destructivo. Las técnicas mineras, que abarcan desde métodos artesanales hasta el uso de dragas y maquinaria pesada, alteran el caudal, modifican los cauces de los ríos y aumentan la sedimentación, lo que afecta tanto la cantidad como la calidad del agua disponible. El objetivo de este estudio es el análisis bibliométrico centrado en el impacto de las técnicas de minería de oro y platino sobre los

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025

Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |

NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



ecosistemas acuáticos del Unión panamericana, Chocó, abordando específicamente aspectos críticos como el caudal, el cauce y la sedimentación. En un contexto donde la minería representa una actividad económica significativa, es esencial comprender sus efectos sobre el medio ambiente y los recursos hídricos. Con este propósito, se han definido objetivos claros y preguntas de investigación que guiarán el estudio. Se han recopilado y seleccionado fuentes relevantes, incluyendo artículos académicos, informes técnicos y tesis, para asegurar la actualidad y pertinencia de la información. A través de criterios de inclusión y exclusión, se ha filtrado la literatura existente para enfocarse en aquellos documentos que analizan directamente el impacto ambiental de la minería en la región. El proceso de recolección de metadatos ha sido sistemático, utilizando herramientas como tablas en Excel y software de gestión bibliográfica para organizar la información. Este análisis no solo examina la distribución temporal de las publicaciones y las instituciones más representadas, sino que también identifica temáticas recurrentes y establece conexiones a través de redes bibliométricas. Al proporcionar un marco analítico, este trabajo busca contribuir al entendimiento de la problemática y generar insumos valiosos para futuras investigaciones y la formulación de políticas ambientales en la región.

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

En el presente análisis bibliométrico sobre el impacto de las técnicas de minería de oro y platino en los ecosistemas acuáticos del Chocó, se emplearon diversos métodos y herramientas para garantizar la rigurosidad y validez de los resultados. A continuación, se describen las principales etapas del proceso metodológico, incluyendo la definición de objetivos, la selección de fuentes, la recolección de datos, y el análisis de los resultados.

1. Tipo de Investigación

La investigación se clasifica como un **análisis bibliométrico**, que permite evaluar el volumen, la calidad y las tendencias de la producción científica relacionada con el impacto de la minería en los ecosistemas acuáticos. Este enfoque se complementa con un análisis descriptivo y un análisis de contenido de los documentos seleccionados.

2. Objetivos y Preguntas de Investigación

- **Objetivo Principal:** Evaluar el impacto de las técnicas de minería de oro y platino en los ecosistemas acuáticos del Chocó, específicamente en el caudal, cauce y sedimentación.
- **Preguntas de Investigación:**
 1. ¿Cuáles son las principales técnicas de minería de oro y platino utilizadas en el Chocó?
 2. ¿Qué impactos tienen estas técnicas en el caudal, cauce y sedimentación de los ríos del Chocó?
 3. ¿Qué tendencias y patrones emergen de la literatura existente sobre este tema?

3. Selección de Fuentes y Documentos

Se realizó una búsqueda exhaustiva de **artículos académicos, informes técnicos, tesis y documentos gubernamentales** relevantes publicados en los últimos 2001 al 2024. Los criterios de inclusión



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



consideraron aquellos textos que abordaran directamente la minería de oro y platino en el Chocó y su impacto en los ecosistemas acuáticos.

- **Criterios de Inclusión:** Documentos accesibles en formato completo, relevantes y revisados por pares.
- **Criterios de Exclusión:** Documentos no disponibles, que traten sobre minería en otras regiones, o que no hayan sido revisados por pares, salvo informes técnicos de interés.

4. Recolección de Datos

Para la recolección de datos, se estableció un esquema de **extracción y registro de metadatos**, incluyendo:

- Título del documento
- Autores
- Año de publicación
- Institución
- Palabras clave
- Resumen
- Referencias y citas
- Datos estadísticos relevantes

Se utilizaron herramientas como **Excel** y **software de gestión bibliográfica** (Zotero, Mendeley, dimensiones) para organizar la información de manera efectiva.

5. Análisis de Datos

Una vez recopilados y organizados los datos, se llevó a cabo un análisis estructurado que incluye:

- **Análisis Descriptivo:** Se examinaron la distribución temporal de las publicaciones, la representación institucional, y los autores más frecuentes. Se identificaron las temáticas predominantes relacionadas con el impacto ambiental de la minería.
- **Análisis de Redes Bibliométricas:** Se exploraron patrones de co-citación, coautoría y coocurrencia de palabras clave para identificar áreas de investigación relacionadas.
- **Análisis de Impacto:** Se evaluó el número de citas por documento y se determinaron los índices de impacto de las revistas donde fueron publicados.
- **Análisis de Contenido:** Se realizó una revisión exhaustiva de los resultados y discusiones de cada documento, enfocándose en los impactos de la minería en los ecosistemas acuáticos.

6. Población Objetivo

La población objetivo de este estudio son los documentos académicos y técnicos que abordan los impactos de las técnicas de minería de oro y platino sobre el caudal, cauce y sedimentación de los ecosistemas acuáticos en el municipio de Unión panamericana, Chocó.

7. Limitaciones del Estudio

Se reconocen limitaciones como el acceso a documentos completos, el enfoque geográfico restringido al Chocó y la variabilidad en la calidad de datos estadísticos.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados Alcanzados

El análisis bibliométrico reveló información crucial sobre el impacto de las técnicas de minería de oro y platino en los ecosistemas acuáticos del Chocó. A continuación, se presentan los hallazgos principales:

1. Distribución de Publicaciones.

1.1.1. Distribución por Año de Publicación

Año	Número de Publicaciones
2014	2
2015	1
2016	1
2017	3

Fuente: Análisis propio

1.2 Instituciones y Autores

1.2.1. Instituciones Más Representadas

Institución	Número de Publicaciones
WWF Colombia	1
Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	1
Universidad Externado de Colombia	1
Universidad de Antioquia	1
Pontificia Universidad Javeriana	1
Universidad de Medellín	1
Servicio Geológico Colombiano	1
OECD	1
CINEP	1
ATI, Censat Agua Viva, ONGs	1

Fuente: Análisis propio



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



1.3. Temáticas Principales en la Investigación

1.3.1. Temáticas Principales y Frecuencia

Temática	Número de Publicaciones
Impacto ambiental de la minería	10
Caudal, cauce y sedimentación	7
Minería ilegal y artesanal	5
Impacto socioeconómico	2
Conflicto armado y minería	3
Derechos humanos y minería	2
Evaluación geológica	1
Biodiversidad acuática	3
Impacto en comunidades afrodescendientes	1

Fuente: Análisis propio

CONCLUSIONES

El análisis bibliométrico realizado ha permitido identificar y sintetizar información relevante sobre el impacto de las técnicas de minería de oro y platino en los ecosistemas acuáticos del Chocó, centrándose en el caudal, el cauce y la sedimentación. Los hallazgos muestran una clara tendencia en la literatura hacia la documentación de los efectos negativos de estas prácticas mineras en el medio ambiente, evidenciando que la minería no solo afecta la calidad del agua y la biodiversidad, sino que también tiene implicaciones socioeconómicas significativas para las comunidades locales. La diversidad de publicaciones y la amplia gama de instituciones involucradas en la investigación reflejan un interés creciente en este tema crítico. Sin embargo, la falta de autores recurrentes sugiere la necesidad de fortalecer las redes de colaboración interinstitucional, lo que podría enriquecer aún más la calidad y profundidad de las investigaciones futuras. Además, la identificación de patrones de sedimentación y alteraciones en el caudal abre la puerta a un diálogo urgente sobre la regulación y gestión de la minería en la región. Se recomienda implementar políticas que prioricen la sostenibilidad ambiental, así como sistemas de monitoreo continuo para evaluar el impacto en tiempo real. En conclusión, este estudio no solo proporciona una base sólida para entender los efectos de la minería en el Chocó, sino que también destaca la urgencia de abordar estos desafíos desde una perspectiva integral que considere tanto los aspectos ecológicos como los sociales.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



REFERENCIAS

Perea Lemus, Betty Leonor, y William Ángel Salazar Pulido. 2020. «De la actividad minera aurífera tradicional a la ilegal en el municipio de Unión Panamericana, Chocó (2008-2012)». Pontificia Universidad Javeriana.

Rodríguez, Juan Sebastián Lara, André Tosi Furtado, y Aleix Altimiras Martin. 2019. «Minería del platino y el oro en Chocó: pobreza, riqueza natural e informalidad». *Revista de Economía Institucional* 22(42):241-68. doi: 10.18601/01245996.v22n42.10.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Gestión de sistemas de tratamiento de aguas residuales en campamentos de obra: Caso de estudio Quibdó, Chocó

AUTORES.

Mackcheembergs Francoees Largacha Viveros, Estudiante de Maestría en Gestión Ambiental,
Universidad de Antioquia. mlargacha.viveros@udea.edu.co.

Yudy Londoño, Dra en Ingeniería Ambiental. Universidad de
Antioquia. yudy.londono@udea.edu.co.

Carolina González Morales, Dra en Ingeniería Ambiental. Universidad de Antioquia.
carolina.gonzalezm@udea.edu.co; cgonzalezm@elpoli.edu.co.

RESUMEN

El desarrollo de este proyecto se centra en la gestión de las aguas residuales en campamentos de exploración geológica, especialmente en el contexto del municipio de Quibdó, Colombia. Estos campamentos, por su ubicación remota y temporalidad, carecen de acceso a sistemas centralizados de tratamiento de aguas residuales, lo que lleva a la necesidad de implementar sistemas de tratamiento in situ. Sin embargo, las tecnologías utilizadas hasta el momento no son completamente eficientes, lo que genera como consecuencia efluentes contaminados que pueden afectar negativamente los ecosistemas acuáticos receptores. En ese sentido, el estudio propuesto tiene como objetivo analizar los factores de gestión asociados con los sistemas de tratamiento de aguas residuales en estos campamentos, tomando como caso de estudio un campamento en el municipio de Quibdó. Se busca identificar las deficiencias en la gestión y operación de estos sistemas que impiden cumplir con los estándares de vertimiento establecidos por la normativa colombiana. La metodología propuesta implica una amplia revisión de la literatura científica y técnica relacionada, el desarrollo de una herramienta de decisión para evaluar los sistemas de tratamiento, identificar las principales falencias en su gestión, y la caracterización del sistema implementado en el caso de estudio. Además, se llevarán a cabo muestreos de aguas residuales y superficiales para evaluar la eficiencia del tratamiento y su impacto en el medio ambiente. Se espera que los resultados de esta investigación contribuyan al conocimiento académico sobre la gestión de aguas residuales en campamentos de obra y proporcionen recomendaciones para mejorar la eficiencia y reducir el impacto ambiental de estos sistemas.

PALABRAS CLAVES:

Campamentos de exploración, aguas residuales domésticas, sistemas de tratamientos descentralizados, calidad del agua, impactos ambientales.

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025
Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |
NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



INTRODUCCIÓN

Los campamentos de exploración, ubicados en áreas rurales de difícil acceso, son asentamientos temporales que albergan a contratistas, especialistas y proveedores de servicios. Debido a su ubicación remota, estos campamentos carecen de acceso a infraestructuras centralizadas para el tratamiento de aguas residuales, lo que obliga a implementar sistemas in situ como tanques sépticos, fosas y filtros anaeróbicos (Vera, 2022; Shawkat et al., 2022). Sin embargo, estas tecnologías no son completamente eficaces, eliminando menos del 61% de la materia orgánica, lo que genera efluentes con altas concentraciones de contaminantes que impactan negativamente los ecosistemas acuáticos cercanos (Chaiwong et al., 2020; Rout et al., 2021). En el municipio de Quibdó, un proyecto de exploración geológica enfrenta este desafío con un sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas (STARD) compuesto por tanques sépticos y filtros biológicos, cuyas descargas van a cuerpos de agua superficial.

El impacto ambiental que pueden provocar las aguas residuales mal gestionadas en los campamentos es considerable, especialmente en las fuentes hídricas y por la emisión de gases de efecto invernadero. Algunos campamentos han optado por plantas de tratamiento descentralizadas de rápida instalación que, en ocasiones, generan productos reutilizables (Gábor, 2020). Tecnologías como tanques Imhoff, humedales artificiales y biofiltros híbridos reducen contaminantes como DBO y nitrógeno, aunque presentan limitaciones para eliminar fósforo y coliformes fecales, lo que requiere tratamientos adicionales (Peña, 2023). El tratamiento deficiente de efluentes, debido a fallas en los sistemas, falta de mantenimiento o equipos obsoletos, afecta la calidad del agua y la biodiversidad, alterando los ecosistemas acuáticos (Hamdhani et al., 2020). Además, la descarga de estos efluentes al medio ambiente genera emisiones directas de gases de efecto invernadero (dióxido de carbono, óxido nitroso y metano) de procesos biológicos y emisiones indirectas debido al consumo de energía (Nayeb et al., 2019). Lo que tienen un impacto significativo en el medio ambiente global, contribuyendo al cambio climático. Esta investigación pretende analizar las deficiencias en la gestión de estos sistemas en el municipio de Quibdó, aportando al conocimiento sobre la gestión de aguas residuales en campamentos y proponiendo mejoras para reducir su impacto ambiental y sus efectos en el cambio climático.

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

Esta investigación se llevará a cabo en un proyecto de exploración geológica a 40 km al sureste de Quibdó, ubicado en un área que se caracteriza por su selva tropical, alta biodiversidad y condiciones climáticas extremas, como una precipitación anual de más de 8000 mm y una temperatura promedio de 27°C (Emilio et al., 2020). Primero, se hará una revisión de literatura científica sobre sistemas de tratamiento de aguas en campamentos de obra, utilizando bases de datos como Google Académico, Scopus y Science Direct. El método PRISMA guiará esta revisión para asegurar claridad y rigor (Page et al., 2021). La búsqueda estará enfocada en estudios de los últimos 20 años sobre sistemas descentralizados de tratamiento de aguas, sostenibles y eficientes aplicados en campamentos de obra.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:



Estrategias para la adaptación al cambio climático

La información obtenida se organizará en una matriz de Excel, incluyendo datos sobre tecnologías, costos, eficiencia y dificultades. Esta matriz servirá para desarrollar una herramienta de decisión que ayude a elegir el mejor sistema de tratamiento de aguas para diferentes tipos de campamentos, considerando la normativa colombiana (Resolución 0631 de 2015), costos, facilidad de instalación y adaptación al entorno local. Luego, se analizará el sistema de tratamiento utilizado en el campamento en Quibdó. Se tomarán dos muestras de aguas residuales: una en un periodo de alta ocupación y otra en baja ocupación. Se medirán parámetros como pH, DBO, DQO, aceites, grasas, fósforo y coliformes, tanto en la entrada como en la salida del sistema, para calcular su eficiencia en la eliminación de contaminantes. Además, se evaluará el impacto ambiental de los efluentes tratados generados por este sistema de tratamiento, sobre el arroyo receptor utilizando el índice de calidad del agua del IDEAM, mediante muestreos simples sobre el agua superficial receptor conforme al protocolo del IDEAM (2004).

Por último, se comparará el sistema de tratamiento actual con las opciones que sugiera la herramienta de decisión desarrollada, usando un método de decisión multicriterio PROMETHEE. Este análisis evaluará las tecnologías según eficiencia, costos y cumplimiento normativo (Ozsahin et al., 2018), para ofrecer las mejores soluciones para la gestión de aguas en áreas remotas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Como resultado preliminar, la revisión de la literatura ha permitido identificar que los sistemas de tratamiento descentralizados, como tanques sépticos, filtros de flujo ascendente, reactores anaeróbicos y letrinas, son los más implementados en diversos tipos de campamentos. Sin embargo, aunque se reconoce su capacidad de eliminación de contaminantes, no cumplen completamente con los parámetros máximos de vertimiento establecidos por la normatividad colombiana. Además, factores operativos y el diseño del tratamiento se destacan como los principales elementos de gestión que influyen en la eficiencia de estos sistemas, impidiendo que alcancen los niveles requeridos de desempeño.

REFERENCIAS.

Chaiwong, C., Koottatep, T., & Polprasert, C. (2020). Comparative study on attached-growth photobioreactors under blue and red lights for treatment of septic tank effluent. *Journal of Environmental Management*, 260, 110134. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2020.110134>

Emilio, M., Valencia, S., Municipal, A., Albert, J., Lozano, L., Tadeo, J., Rueda, L., Javier, L., Mena, M., De, S., Jesús, G., Delgado, E., Arango, C., Moreno, H., Lemus, E., Palacios, P., Yolanda, A., Machado, P., & Francisco, B. (2020). *Plan de Desarrollo Municipal "Lo estamos haciendo posible. Quibdó ciudad sostenible 2020 – 2023."* <https://www.quibdo-choco.gov.co/Ciudadanos/Documento%20%20construccin%20Plan%20de%20desarrollo/Borrador%20Plan%20de%20Desarrollo%20Municipal%20Quibdo%20V2.pdf>



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Gábor, S. (2020). *Reduction Of Energy And Water Dependence For Safer Camp Management: Autonomous Wastewater Treatment Systems* (Vol. 2, Issue 1).

Hamdhani, H., Eppehimer, D., & Bogan, M. (2020). Release of treated effluent into streams: A global review of ecological impacts with a consideration of its potential use for environmental flows. In *Freshwater Biology* (Vol. 65, Issue 9, pp. 1657–1670). Blackwell Publishing Ltd.
<https://doi.org/10.1111/fwb.13519>

IDEAM. (2004). *Guía para el monitoreo de vertimiento y aguas superficiales y subterráneas*.
https://corponor.gov.co/corponor/sigescor2010/TRAMITESYSERVICIOS/Guia_monitoreo_IDEAM.pdf

Mizzouri, N., Kochary, S., & Barwari, N. (2022). Decentralized sanitation solutions for temporal Internally Displaced people (IDPs) and refugees camps and residential complexes in Duhok province – Case study. *Ain Shams Engineering Journal*, 13(4), 101706.
<https://doi.org/10.1016/J.ASEJ.2022.101706>

Nayeb, H., Mirabi, M., Motiee, H., Alighardashi, A., & Khoshgard, A. (2019). Estimating greenhouse gas emissions from Iran's domestic wastewater sector and modeling the emission scenarios by 2030. *Journal of Cleaner Production*, 236. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117673>

Ozsahin, D., Abdulhaqq, N., Uzun, B., & Ozsahin, I. (2018). *Effective Analysis of Image Reconstruction Algorithms in Nuclear Medicine Using Fuzzy PROMETHEE*.
<https://doi.org/10.1109/ICASET.2018.8376892>

Page, M., McKenzie, J., Bossuyt, P., Boutron, I., Hoffmann, T., Mulrow, C., Shamseer, L., Tetzlaff, J., Akl, E., Brennan, S., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J., Hróbjartsson, A., Lalu, M., Li, T., Loder, E., Mayo, E., McDonald, S., Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. In *The BMJ* (Vol. 372). BMJ Publishing Group.
<https://doi.org/10.1136/bmj.n71>

Peña, E. (2023). *Evaluación de la eficiencia de un tanque Imhoff para el tratamiento de aguas residuales municipales del distrito de Shatoja*.
<https://repositorio.upeu.edu.pe/server/api/core/bitstreams/0e0657bf-dac8-424f-980a-7082e62d9fcd/content>

Resolución 0631. (2015). Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones. *Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible*. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/11/resolucion-631-de-2015.pdf>



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Rout, P., Shahid, M., Dash, R., Bhunia, P., Liu, D., Varjani, S., Zhang, T., & Surampalli, R. (2021). Nutrient removal from domestic wastewater: A comprehensive review on conventional and advanced technologies. *Journal of Environmental Management*, 296, 113246. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2021.113246>

Vera, L. (2022). *Influencia De La Gestión Estratégica En La Administración De Campamentos De Exploración Minera En Comunidades Alto Andinas, Arequipa 2021*.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Restauración de suelos intervenidos por diferentes actividades antrópicas en el municipio de Lloró departamento de Chocó, Colombia

AUTORES

Gabriela Patricia Areiza Lozano, Maestría en Gestión Ambiental, Universidad de Antioquia,
Gabriela.areiza1@udea.edu.co.

Yudy Andrea Londoño Cañas Doctor (PhD) en Ingeniería Ambiental, Universidad de Antioquia.
yudy.londono@udea.edu.co.

David Fernando Pérez Abadía, Doctor (PhD) en Conservación y Uso Sostenible De Sistemas
Forestales.

Universidad Tecnológica del Chocó. d-david.perez@utch.edu.co.

RESUMEN

La degradación del suelo es un reto crítico que afecta la productividad agrícola, la biodiversidad y la seguridad alimentaria a nivel global, así como un impacto ambiental significativo en Colombia. Este fenómeno, impulsado por la erosión, la salinización, la pérdida de materia orgánica, la acidificación, la compactación y la contaminación, se ve agravado por actividades humanas como la minería, deforestación y agricultura. El departamento del Chocó, una región de alta diversidad y endemismo, la degradación del suelo es exacerbada por la presencia del ser humano para poder suplir sus necesidades. El municipio de Lloró, en el departamento del Chocó, es uno de los lugares más lluviosos del mundo, lo que complica aún más la situación del suelo debido a la lixiviación de nutrientes. En este estudio se pretende determinar las condiciones biofísicas en los diferentes usos antrópicos, además se analizarán los impactos de repoblamiento forestal en el proceso de rehabilitación del suelo; finalmente evaluar la gestión, uso del suelo a través de la percepción comunitaria, generando conocimiento y estrategias aplicables no solo en el Chocó, sino en otras regiones afectadas, contribuyendo a la conservación de la biodiversidad y restauración de los suelos.

PALABRAS CLAVE:

Degradación, factibilidad, suelo, forestal, agrícola, percepción, acidificación, erosión.

INTRODUCCIÓN

La degradación del suelo en Lloró, Chocó, es un problema ambiental grave, causado principalmente por la minería de oro y platino, que deforesta 360 hectáreas de bosque anualmente (IIAP, 2001; Ramírez & Ledezma, 2007; Leal, 2009), afectando la biodiversidad y el ciclo del agua. Estas actividades, junto con la agricultura y la ganadería, agravan la pérdida de nutrientes, afectando la

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025

Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |
NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático

fertilidad del suelo debido a las abundantes lluvias. A nivel global, la agricultura intensiva y la minería son las principales causas de la degradación del suelo, lo que incluye la pérdida de materia orgánica y compactación. En Colombia, aunque se ha investigado el impacto de estas actividades, hay una limitada información sobre la restauración del suelo en áreas como el Chocó. Este estudio tiene como objetivo analizar la posible recuperación de suelos degradados por actividades humanas en Lloró, Chocó, mediante la reforestación de los suelos con especies nativas y a través del análisis de prácticas agrícolas sostenibles.

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

Este estudio se centra en analizar la posible recuperación de suelos degradados por actividades humanas en Lloró, Chocó. Se considerarán las siguientes acciones:

Evaluar el estado del suelo que ha sido degradado por diferentes actividades humanas en la zona de estudio.

a. **Diagnóstico del área de estudio intervenida:** Mediante reuniones establecidas y programadas por parte del equipo técnico del área de estudio, se establecen realizar salidas de campo al municipio de Lloró (Chocó), vereda Peña Loza, finca CEMUTCH, con el fin de documentar las técnicas de Minería, tala de árboles, agricultura y los impactos que esta genera sobre el suelo. Donde a través de recorridos sobre la zona, se visualiza las condiciones físicas del suelo de la zona de estudio. Donde de manera atenta se establece el estado actual de las parcelas seleccionadas para la realización del estudio. Adicional a esto, tomarán registros fotográficos donde se obtendrá de manera ilustrada las condiciones iniciales del suelo en el área de estudio.



Figura 1. Estado inicial de parcelas seleccionadas para realizar estudio, Área productiva (A), área intervenida por tala (B) y Área minera (C)

Fuente: Propia

b. **Análisis de las características del suelo:** Durante el proceso experimental se tomaron tres muestras una en cada parcela seleccionada, estas tomas de análisis se realizaron antes de que se inicie el proceso de plantación, donde las próximas serán a los 6 meses después de contar con el crecimiento de las plántulas, para verificar los aportes que hacen los vegetales en la condición del suelo. En la tabla N° 1 se presenta



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático

las variables analíticas para evaluar las condiciones del suelo a través de sus propiedades físicas y químicas.

Tabla 1. Métodos analíticos en el área de estudio

Método analítico	Unidad	Método
pH		NTC – 5264- 2018
Materia orgánica	(MO %)	NTC – 5526- 2007
Carbono orgánico	(CO %)	NTC – 5403- 2013
Acidez Intercambiable	(Al cmol(+)/kg)	NTC – 5263-2017
Calcio	(Ca cmol(+)/kg)	NTC – 5349-2016
Magnesio	(Mg cmol(+)/kg)	NTC – 5349-2016
Potasio	(K cmol(+)/kg)	NTC – 5349-2016
Capacidad de Intercambio Catiónico		NTC – 5268-2014
Fósforo	(P mg/kg)	Método interno
Azufre	(S mg/kg)	NTC – 5402-2006
Hierro	(Fe mg/kg)	NTC – 5526-2007
Manganeso	(Mn mg/kg)	NTC – 5526-2007
Cobre	(Cu mg/kg)	NTC – 5526-2007
Zinc	(mg/kg de Zn)	NTC – 5526-2007
Boro	(B mg/kg)	NTC – Método interno

Fuente: Elaboración Propia - 2024

RESULTADOS ALCANZADOS Y DISCUSIÓN

Se identificaron tres tipos de parcelas según la actividad humana implementada en el área de estudio las cuales son agricultura, aprovechamiento forestal y minería, se tomaron 1 muestra por cada parcela en el mes inicial antes de las plantaciones, estas fueron analizadas por laboratorio certificado (Tabla 2.), dando como resultado lo siguiente:

Tabla 2. Informe de Resultados toma de suelo

ID. Muestra	Parcela	TEXTURA	PH	MATERIA ORGANICA	CARBONO ORGANICO	ALUMINIO	CALCIO
1	P1	50% Limo	5.4	4.65%	2.70%	0.8 cmol(+)/kg	4.24 cmol(+)/kg
2	P2	38% Limo	4.8	3.73%	2.16%	3.5 cmol(+)/kg	0.64 cmol(+)/kg



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático

ID. Muestra	Parcela	TEXTURA	PH	MATERIA ORGANICA	CARBONO ORGANICO	ALUMINIO	CALCIO
3	P3	44% Arena	4.6	4.14%	2.40%	5.1 cmol(+)/kg	0.09 cmol(+)/kg
4	P4	44% Arena	4.7	2.71%	1.57%	1.2 cmol(+)/kg	0.05 cmol(+)/kg
5	P5	44% Arena	4.5	3.74%	2.17%	1.5 cmol(+)/kg	0.06 cmol(+)/kg

Fuente: Laboratorio de Suelo – Universidad Nacional de Colombia

Muestra Parcela N°1: Durante el proceso de resultados se cuenta con una textura de limo con un 50%, Ph de 5.4 lo que indica que son suelos ácidos, donde se presentaron actividades antrópicas de manera productiva y en proceso de recuperación, con una carga de materia orgánica de 4.65%.

Muestra Parcela N°2: Suelo tipo limo con un resultado de 38% en proceso de recuperación por actividad de aprovechamiento forestal, con un tipo de suelo ácido con 4.6 en pH.

Muestra Parcela N°3: Suelo tipo arena con un 44% en proceso de recuperación, con presencia de ácidos con un pH de 4.6 y carga de materia orgánica de 4.14%.

Muestras de Parcelas N°4 y N°5 corresponden al bosque natural (testigo), por la misma variabilidad que tiene la zona de dicho bosque, ya que hay una zona que está sobre colinas y otra que está sobre pendiente y así tener dos referencias de este tipo de bosque, sabiendo así que tanto se ha restaurado.

CONCLUSIONES

Nos enfrentamos a suelos con niveles altos de acidez lo que puede afectar la disponibilidad de nutrientes para las plantas, especialmente en la capacidad de retención de cationes y la actividad biológica del suelo. La acidez del suelo es un factor crítico en la disponibilidad de nutrientes. Se observa que puede limitar la absorción de nutrientes esenciales como el fósforo, calcio y magnesio, lo que es consistente con los niveles bajos observados en algunas muestras. Junto con la baja capacidad de intercambio catiónico en algunas áreas, se manifiesta que el suelo ha sido sometido a un proceso de degradación, posiblemente por la agricultura o la deforestación, que ha agotado algunos nutrientes esenciales.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



REFERENCIAS

Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico (IIAP). (2001). Informe Técnico Aspectos Mineros en el Chocó. Informe de Proyecto. Quibdó, Colombia.

Grau., 2013; Fisher 2014; Goulart 2016. Dinámicas y causas de deforestación en bosques de latino américa: una revisión desde 1990.

Quintero Castaño, A. (2021). La agricultura regenerativa como una alternativa para la conservación de los suelos degradados a causa del sistema agroindustrial. Universidad de Antioquia.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Identificación de microplásticos en los biosólidos y su vertimiento al medio ambiente

AUTORES

David Rodríguez Gaviria, Julián Andrés Lenis Rodas.
Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid.
david_rodriguez_54222@elpolil.edu.co

RESUMEN

Los microplásticos (MP) no son fácilmente retenidos ni eliminados durante el tratamiento del agua en las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), debido a su tamaño, densidad y características físico-químicas. Como resultado, las PTAR se han identificado como una fuente significativa de liberación de MP al medio ambiente, lo que ha generado preocupación a nivel global. Este tipo de contaminantes se ha encontrado en diversas partes del mundo, afectando la fauna, los ecosistemas acuáticos y, potencialmente, la salud humana. Se ha observado que los MP tienen una alta capacidad de absorción de metales pesados presentes en las aguas residuales, algunos de los cuales están relacionados con serios efectos en la salud, como el desarrollo de cáncer y problemas neurológicos que pueden llevar incluso a trastornos psicológicos. A pesar de su impacto, no existe una normativa internacional estandarizada que regule la presencia de MP en las PTAR, ni métodos homogéneos para su identificación, especialmente en los biosólidos que se generan tras el tratamiento del agua. Por ello, en esta investigación se propone un método para la identificación de MP en los biosólidos mediante el uso de tecnologías avanzadas como Espectroscopía Infrarroja por Transformada de Fourier (FTIR), Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC), Análisis Termogravimétrico (TGA) y Microscopía Electrónica de Barrido (SEM), con el objetivo de identificar y clasificar los tipos de microplásticos presentes y contribuir al desarrollo de regulaciones más efectivas.

PALABRAS CLAVE:

Microplásticos, PTAR, biosólido, identificación.

INTRODUCCIÓN

La innegable presencia de microplásticos (MP) en el suelo, el aire y, especialmente, en los ecosistemas acuáticos ha revelado a los MP como un contaminante emergente. Los datos alarmantes sobre la aparición de MP en el medio ambiente, junto con la creciente conciencia pública acerca de sus efectos, han dado lugar a un aumento de estudios en los últimos años (Sol et al., 2020). Uno de los principales problemas en las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) es la

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025
Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |
NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



falta de un procedimiento estándar para el análisis de los MP, lo cual limita la capacidad de comparar y mejorar los métodos de identificación, caracterización y separación de estos contaminantes (Zöhre et al., 2022).

Estudios que analizan la eliminación de MP en PTAR secundarias y terciarias indican una eficiencia media del 88 % y 94 % respectivamente; sin embargo, gran parte de los MP eliminados en el tratamiento primario y preliminar permanecen en los lodos, que son reutilizados como fertilizantes, contribuyendo a la dispersión de MP en el ambiente (Iyare et al., 2020). Magni et al. (2019) demostraron que, en una de las mayores PTAR del norte de Italia, a pesar de la alta eficiencia en la eliminación de MP en el agua, estos aún están presentes en grandes cantidades en los lodos activados. Esta situación convierte a las PTAR en una fuente de MP en suelos agrícolas, dada la reutilización de los lodos como fertilizante.

El compostaje de lodos es una fuente importante de MP en el entorno agrícola, pero las concentraciones de MP en lodos compostados han sido poco estudiadas (Vithanage et al., 2021). Existe, por tanto, una necesidad urgente de abordar esta contaminación por MP y desarrollar métodos de control más efectivos para evitar la introducción de MP al medio ambiente desde las PTAR (Lucca Nizzeto et al., 2016).

En esta investigación, se propone un método para la identificación de MP en los biosólidos mediante el uso de tecnologías avanzadas para caracterización de materiales, con el objetivo de identificar y clasificar los tipos de MP presentes en los biosólidos que serán destinados a la agricultura, contribuyendo así al desarrollo de normativas más efectivas.

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

En esta investigación se desarrolló un método para la identificación de microplásticos (MP) en biosólidos, utilizando tecnologías avanzadas como la Espectroscopía Infrarroja por Transformada de Fourier (FTIR), la Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC), el Análisis Termogravimétrico (TGA) y la Microscopía Electrónica de Barrido (SEM). Estas herramientas permitieron analizar y clasificar los MP presentes en los lodos tratados de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de San Fernando y Bello.

La investigación fue de tipo experimental y se enfocó en la detección y caracterización de MP en biosólidos de estas dos PTAR, que atienden a las poblaciones del Valle de Aburrá. Para el análisis, se utilizaron equipos proporcionados por el Centro de Investigación, Innovación y Desarrollo de Materiales (CIDEMAT) de la Universidad de Antioquia. A través del Espectrómetro Spectrum Two UATR y mediante FTIR, se obtuvieron los espectros infrarrojos de las muestras, los cuales fueron comparados con una base de datos de espectros similares para identificar las partículas de MP presentes en los biosólidos.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático

Luego, con la Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC), se analizaron las transiciones térmicas, como las transiciones vítreas de los materiales presentes en las muestras de biosólidos. El Análisis Termogravimétrico (TGA) evaluó la estabilidad térmica de las muestras y las propiedades de los plásticos en función de sus perfiles de descomposición. Finalmente, la Microscopía Electrónica de Barrido (SEM) proporcionó una visualización detallada de las partículas, permitiendo identificar su morfología y características de tamaño.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Espectros FTIR: Se realizaron comparaciones entre los espectros infrarrojos de las muestras analizadas y los espectros más semejantes disponibles en la base de datos. Las figuras muestran que los espectros de las partículas encontradas en los lodos presentan una notable similitud con materiales orgánicos, tales como celulosa y polisacáridos, así como con un posible microplásticos (poliamidas) en forma de fibras:

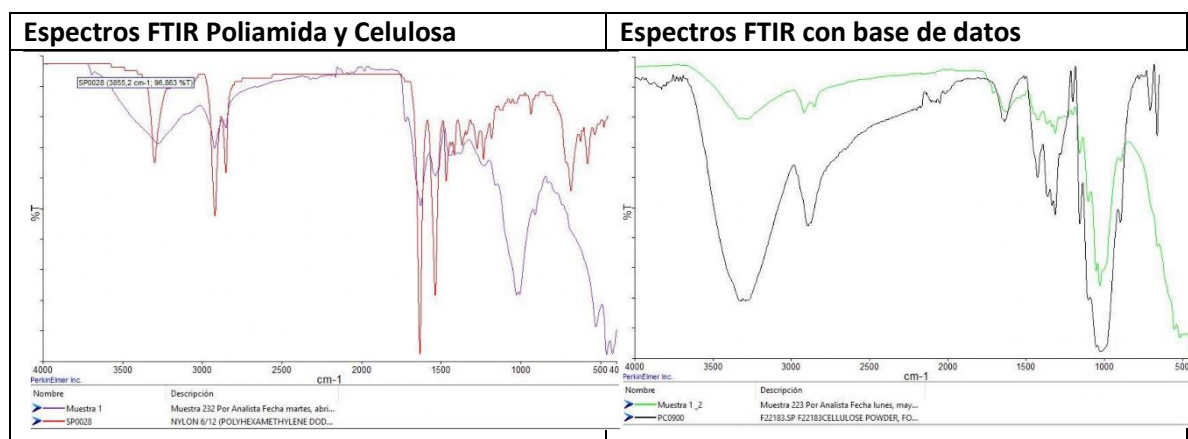


Figura 1. Espectros FTIR de la muestra de la PTAR de Bello y comparativo con base de datos de Poliamida y Celulosa:Fuente: Elaboración propia

Encontrando que para la PTAR San Fernando, se encuentran otro tipo de MP.

Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC): Se realiza un procedimiento de Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC), en ellos se observan dos transiciones vítreas aproximadamente a 65°C y 170-180°C. Además, se identifican dos puntos de fusión cerca de 250°C y alrededor de 310°C. Las transiciones vítreas podrían ser asociadas a las transiciones vítreas de la poliamida y la fusión a 248 °C y 260 °C también puede asociarse a fusión de Poliamida.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático

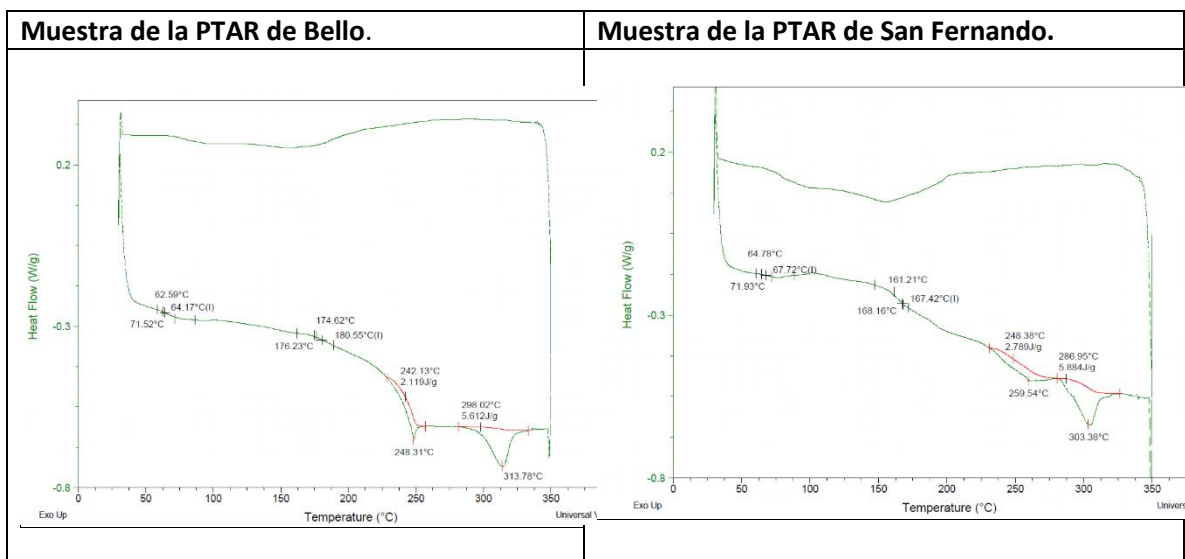


Figura 2. Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC)

Fuente: Elaboración propia

Análisis Termogravimétrico (TGA): En el análisis Termogravimétrico (TGA), se encontró que las pérdidas de las fases orgánicas entre las que se consideran celulosa, poliamida y otros componentes orgánicos han sido del 13.71% en la muestra de Bello y de 9.94% en la muestra de San Fernando. La última poliamida visible, en la derivada cerca de los 450°C, Las pérdidas finales del 2.5% y del 2% corresponden a transformaciones de materiales inorgánicos, probablemente la degradación de carbonatos. El residuo resultante corresponde al material inorgánico del lodo (fase mineral).

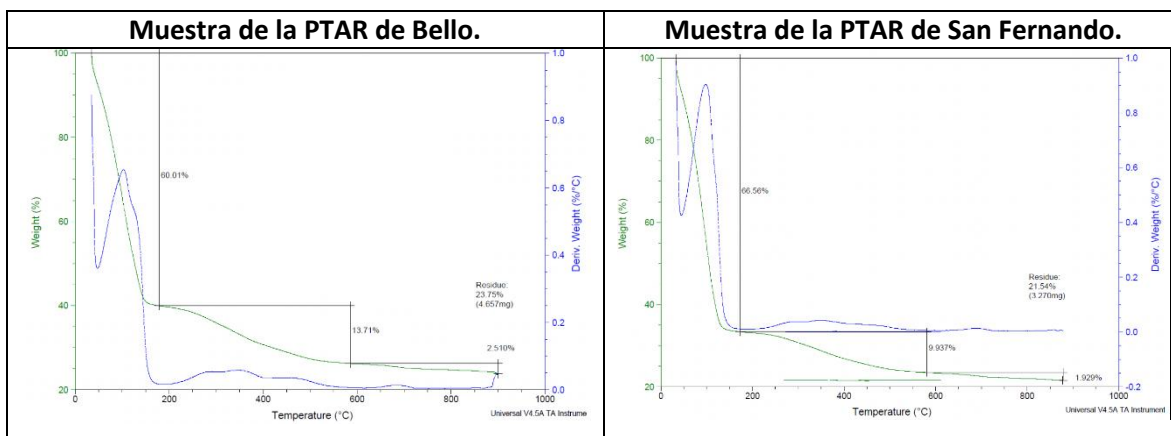


Figura 3. Análisis Termogravimétrico (TGA)

Fuente: Elaboración propia



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático

Microscopía electrónica de Barrido (SEM): En el análisis por medio de la microscopía electrónica de Barrido (SEM), se observaron partículas aglomeradas en ambas muestras, junto con fibras y láminas naturales que presentaban estructuras foliadas y/o regulares, y fibras orgánicas lisas. Las partículas aglomeradas estaban compuestas principalmente de material inorgánico, con elementos como calcio, silicio, hierro, magnesio, aluminio y oxígeno, entre otros.

En la Figura 5 se presentan las imágenes SEM de las muestras de lodo de la PTAR Bello y San Fernando. Se observan partículas lisas embebidas en una matriz irregular. Por el tamaño y la morfología, estas partículas posiblemente estén relacionadas con MP en el lodo analizado.

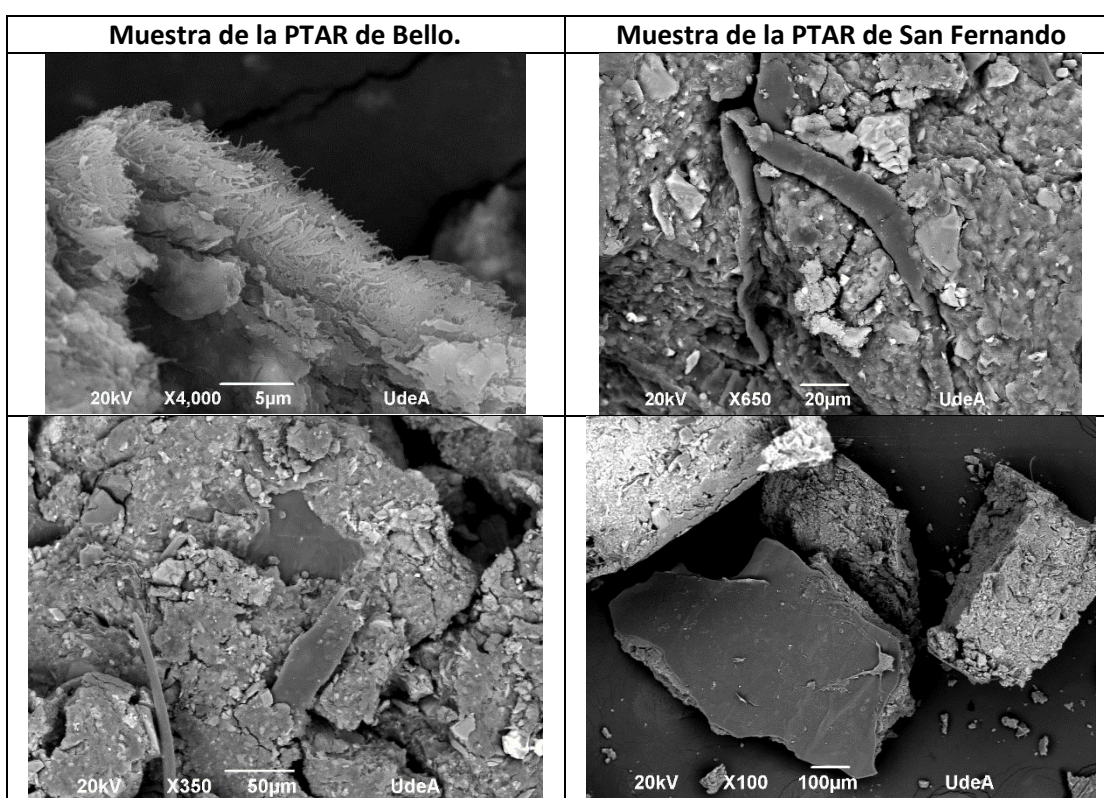


Figura 4. Micrografías SEM de la muestra de la PTAR de Bello.

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

En esta investigación se logró identificar la presencia de microplásticos (MP) en los biosólidos de las PTAR de San Fernando y de Bello, mediante la aplicación de una nueva propuesta analítica con diversas tecnologías avanzadas como FTIR, DSC, TGA y SEM. Los resultados demostraron que una parte considerable de los MP no es retenida durante el tratamiento del agua, quedando presentes en los lodos que posteriormente son utilizados en la agricultura, lo que representa un potencial riesgo para el medio ambiente y la salud humana.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



El uso de Espectroscopía Infrarroja por Transformada de Fourier (FTIR) permitió identificar la composición de las partículas halladas, muchas de las cuales mostraron similitudes con materiales plásticos como la poliamida. El análisis por Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC) y Análisis Termogravimétrico (TGA) complementó esta identificación al proporcionar información sobre las propiedades térmicas y la estabilidad de los MP. Finalmente, el análisis visual detallado a través de la Microscopía Electrónica de Barrido (SEM) permitió observar la morfología y tamaños característicos de los microplásticos.

Estos hallazgos subrayan la necesidad urgente de desarrollar normativas específicas para la detección y control de los MP en las PTAR, así como para la gestión de los biosólidos. Además, este estudio sugiere la implementación de procedimientos estandarizados para identificar y mitigar los efectos adversos de los MP sobre el medio ambiente y la salud pública.

REFERENCIAS

Sol, D., Laca, A., Laca, A., & Díaz, M. (2020). Approaching the environmental problem of microplastics: Importance of WWTP treatments. *Science of The Total Environment*.

Zöhre , K., Irmak , Ö., & Arthur M. , J. (2022). Effectiveness of microplastics removal in wastewater treatment plants: A critical analysis of wastewater treatment processes. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. Elsevier

Iyare, P., Ouki, S., & Bond, T. (2020). Microplastics removal in wastewater treatment plants: a critical review. *Environmental Science: Water Research & Technology*.

Magni, S., Binelli, A., Pittura, L., Giacomo Avio, C., Della Torre, C., Carla Parenti, C., . . . Regoli, F. (2019). The fate of microplastics in an Italian Wastewater Treatment Plant. *Science of The Total Environment*, 602-610.

Vithanage, M., Ramanayaka, S., Hasinthara, S., & Navaratne, A. (2021). Compost as a carrier for microplastics and plastic-bound toxic metals into agroecosystems. *Elsevier*.

Lucca Nizzeto, Martyn Futter, & Sindre Langaas. (2016). Are Agricultural Soils Dumps for Microplastics of Urban Origin? *Environmental Science & Technology*.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Evaluación y optimización de un sistema convencional en la remoción de vancomicina del agua potable

AUTORES

Paola Rodríguez-Saldarriaga, Yudy Andrea Londoño-Cañas, Nancy Pino Rodríguez, Gustavo A.
Peñuela Mesa

RESUMEN

Una de las problemáticas actuales, en el área de recursos hídricos, es la contaminación por fármacos en el medio ambiente, los cuales generan problemas en la salud humana y una mayor resistencia a los antibióticos, esto hace que los tratamientos de prevención de enfermedades tengan que ser más rigurosos. El agua para el consumo humano es de gran importancia para la salud humana, no obstante, debido al aumento de consumo de los fármacos, principalmente de antibióticos se ha generado un riesgo potencial a la misma, ya que contaminan las fuentes de agua superficial. Debido a esta problemática estos llegan a las plantas de potabilización (PTAP), y posiblemente al usuario debido a la limitada eficiencia de estos sistemas para remover fármacos. Está investigación tiene como objetivo evaluar la eficiencia de los procesos convencionales de potabilización en la remoción de la vancomicina del agua potable. Se está investigando si las PTAP logran ser eficientes en la remoción de la vancomicina, a través de un proceso convencional, en caso de no ser eficiente mirar el acople con el UV/ H_2O_2 .

PALABRAS CLAVE:

Contaminantes emergentes; oxidación; potabilización; tratamiento; vancomicina.

INTRODUCCIÓN

El uso indiscriminado de antibióticos se ha convertido en un motivo de preocupación ambiental y de salud pública en la actualidad, debido a que genera la difusión de nuevos contaminantes al agua, los cuales se han ido distribuyendo sobre las fuentes de agua superficiales, incluso a través del agua potable (Pires et al., 2023; Zhang et al., 2024). El consumo mundial de antibióticos ha ido aumentando en los últimos años, obteniendo un aumento del 39% entre el año 2000 y 2015 (Klein et al., 2021). En Colombia, se han encontrado compuestos farmacéuticos en el agua potable en Bogotá, Medellín y Cali (Jiménez-Bambague et al., 2023). Debido a esto, lo que está investigación pretende es evidenciar cuál es la eficiencia de los procesos de potabilización convencionales en la remoción de la vancomicina y cuál es la eficiencia si este se acopla a UV/ H_2O_2 . La vancomicina es un antibiótico empleado para infecciones de primera línea (Wolff et al., 2019). Se ha evidenciado que estos procesos convencionales son poco eficientes en la degradación de algunos contaminantes emergentes (Lee et al., 2024), así que, se proyecta un acople del sistema convencional a un proceso

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025
Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |
NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



UV/H₂O₂, ya que se ha demostrado que pueden ser más eficiente en la remoción de este tipo de fármacos (Parra-Enciso et al., 2023).

Consiguientemente, la propuesta se enfoca en ampliar el conocimiento en la eliminación de la vancomicina, en agua potable. Dicha investigación está en proceso, sin embargo, se tiene una amplia base bibliográfica. Se espera finalmente, reconocer las nuevas alternativas para los procesos de potabilización de agua que podrían ser implementados como alternativas y como solución a los nuevos contaminantes.

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

Inicialmente se hizo la revisión de bases de datos bibliográficos para abordar los objetivos.

- Preensayos del proceso de coagulación, floculación y sedimentación:** Se evaluó la optimización de la coagulación, floculación y sedimentación con PAC (1%), mediante un equipo de test de jarras con seis jarras de un litro y se empleó agua cruda de una quebrada utilizada para captación de agua en Medellín. La experimentación se llevó a cabo de acuerdo a la Resolución 0330 De 2017 y la Resolución 0799 de 2021. Posteriormente, se evaluó el proceso de filtración mixta rápida, el cual se implementa luego del test de jarras.
- ensayo de la degradación de vancomicina en el proceso de coagulación, floculación y sedimentación:** Se evaluó la degradación de la vancomicina en el agua cruda, por medio de un test de jarras, con una concentración inicial de PAC de 5 mg/L y de vancomicina de 34 y 51 ug/L.
- Diseño del prototipo filtro:** Se diseñó un filtro mixto rápido en polímetro de metil metacrilato (PMMA), con unas dimensiones de 156 cm de largo y 7 cm de diámetro. El filtro cumple con el rango establecido por la Resolución 0799 de 2021 y será con arena, grava y antracita. (En desarrollo).
- ensayos del proceso UV/H₂O₂:** Para la optimización del POA, se realizó por medio de un fotosimulador empleando lámparas UV, adicionalmente, se evaluaron las concentraciones de H₂O₂ de 17, 31 y 54 mg/L y una concentración inicial de vancomicina.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

- Preensayos del proceso de coagulación, floculación y sedimentación:** Para la optimización, el agua cruda presentó una turbiedad inicial de 3,16 UNT, pH de 7,24 y Color de 10.99 UPC. Para lo cual se decidió emplear concentraciones de PAC de 2, 5, 8, 10, 15 y 20 mg/L, y a partir de ahí evaluar la mejor concentración por medio de un test de jarras con las características expuestas anteriormente. Para ello, se obtuvo que la concentración de 5 mg/L fue la que tuvo mejores resultados con una turbiedad final de 0,44 NTU, un pH de 7,10 y el color aparente de 0,14 UPC, los cuales cumplen con la normativa colombiana.
- Preensayo de la degradación de vancomicina en el proceso de coagulación, floculación y sedimentación:** Con la concentración óptima, se evalúa de igual manera la degradación de la vancomicina obteniendo que para las concentraciones iniciales de aproximadamente 34 y 51 ug/L, no se presentó una degradación significativa de la vancomicina en el agua cruda. Lo que



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático

podría indicar que el proceso convencional podría no ser eficiente en la degradación de este tipo de microcontaminantes.

Tabla 1. Test de jarras para evaluar la remoción de vancomicina con PAC a 5 mg/L.

Concentración inicial de Vancomicina (ug/L)	pH	Turbiedad (NTU)	Color (UPC)	Concentración final de vancomicina (ug/L)	Remoción (%)	Remoción promedio (%)
34,14	7,380	0,530	<0,001	21,560	36,850	11,897
34,14	7,410	0,300	0,803	33,225	2,683	
34,14	7,358	2,130	1,706	35,453	-3,843	
51,72	7,334	0,840	0,918	69,924	-35,192	-11,793
51,72	7,350	0,960	0,904	45,942	11,175	
51,72	7,365	0,250	<0,001	57,599	-11,363	

C. Preensayos del proceso UV/H₂O₂: Dicha degradación se evaluó en los tiempos 0, 20 y 40 minutos; encontrando que en todas las concentraciones y combinaciones hubo una degradación mayor al 99% de la vancomicina (Tabla 2); sin embargo, aunque esto sugiere la efectividad del método para la degradación, no es útil para determinar las interacciones entre el tiempo y las concentraciones de H₂O₂ y vancomicina, lo que sugiere que la cantidad de H₂O₂ empleada es muy alta para la concentración inicial de vancomicina, lo cual no es bueno, ya que generaría dentro de una PTAP más costos y una generación mayor de subproductos y problemas con el consumo de los radicales hidroxilo que genera el peróxido de hidrogeno (Parra-Enciso et al., 2023).

Tabla 2. Resultados preliminares del POA UV/H₂O₂ para evaluar la degradación de VC.

Co VC (ug/L)	Tiempo	H2O2 (mg/L)	Cf VC (ug/L)	%Remoción
53,437	20	17	0,479	99,104
		34	0,201	99,624
		51	0,108	99,797
	40	17	0,027	99,949
		34	0,003	99,994
		51	0,036	99,933
111,574	20	17	2,265	97,970
		34	0,502	99,550
		51	0,330	99,704
	40	17	0,245	99,781
		34	<0,001	100,000
		51	0,059	99,947



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



CONCLUSIONES

Se concluye hasta ahora, que los procesos convencionales de una PTAP como la coagulación, floculación y sedimentación no son efectivos en la degradación de aproximadamente 53-111 ug/L de vancomicina por medio de PAC (1%) con una concentración de 5 mg/L, por el contrario, el proceso de UV/ H₂O₂ fue eficiente en la degradación de la vancomicina, con concentraciones de H₂O₂ de 17, 34 y 51 mg/L, sin embargo, esta degradación fue relativamente rápida, por lo que no se logra identificar las interferencias del tiempo y las concentraciones en la degradación de la vancomicina, por lo que se pretende evaluar nuevamente el proceso con tiempos y concentraciones menores. Los procesos de acople y ensayos posteriores están en proceso y se espera tener resultados más adelante.

REFERENCIAS

Jiménez-Bambague, E. M., Madera-Parra, C. A., & Machuca-Martinez, F. (2023). The occurrence of emerging compounds in real urban wastewater before and after the COVID-19 pandemic in Cali, Colombia. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 33, 100457. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2023.100457>

Klein, E. Y., Milkowska-Shibata, M., Tseng, K. K., Sharland, M., Gandra, S., Pulcini, C., & Laxminarayan, R. (2021). Assessment of WHO antibiotic consumption and access targets in 76 countries, 2000–15: An analysis of pharmaceutical sales data. *The Lancet Infectious Diseases*, 21(1), 107-115. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(20\)30332-7](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(20)30332-7)

Lee, S., Choi, Y., Kang, D., & Jeon, J. (2024). Proposal for priority emerging pollutants in the Nakdong river, Korea: Application of EU watch list mechanisms. *Environmental Pollution*, 341, 122838. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.122838>

Parra-Enciso, C., Avila, B. S., Rubio-Clemente, A., & Peñuela, G. A. (2023). Degradation of carbamazepine by the photo-Fenton process. Approach towards the elucidation of degradation by-products. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 442, 114801. <https://doi.org/10.1016/j.jphotochem.2023.114801>

Pires, J., Santos, R., & Monteiro, S. (2023). Antibiotic resistance genes in bacteriophages from wastewater treatment plant and hospital wastewaters. *Science of The Total Environment*, 892, 164708. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.164708>

Resolución 0330 de 2017: Minambiente. (2017). Por la cual se expiden los criterios ambientales para el desarrollo de infraestructura sostenible en su ciclo de vida, para proyectos de infraestructura de transporte. (Resolución 0330 de 2017). En Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS). Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Resolución 0799 de 2021: Minambiente. (2021). Por la cual se establece el protocolo para el monitoreo y seguimiento a la calidad del aire en Colombia. (Resolución 0799 de 2021). En Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS). Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Wolff, M., Quintanilla, R., Carrasco, J. P., Cifuentes, M., Wolff, M., Quintanilla, R., Carrasco, J. P., & Cifuentes, M. (2019). Análisis crítico de un antimicrobiano sub-óptimo, de frecuente sobre-utilización e inadecuada dosificación: Vancomicina. Revista chilena de infectología, 36(6), 687-697. <https://doi.org/10.4067/S0716-10182019000600687>

Zhang, G., Zhang, C., Liu, J., Zhang, Y., & Fu, W. (2024). Occurrence, fate, and risk assessment of antibiotics in conventional and advanced drinking water treatment systems: From source to tap. Journal of Environmental Management, 358, 120746. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.120746>



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Análisis de los límites de consistencia de suelos residuales en América del sur y su utilización para clasificar suelos tropicales

AUTORES

Juan Carlos Torres Alape, IU Digital de Antioquia, juan.torres@iudigital.edu.co

Victoria Elena Meza Ochoa, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, vemeza@elpoli.edu.co

RESUMEN

Este estudio revisa la literatura científica sobre suelos tropicales en América del Sur, centrándose en los límites de consistencia o límites de Atterberg, que corresponden al contenido de humedad donde los suelos cambian de estado de consistencia y son un reflejo de la mineralogía de estos. Se analizan las variables Límite Líquido (LL), Límite Plástico (LP), Índice de Plasticidad (IP) y la clasificación de los suelos según el Sistema de Clasificación Unificada (SUCS), con datos de estudios de suelos de Brasil, Argentina, Colombia, Perú y Bolivia. La relación entre LL y LP muestra una correlación positiva fuerte ($r = 0,94$) con un coeficiente de determinación ($R^2 = 0,89$), indicando que el 89% de la variabilidad en el LP puede explicarse por el LL. Los suelos con mayor capacidad de retener agua tienden a ser más plásticos, destacándose los suelos residuales de Colombia y Argentina con mayor plasticidad en comparación con los suelos de Brasil, Bolivia y Perú, lo que sugiere influencias geológicas y climáticas. En Argentina, la variabilidad de la composición del suelo refleja su ubicación geográfica. La correlación entre LP e IP es moderada ($r = 0,62$), pero con alta variabilidad en los datos. Se observan incongruencias en la clasificación según el SUCS en algunos suelos grueso granulares con altos valores de límites de consistencia, debido a su particular mineralogía. Los resultados aportan una mejor comprensión del comportamiento de los suelos tropicales y su relevancia para proyectos de ingeniería y construcción.

PALABRAS CLAVE:

Límite Líquido, Límite Plástico, Índice de Plasticidad, SUCS, Suelos Tropicales.

INTRODUCCIÓN

La plasticidad y los límites de consistencia son propiedades clave para evaluar el comportamiento físico-mecánico y la capacidad de retención de agua de los suelos (Lizcano et al., 2006). En particular, los suelos tropicales de América del Sur presentan características específicas debido a su formación geológica, condiciones climáticas y ubicación geográfica (Gardi et al., 2014). La medición de los límites de consistencia, desarrollada por Atterberg (1911), permite clasificar los suelos en función

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025

Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |

NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



de su plasticidad (Polidori, 2007). Este estudio se centra en una revisión de la literatura científica reciente sobre suelos tropicales en cinco países de la región, evaluando la relación entre el LL, el LP y el IP de los suelos asociada al SUCS. La investigación busca identificar patrones y variaciones entre las diferentes zonas geográficas, contribuyendo al entendimiento de las propiedades geotécnicas de estos. Este análisis permite inferir cómo factores locales pueden influir en la plasticidad y consistencia de los suelos, aportando una visión comparativa entre países.

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

Esta investigación se enfoca en una revisión de literatura científica relacionada con los estudios realizados sobre suelos tropicales en distintos países de América del Sur. Se recopiló información acerca de los límites de consistencia de Atterberg (1911), también conocidos como la consistencia del suelo, los cuales miden la plasticidad de este a través del estudio de su humedad en tres estados: sólido, líquido y plástico (Gámez-Morales y Leal-Barreto, 2017). Los límites de consistencia reflejan la mineralogía del suelo (Dolinar y Škrabl, 2013) En concordancia con lo anterior, las variables recopiladas fueron las siguientes:

- **Muestras realizadas:** Cantidad de sondeos o perforaciones hechas en cada estudio.
- **LL:** Porcentaje de humedad con la que el suelo se cierra bajo una energía específica.
- **LP:** Porcentaje de humedad con la que el suelo puede ser moldeado.
- **IP:** Relación entre el LL y el LP.
- **SUCS:** sistema de clasificación del suelo según el tamaño de sus partículas y su textura.

Los documentos científicos seleccionados se publicaron a partir del año 2019 y se buscaron en bases de datos como Scopus, Google Scholar y Web of Science, por ser fuentes confiables y de alta calidad. Los estudios seleccionados fueron los siguientes:

Tabla 1. Detalle de estudios encontrados

No.	Estudio	País
1	Avaliação Do Potencial De Erodibilidade De Solos Residuais Tropicais Compactados: Estudo De Caso Na Ferrovia De Integração Oeste – Leste (Fiol)	Brasil
2	Caracterização De Solos Lateríticos E Saprolíticos Para Pavimentação De Baixo Custo	Brasil
3	Aptitud De Suelos Tropicales Compactados Para La Construcción De Barreras Aislantes En Rellenos Sanitarios En Misiones Argentina	Argentina
4	Experimental Study On Stabilization Subgrade Soil Soft With Fine Concrete Residue	Brasil
5	Evaluación Del Valor Soporte Y Potencial De Hinchamiento De Suelos Residuales Lateríticos Compactados	Argentina
6	Relación Entre Resultados De Ensayos De Compactación Y Propiedades Geotécnicas Índices De Suelos Residuales De Misiones, Argentina	Argentina
7	Utilização Da Metodologia MCT Para O Estudo Do Melhoramento De Solos Lateríticos Estabilizados Com Coproduto Siderúrgico Tipo Fgd E Cimento Portland Aplicado Em Camadas Do Pavimento	Brasil
8	Evaluación De Yacimientos Lateríticos A Lo Largo Del Tramo 04S Para Su Uso En La Conformación De Capa Subbase Y Subrasante	Bolivia



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático

No.	Estudio	País
9	La Importancia De La Clasificación De Suelos Tropicales Por La Metodología Mct En Contraste Con Las Recomendaciones AASHTO Para El Proyecto Vial Carretera Pe - 5N Dv Cabo Leveau Departamento De San Martin	Perú
10	Evaluación De La Cedencia Y La Resistencia Al Corte En Suelos Provenientes De Cenizas Volcánicas Con Diferentes Contenidos De Alófana	Colombia
11	Estudio De La Variación De Los Parámetros Mecánicos De Un Talud De Suelo Residual Tropical A Través De La Aplicación En Laboratorio De Un Nutriente Precipitador De Carbonato De Calcio Sobre Sus Bacterias Nativas	Colombia
12	Implementación De La Metodología MCT Mediante La Construcción Y Adecuación De Equipos De Laboratorio Para La Caracterización De Suelos Tropicales Colombianos	Colombia
13	Evaluación Y Caracterización Geotécnica Para El Camino: Cruce Ancoraimes – Aguas Calientes	Bolivia
14	Aplicación De La Metodología MCT En Estudio De Suelos Tropicales Con Fines De Pavimentación En La Selva Baja Del Perú. Caso: Caminos Vecinales De Madre De Dios	Perú

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1a se presenta la distribución de los 14 artículos revisados, evidenciándose una homogeneidad en la contribución por país. Brasil fue el país con mayor número de publicaciones (4), seguido por Argentina y Colombia (3), y finalmente Perú y Bolivia (2). Aunque los estudios revisados mostraron una distribución equilibrada entre los países, en la figura 1b se observa que, de las 76 muestras recolectadas, el 51% se registraron en Argentina, en la provincia de Misiones (22), entre las latitudes 53°S y 56°S, y se caracteriza por presentar suelos basálticos saprolíticos (Moretti y Morrás, 2012). Las investigaciones realizadas en Colombia se concentraron en tres localidades: Mocoa, situada sobre roca sedimentaria (García Salcedo, 2022); Montenegro, sobre roca ígnea (Navarrete Redondo, 2024); y Medellín, también sobre roca ígnea (Muñoz Martínez, 2019).

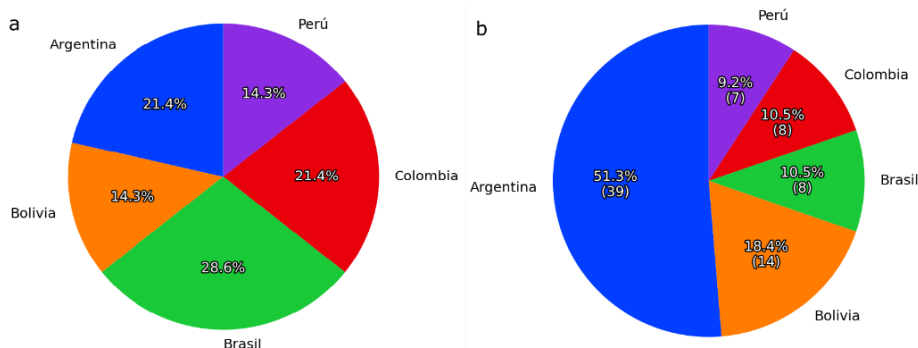


Figura 1. Distribución por países de la cantidad de estudios (a) y muestras (b).
Fuente: Propia

En la Figura 2a se muestra la relación entre el LL y el LP de suelos de distintos países. La línea gris representa una función polinómica ajustada que muestra una correlación positiva muy fuerte ($r = 0,94$) y un coeficiente de determinación ($R^2 = 0,89$), lo que indica que el 89% de la variabilidad del



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático

LP puede explicarse por el LL. Esta fuerte correlación sugiere que los suelos con mayor capacidad de retención de agua (mayor LL) tienden a ser más plásticos (mayor LP). Los datos de Colombia y Argentina destacan por tener suelos más plásticos en comparación con Brasil, Bolivia y Perú. Esta tendencia podría estar relacionada con la mineralogía y el proceso de formación de suelos, y esto a su vez, con la ubicación respecto al Ecuador terrestre. En la Figura 2b se puede observar sobre los niveles inferiores, como las muestras tomadas en Perú pasaron a tener los valores más altos en los IP comparados con Brasil y Bolivia. Tomando como referencia la línea de tendencia, se infiere que los sondeos realizados en Brasil presentan una menor variación, mientras que las muestras tomadas en Argentina y en Colombia presentan un comportamiento más aleatorio respecto a los LL y IP de valores bajos. A pesar de la disminución del R^2 , analizando el $r=0,85$ se puede deducir que el LP y el IP tienen a comportarse de manera similar, es decir que, a valores altos del LL, valores altos de IP. En la Figura 2c se puede analizar como la curva de ajuste es una función polinómica de segundo grado con un coeficiente de determinación ($R^2 = 0,44$) y una correlación positiva moderada ($r = 0,62$), lo que indica que, aunque hay una relación entre el LP y el IP, existe una considerable variabilidad entre los datos. La tendencia muestra que, a mayor LP, mayor IP, lo que implica que los suelos con mayor capacidad de deformarse tienden a retener más agua. Sin embargo, la variabilidad de los datos entre países y la dispersión sugieren que hay otros factores locales que influyen en esta relación, como el tipo de formación geológica o las condiciones climáticas.

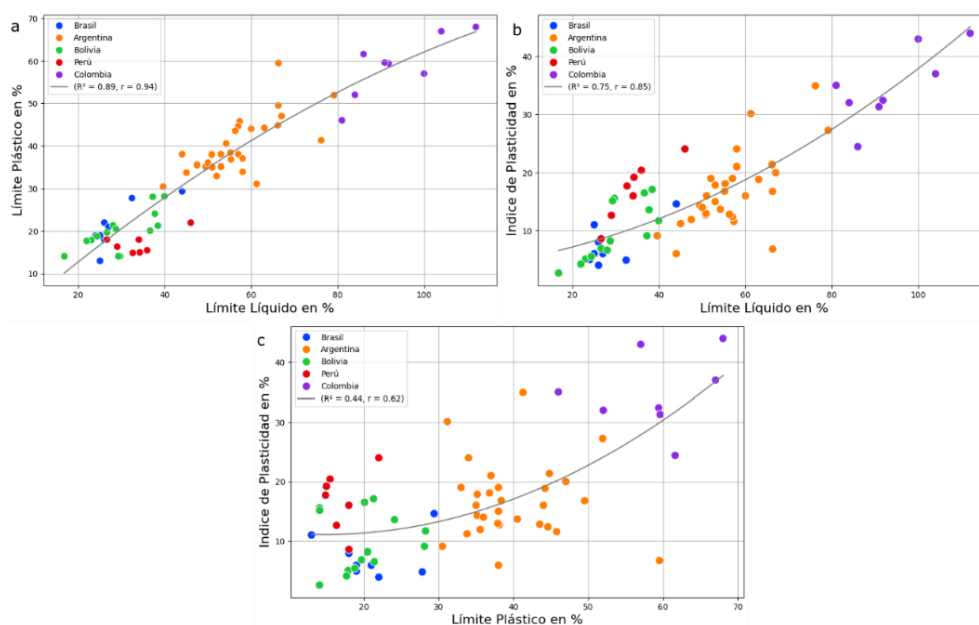


Figura 2. Análisis de dispersión por países entre el LL y LP (a), LL y IP (b), LP y IP (c)

Fuente: Propia



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático

En la Figura 3 se muestra la relación entre el LL y el IP en función de los diferentes tipos de suelos según el SUCS. Los suelos con LL y LP bajos, como CL, ML y sus combinaciones, tienden a ser menos plásticos y más rígidos, mientras que los suelos con LL y LP altos, como MH, retienen más agua y son más deformables. Suelos gruesos y más permeables como GC y GP-GM-GC se encuentran en zonas de baja plasticidad, y los suelos intermedios, como SC y SM, se distribuyen en valores moderados de ambos límites. Revisando la ubicación de cada muestra y tomando como referencia la carta de plasticidad (Casagrande, 1948), podemos observar que algunos suelos no presentan coherencia respecto a sus características de plasticidad con la clasificación SUCS, por ejemplo, SM (Arena Limosa) con altos valores de LL e IP. Dichos valores son asociados a la presencia de arcillas alófanas, propia de características de suelos volcánicos, lo cual es un indicativo de que el SUCS es limitado para clasificar suelos tropicales.

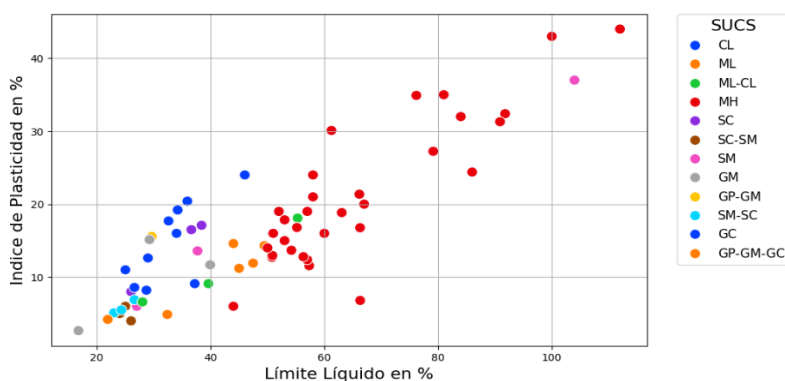


Figura 3. Variación del LL y el IP en función del SUCS.

Fuente: Propia

CONCLUSIONES

La investigación analiza la relación entre los límites de consistencia de suelos tropicales en países de América del Sur, enfocándose en el LL, LP y el IP. A través de un análisis de dispersión, se identificó una fuerte correlación positiva entre LL y LP ($r = 0.94$), lo que indica que los suelos con mayor capacidad de retención de agua tienden a ser más plásticos. Sin embargo, la variabilidad de los datos sugiere la influencia de factores locales como la geología o el clima. La dispersión de los puntos en países como Argentina y Colombia evidencia diferencias en la composición del suelo, mientras que Brasil muestra menor variabilidad. La relación entre LP e IP también presenta una correlación positiva moderada, indicando que suelos más deformables retienen más agua, aunque otros factores locales parecen influir en la variabilidad observada. Es muy importante resaltar las inconsistencias encontradas entre los valores de límites de consistencia y la clasificación según el SUCS, para los suelos tropicales analizados, debido a su particular mineralogía. Lo anterior pone de manifiesto la necesidad de implementar sistemas de clasificación apropiados para los suelos tropicales.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



REFERENCIAS

Agudo Ramos, N. D., & Siñani Quispe, L. A. *Evaluación y caracterización geotécnica para el camino: Cruce Ancoraimes–Aguas Calientes* (Doctoral dissertation).

<http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/31961>

Atterberg, A. (1911). *Bariumsulfat–eine plastische Substanz*. *Angewandte Chemie*, 24(20), 928-929.

https://ia800708.us.archive.org/view_archive.php?archive=/28/items/crossref-pre-1923-scholarly-works/10.1002%252Fange.19110240109.zip&file=10.1002%252Fange.19110242004.pdf

Averos, S. D. R. O., & Bizarreta-Ortega, J. C. (2021). *Experimental Study on Stabilization Subgrade Soil Soft with Fine Concrete Residue*. *ESPOCH Congresses: The Ecuadorian Journal of STEAM*, 1044-1052.

<https://doi.org/10.18502/epoch.v1i2.9530>

Bogado, G. O., Reinert, H. O., Francisca, F. M., & Schvezov, C. E. (2024). Aptitud de suelos tropicales compactados para la construcción de barreras aislantes en rellenos sanitarios en Misiones Argentina. *Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente*, (51), 1.

<https://doi.org/10.59069/24225703e014>

Botelho, C. V., Belmond, L., & Pires, P. J. M. (2024). *UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA MCT PARA O ESTUDO DO MELHORAMENTO DE SOLOS LATERÍTICOS ESTABILIZADOS COM COPRODUTO SIDERÚRGICO TIPO FGD E CIMENTO PORTLAND APLICADO EM CAMADAS DO PAVIMENTO*. 17º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental.

https://schenautomacao.com.br/cbge2022/envio/files/trabalho1_126.pdf

Casagrande, A. (1948). *Classification and identification of soils*. *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, 113(1), 901-930.

<https://doi.org/10.1061/TACEAT.0006109>

de Oliveira Gomes, G., Ramos, J. M., & Domingos, V. H. (2020). *Caracterização de Solos Lateríticos e Saprolíticos para Pavimentação de Baixo Custo*. *ETIS-Journal of Engineering, Technology, Innovation and Sustainability*, 2(1), 90-101.

<https://revistas2.unievangelica.edu.br/index.php/etis/article/view/3948>

Dolinar, B., & Škrabl, S. (2013). *Atterberg limits in relation to other properties of fine-grained soils*. *Acta Geotechnica Slovenica*, 10(2), 4-13.

<https://dk.um.si/IzpisGradiva.php?lang=slv&id=70803>

dos Santos Santana, L. H., Guimarães, A. C. R., & Marques, M. E. S. (2024). *AValiação DO POTENCIAL DE ERODIBILIDADE DE SOLOS RESIDUAIS TROPICAIS COMPACTADOS: ESTUDO DE CASO*



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



NA FERROVIA DE INTEGRAÇÃO OESTE–LESTE (FIOL): Tropical compacted residual soils erodibility: a case study on the West-East Integration Railway (FIOL). *Geosciences= Geociências*, 43(1), 17-27.
<https://doi.org/10.5016/geociencias.v43i1.17834>

García Salcedo, O. E. (2022). *Implementación de la metodología MCT mediante la construcción y adecuación de equipos de laboratorio para la caracterización de suelos tropicales colombianos*.
<http://hdl.handle.net/10654/44739>

Gardi, C., Angelini, M., Barceló, S., Comerma, J., Cruz Gaistardo, C., Encina Rojas, A., ... & BREFIN, M. D. L. M. S. (2014). *Atlas de suelos de América Latina y el Caribe*. Luxembourg: Comisión Europea, Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, 2014.
<https://www.researchgate.net/publication/262731098> Atlas de suelos de America Latina y el Caribe

Gamez-Morales, A. J., & Leal-Barreto, J. (2017). *Determinación del Límite Líquido y Plástico para un suelo Caolín Amarillo usando el Penetrómetro de Cono de caída con diferentes modelos de cono*.
<http://hdl.handle.net/10983/15499>

Lizcano, A., Herrera, M. C., & Santamarina, J. C. (2006). *Suelos derivados de cenizas volcánicas en Colombia*. *Revista Internacional de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil*, 6(2), 167-198.
https://egel.kaust.edu.sa/docs/default-source/publications-files/lizcano_2006a.pdf

Moretti, L., & Morrás, H. (2012). *Nuevas evidencias micromorfológicas de la autoctonía del manto ferralítico de la Provincia de Misiones*. In V Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología, Río Cuarto, Córdoba (Vol. 192).
<https://www.researchgate.net/publication/301199028>

Muñoz Martinez, J. (2019). *Estudio de la variación de los parámetros mecánicos de un talud de suelo residual tropical a través de la aplicación en laboratorio de un nutriente precipitador de carbonato de calcio sobre sus bacterias nativas*.
<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/77474>

Navarrete Redondo, D. N. (2024). *Evaluación de la cedencia y la resistencia al corte en suelos provenientes de cenizas volcánicas con diferentes contenidos de alófana* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia).
<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/86267>

Polidori, E. (2007). *Relationship between the Atterberg limits and clay content*. *Soils and foundations*, 47(5), 887-896.
<https://doi.org/10.3208/sandf.47.887>



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Puma Chuquichampi, J., & Teran Corredor, I. E. (2022). *La importancia de la clasificación de suelos tropicales por la metodología MCT en contraste con las recomendaciones AASHTO para el proyecto vial Carretera Pe-5N DV Cabo Leveau departamento de San Martin*. Universidad San Ignacio de Loyola.

<https://hdl.handle.net/20.500.14005/13264>

Ramírez, G. A., Freiburger, M. R., Fernández, A. O., Guidura, N. I., Semañuk, M. A., Reinert, H. O., ... & Bressan, D. A. (2021). *Evaluación del valor soporte y potencial de hinchamiento de suelos residuales lateríticos compactados*.

<https://hdl.handle.net/20.500.12219/5268>



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



PROYECTOS DE AULA

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025
Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |
NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Análisis de características de salud mental para la predicción de alertas tempranas en estudiantes universitarios

AUTORES

Tatiana López García¹, Valeria Feria Gómez¹, Mariana Moreno Duque^{1*}

¹Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid

*Correspondencia: mariana_moreno82192@elpoli.edu.co

RESUMEN

Los trastornos de salud mental aumentan el riesgo de otras enfermedades y contribuyen a lesiones. La depresión es el trastorno más común, afectando al doble de mujeres que hombres. Entre el 10 y el 40% de las mujeres sufren depresión durante el embarazo o puerperio, con cifras más altas en países en desarrollo. En la Región de las Américas, la brecha de tratamiento para trastornos mentales graves y moderados es del 73,5%. En América Latina y el Caribe, la brecha para la depresión es del 73,9% y para el consumo de alcohol del 85,1%. El gasto público en salud mental es bajo, con apenas un 1.2% del presupuesto destinado, y el 60% va a hospitales psiquiátricos (*Salud Mental - OPS/OMS | Organización Panamericana de la Salud, 2024*).

Con base en lo anterior, el objetivo de desarrollo sostenible número 3, busca garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos, destacando la salud mental en su meta 3.4, que propone reducir en un tercio la mortalidad prematura por enfermedades no transmisibles para 2030, mediante prevención y tratamiento (*Salud y bienestar - La Agenda 2030 en Colombia - Objetivos de Desarrollo Sostenible, s. f.*). Los trastornos mentales, como la depresión y la ansiedad, son una de las principales causas de discapacidad a nivel mundial y pueden llevar a la muerte prematura, incluido el suicidio. El proyecto de análisis de alertas en salud mental, se puede convertir en una herramienta para detectar estos problemas de manera temprana y preventiva, mejorando el acceso a intervenciones oportunas. Este problema generalizado a nivel mundial no es ajeno a la población estudiantil universitaria. Es por esto que, esta propuesta de análisis de características de salud mental permite identificar factores de riesgo y prevenir crisis, mejorando su bienestar y rendimiento académico en los estudiantes universitarios.

Para el análisis de características de salud mental para la predicción de alertas tempranas en estudiantes universitarios, este proyecto propone utilizar algunas técnicas de inteligencia artificial, tales como: aprendizaje de máquina, identificación de patrones y redes neuronales. Para la construcción del análisis se tendrán en cuenta los siguientes pasos: 1. Preparación y limpieza de los

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025

Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |

NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



datos a través de varios insights en Python; 2. Construcción de los algoritmos de análisis; 3. Selección efectiva de variables que inciden en el modelo de análisis; 4. Determinación del modelo analítico para la predicción de las características en salud mental; 5. Desarrollo de una aplicación que integre el modelo analítico; 6. Pruebas de implementación y acciones de mejora; 7. Implementación.

De este proyecto se espera: la predicción temprana de problemas de salud mental y generación de alertas preventivas. Esto va a contribuir a una mejor intervención de los casos que se puedan reportar en salud mental por parte de los estudiantes; dado que en muchas ocasiones los estudiantes evitan consultar los profesionales de bienestar, mientras que a través de una aplicación con el modelo predictivo, el área de bienestar puede atender de forma directa casos de salud mental que no son reportados por los estudiantes a través de la solicitud y un servicio de bienestar estudiantil.

BIBLIOGRAFÍA

Salud Mental—OPS/OMS | Organización Panamericana de la Salud. (2024, septiembre 24).
<https://www.paho.org/es/temas/salud-mental>

Salud y bienestar—La Agenda 2030 en Colombia—Objetivos de Desarrollo Sostenible. (s. f.). Salud y bienestar - La Agenda 2030 en Colombia - Objetivos de Desarrollo Sostenible. Recuperado 25 de septiembre de 2024, de <https://www.ods.gov.co/es/goals/salud-y-bienestar>



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Análisis predictivo del nivel de uso de smarthphones – phone scanner

AUTORES

Jacobo Ochoa Lopera^{1*}, Mariana Moreno Duque¹

¹Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid

*Correspondencia: jacob_ochoa95192@elpoli.edu.co

RESUMEN

El avance tecnológico ha convertido al Smartphone en una herramienta esencial para el ocio, el estudio, el trabajo y la comunicación diaria. Según un estudio de la revista P&M en 2019, el 59% de los colombianos utiliza su móvil para ver videos en YouTube, y un 48% para juegos, lo que refleja el papel predominante de estos dispositivos en la vida cotidiana (Izquierdo, 2019). Esto muestra cómo los Smartphones han evolucionado para cubrir necesidades en áreas como la educación y el entretenimiento.

A pesar de estos avances, los usuarios se enfrentan al desafío de la obsolescencia programada. Este fenómeno, donde los dispositivos son fabricados con una vida útil limitada, fuerza a los consumidores a reemplazarlos con mayor frecuencia. Según la Gobernación de México (2019), la obsolescencia programada se caracteriza por la reducción intencionada de la durabilidad de productos como teléfonos, computadores y electrodomésticos, generando un gran volumen de residuos electrónicos.

En este contexto, el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 12.5 busca reducir la generación de desechos a través del reciclaje y la reutilización, mientras que el ODS 12A promueve el uso de tecnologías más sostenibles. Sin embargo, la obsolescencia programada va en contra de estas metas, promoviendo el consumo excesivo y aumentando los desechos tecnológicos (Brutti, 2023). Para fomentar un uso más sostenible, es crucial extender el ciclo de vida de los dispositivos móviles y fomentar su reciclaje.

En respuesta a este desafío, se propone el desarrollo de un aplicativo móvil que ayude a mejorar el rendimiento y prolongar la vida útil de los Smartphones. Esta solución beneficiaría tanto a los usuarios individuales como a la comunidad en general, y podría ser utilizada por instituciones educativas para enseñar sobre la gestión responsable de dispositivos electrónicos.

El desarrollo del aplicativo integrará inteligencia artificial, con técnicas como aprendizaje automático y redes neuronales, para analizar los componentes y mejorar el rendimiento del Smartphone. El proyecto seguirá estos pasos: 1. Definir los requerimientos funcionales y no

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025

Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |

NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



funcionales; 2. Diseñar la arquitectura e interfaces de usuario; 3. Desarrollar el backend y el algoritmo de predicción; 4. Implementar la interfaz de usuario; 5. Incluir funciones de diagnóstico y consulta de valor de mercado; 6. Incorporar recomendaciones de mantenimiento; 7. Realizar pruebas finales y ajustes; y 8. Lanzar el aplicativo.

En base a lo anterior, se espera del aplicativo la gestión del ciclo de vida de los Smartphone, ayudando a los usuarios a tomar decisiones informadas sobre el mantenimiento, actualización o venta de sus dispositivos, promoviendo así un uso más eficiente y sostenible.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Evaluación de las propiedades físico-mecánicas mezclas de concreto con agregados sostenibles

AUTORES

Yeison David Castro Ocampo^{1*}, Luis de Jesús Ortega Álvarez¹

¹Politécnico colombiano Jaime Isaza Cadavid.

*Correspondencia: yeison_castro01211@el.poli.edu.co

RESUMEN

En este proyecto de investigación se evalúan las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas de concreto con agregados sostenibles. El estudio se enfoca en identificar los posibles usos del concreto mezclado con materiales de construcción reciclados mediante evaluaciones de resistencia, absorción y trabajabilidad. El proyecto destaca los beneficios ambientales de utilizar agregados de concreto reciclado para reducir la contaminación, la sobreexplotación de recursos no renovables y las emisiones de gases de efecto invernadero en las actividades de construcción.

PALABRAS CLAVE:

NSR-10: Norma sismo resistente del 2010, ACR: Agregado de concreto reciclado, MPA: Unidad de medida megapascal, FALLAS: Son pruebas de resistencia a la compresión, se mide tronando probetas cilíndricas de concreto en una máquina de ensayos de compresión.

INTRODUCCIÓN

El crecimiento de la población y la urbanización han incrementado significativamente la demanda de materiales de construcción, especialmente el concreto. Sin embargo, la producción de concreto convencional conlleva un alto consumo de recursos naturales y genera grandes cantidades de residuos, tanto en su fabricación como en la demolición de estructuras. En este contexto, la gestión de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) se ha convertido en un desafío ambiental crítico.

Con el siguiente proyecto de investigación estamos buscando identificar los diferentes usos que puede tener el concreto elaborado a partir de agregados reciclados de RCD, realizando una sustitución en porcentaje de peso de los materiales de construcción convencionales (gravas y arenas), estos aspectos se evalúan a través de ensayos de resistencia, absorción y manejabilidad.

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025
Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |
NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Es bien sabido que, en la construcción, los desperdicios de obra y las demoliciones generan mucha contaminación y afectaciones en los vertederos de disposición final o escombreras, también las obras generan sobre explotación de materias primas no renovables y consumo desmedido de agua, generando un significativo aporte a la emisión de gases de efecto invernadero.

Teniendo en cuenta estos motivos y otros, es necesario buscar y establecer estrategias de transformación de operaciones, sustitución de materiales o intervenciones en el medio, las cuales pueden lograr que el proceso de construcción sea amigable con el medio ambiente.

El agregado de concreto reciclado (CAR) no es otra cosa que la utilización como agregado de un concreto que ha sido previamente usado en otra obra que fue demolida y en la industria no serían más que “escombros”.

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

Revisión Bibliográfica:

- ✓ Realizar revisión de la literatura científica y técnica relacionada con el uso de agregados sostenibles en mezclas de concreto.
- ✓ Identificar estudios previos, métodos de evaluación y resultados relevantes en el campo de las propiedades físico-mecánicas de estos materiales.

Selección de Materiales:

- ✓ Seleccionar los agregados sostenibles a utilizar en las mezclas de concreto, considerando aspectos como su disponibilidad local, características físicas y mecánicas, y su impacto ambiental.
- ✓ Definir las proporciones de los agregados sostenibles en las mezclas de concreto, así como los tipos de cemento y aditivos a utilizar.

Diseño Experimental:

- ✓ Diseñar un plan experimental que incluya diferentes combinaciones de materiales y proporciones.
- ✓ Establecer los parámetros a evaluar, como manejabilidad, resistencia a la compresión, absorción de agua, entre otros.

Preparación de Mezclas:

- ✓ Preparar las mezclas de concreto siguiendo las proporciones y procedimientos definidos en el diseño experimental.
- ✓ Registrar cuidadosamente los detalles del proceso de mezclado, vertido y curado de las muestras de concreto.

Ensayos de Laboratorio:

- ✓ Realizar ensayos de laboratorio para evaluar las propiedades físico-mecánicas de las muestras de concreto, utilizando métodos normalizados y equipos adecuados.
- ✓ Medir los parámetros de calidad relevantes a cada mezcla de concreto.

Análisis de Datos:

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025

Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |
NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático

- ✓ Analizar los datos obtenidos de los ensayos de laboratorio.
- ✓ Identificar tendencias, relaciones y diferencias significativas entre las diferentes mezclas de concreto evaluadas.

Interpretación de Resultados:

- ✓ Interpretar los resultados de los ensayos en función de las propiedades físico-mecánicas de las mezclas de concreto con agregados sostenibles.
- ✓ Comparar los resultados con los obtenidos en estudios previos y establecer conclusiones sobre la viabilidad y el rendimiento de las mezclas evaluadas.

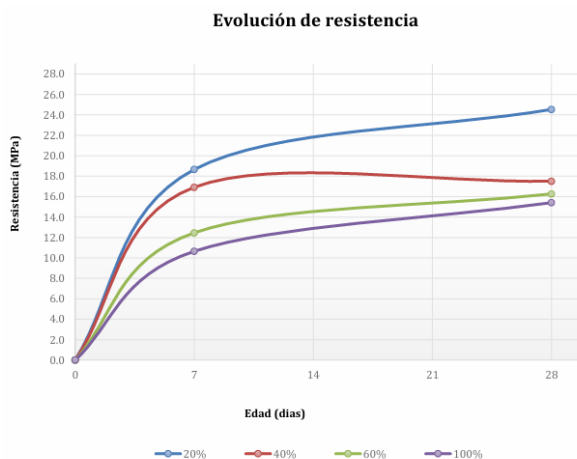
Informe y Comunicación de Resultados:

- ✓ Documentar los detalles del diseño experimental, los procedimientos de ensayo, los resultados obtenidos y las conclusiones alcanzadas

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estimar los porcentajes óptimos de sustitución de agregados reciclados para garantizar el desempeño y calidad de la mezcla de concreto sostenible en obra: Después de haber culminado todos los ensayos con los porcentajes requeridos a los 7 y 28 días, logramos concluir que por la resistencia de los cilindros se podrían construir casa de 2.

A continuación, presentamos gráfica de evolución de resistencia de los cilindros fallados a los 7 y 28 días.



CONCLUSIONES

- ✓ Los agregados reciclados evaluados cumplen con las condiciones que exige la normativa para la elaboración de concretos.
- ✓ La evaluación de la resistencia a 7 días de edad se encuentra entre el 50% y 90% de la resistencia de diseño para los diferentes porcentajes de reemplazo, con lo cual se puede concluir



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



que tienen un desempeño a edades tempranas similar al concreto elaborado con agregados convencionales

✓ Aunque la normativa NTC especifica el uso de agregados reciclados hasta un máximo de 20% para concretos estructurales se podría evaluar ampliar el porcentaje de sustitución hasta un 60%, de acuerdo a los resultados obtenidos con la resistencia.

REFERENCIAS

360 en concreto_ Agregados reciclados ¿qué y para qué? Sitio web: <https://360enconcreto.com/blog/detalle/agregados-reciclados-que-y-para-que/>

Colombia potencia de la vida-12-05-2021-Del concreto reciclado se obtendría un mortero más durable. Sitio web: <https://www.agronet.gov.co/Noticias/Paginas/Del-concreto-reciclado-se-obtendr%C3%ADa-un-mortero-m%C3%A1s-durable.aspx#:~:text=Los%20residuos%20de%20construcci%C3%B3n%20y,que%20tendr%C3%ADa n%20mayor%20durabilidad>

El comercio -31-03-2018- El concreto causa impactos en el agua. Sitio web: <https://www.elcomercio.com/tendencias/construccion-materiales-impacto-ambiente-agua.html>

CONSTRUMÁTICA - Impactos ambientales en el sector de la construcción – sitio web: Impactos ambientales en el sector de la construcción - Blog Construmatica

Área metropolitana de Medellín – abril 2010 – Manual de gestión socio - ambiental para obras de construcción – Sitio web - <https://www.metropol.gov.co/ambiental/SiteAssets/Paginas/Consumo-sostenible/Construccion-sostenible/Manualambientalparaprocesosconstructivos.pdf>

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (21-06-2000) NTC N° 174. <https://metroblock.com.co/norma-tecnica-colombiana-ntc-174/>

Montoya, C. M. B., & Dzul, L. (2015). El concreto con agregados reciclados como proyecto de sostenibilidad urbana. Revista de Ingeniería de Construcción, 30(2), 99-108. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732015000200002



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Optimización de tiempo de movilidad pública - UNIFICARS

AUTORES

Andrés Camilo Ocampo-Ramírez^{1*}, Juan Pablo Castaño-Ospina¹

¹Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid – Sede Oriente

*Correspondencia: andres_ocampo82211@elpoli.edu.co

RESUMEN

En el municipio de Rionegro, Antioquia, el aumento del flujo vehicular afecta directamente a los usuarios del transporte público, provocando tiempos excesivos de viaje y una disminución en su calidad de vida. El aumento del flujo vehicular afecta directamente a los usuarios del transporte público, provocando tiempos excesivos de viaje y una disminución en su calidad de vida. En 2022, se registraron aproximadamente 50,000 vehículos en Rionegro, lo que representa el 0.25% del total nacional, mientras que diariamente transitaban por el territorio cerca de 30,000 vehículos (Somos Movilidad, s.f.; Vías y transporte 2022 – Portal, 2022). A nivel nacional, el parque automotor ha crecido un 20%, pasando de 16.1 a 19.4 millones de vehículos entre 2021 y 2024 (Runt en cifras | RUNT, 2024; Parque automotor registrado en RUNT | RUNT, 2021).

Además, el uso de alternativas al transporte público incrementa la huella de carbono por persona. Los servicios de transporte particular también contribuyen al aumento del tráfico, generando un impacto ambiental mayor; máxime cuando estos se encuentran en un denominado trancón o embotellamiento. Las personas que permanecen mucho tiempo dentro de un transporte público a causa de la difícil movilidad en las vías, conllevan a aumentar su huella de carbono y tener tiempo perdido de vida, lo cual impacta directamente en el bienestar y calidad de vida.

El objetivo de este proyecto es desarrollar una aplicación web capaz de estimar el tiempo que se puede perder en el sistema de transporte público urbano de Rionegro, con el fin de mejorar la calidad de vida de los usuarios proporcionando información que les permita tomar decisiones previas a tomar un transporte público. Asimismo, se medirá la huella de carbono de cada usuario para fomentar la conciencia ambiental e incentivar alternativas de movilidad.

El desarrollo del proyecto se organizará utilizando la metodología SCRUM, distribuyéndose como se observa en el diagrama 1.1:



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Diagrama 1.1

Estas etapas se implementarán a través de Sprints. Se realizarán planificaciones enfocadas en organizar el backlog y asignar tareas a cada miembro del equipo. Se evaluará el rendimiento, se asegurará que todas las actividades del sprint se completen y se ajustará aquellas que deban moverse al siguiente sprint.

Se utilizarán técnicas de Inteligencia Artificial tales como la regresión lineal y el machine learning para desarrollar una red neuronal capaz de cumplir con los siguientes requerimientos:

1. Cálculo de la huella de Carbono.
2. Información de Rutas del Municipio.
3. Estimación de tiempos de recorrido.

Se espera que la aplicación web contribuya a una reducción significativa de la huella de carbono por habitante en el municipio de Rionegro. Además, la estimación del tiempo de transporte público permitirá a los usuarios optimizar su desplazamiento diario, lo que contribuirá a una disminución del tráfico vehicular. Se espera que el uso del aprendizaje de máquina arroje al menos un 80% de predicción sobre los datos.

Este proyecto demostrará los conocimientos adquiridos en la carrera de Ingeniería Informática, destacándose por integrar Inteligencia Artificial como una característica diferenciadora.

PALABRAS CLAVE:

Huella de carbono, tráfico vehicular, desarrollo web, inteligencia artificial, estimación del tiempo.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Diseño e implementación de un sistema para monitoreo de contaminantes basado en Arduino e IoT acoplado a una biocolumna de lavado a escala piloto, para la fitorremediación de aire interior.

AUTORES

Felipe Rojas Rodas^{1*}, Jaime Alberto Ramirez Ospina², Jose Mena Palomeque², Sara Cañaveral
Uribe², Víctor Manuel Rentería²

¹Tecnológico de Antioquia Institución Universitaria (TdeA)

²Institución Universitaria Digital de Antioquia

*Correspondencia: felipe.rojas@tdea.edu.co

RESUMEN

Como aire interior, conocemos el aire que normalmente respiramos en nuestras casa y sitios públicos como universidades, oficinas, bancos, cines, centros comerciales, restaurantes, bares, entre otros. En los últimos años, ha habido un interés por tratar estos aires interiores, dado que se han encontrado contaminantes criterio por encima de lo normal en aires internos, como el PM10, PM2.5, CO₂, CO. Esto puede afectar la salud de las personas y propiciar condiciones del edificio enfermo, afectando poblaciones vulnerables. Existen diferentes tecnologías para el control de contaminantes de aires internos, como ventiladores, filtros de aire basados en tecnología HEPA o de carbón activado (Hearth et al., 2021), que en muchos casos son costosos. Por su parte, las plantas son una buena alternativa para el control de la calidad de aire interior dado que son capaces de realizar procesos de fitorremediación (Biloshchytskyi et al., 2023, Yatim, 2021), pero existen pocos reportes donde han sido utilizadas en sistemas de control convencionales de aire. En este proyecto de aula en el TdeA, se propuso a los estudiantes del programa de ingeniería ambiental, asignatura Tratamiento de Aire, diseñar una columna de lavado mediada por IA, en la cual se sembraron musgos o plántulas tipo microgreens para la fitorremediación de aire interior usando como contaminante humo de cigarrillo e incienso. Sin embargo, al momento de medir las variables CO y CO₂ con un muestreador de laboratorio, los datos no fueron confiables, y no pudo saberse el momento en el cual hubo un decaimiento en la concentración del contaminante a partir de mediciones puntuales. En colaboración con el programa de mecatrónica de la IUdigital de Antioquia, se propuso a los estudiantes desarrollar una estación de monitoreo de gases en tiempo real, a partir de la plataforma Arduino, de manera que se pudiera tener una lectura de la concentración de los contaminantes de interés y poder conocer la efectividad de la columna

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025

Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |

NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



diseñada. Este diseño integró un sistema embebido ESP32 con sensores para medir la calidad del aire, como el YYS Sensor (PM2.5 y PM10), el MQ-135 (CO₂, amoníaco y otros gases) y el MQ-9 (monóxido de carbono y gases inflamables). Estos sensores proporcionaron mediciones en tiempo real de los contaminantes del aire interior. El sistema se conectó a WiFi para transmitir datos en tiempo real a la nube mediante Ubidots, y utilizó una tarjeta SD para almacenamiento local, junto con un módulo RTC para registrar el tiempo de las mediciones. La biocolumna de lavado, que usaba musgos y microgreens como biofiltros, se conectó al sistema para monitorear la efectividad del proceso en la reducción de PM2.5, PM10, CO y CO₂ en tiempo real, logrando en muchos casos concentraciones por debajo de las normas de 200 ppm y 700 ppm. Concluimos que el diseño de un sistema de monitoreo de gases basado en Arduino e IoT, acoplado a una biocolumna de lavado, es efectivo para controlar contaminantes de aire interior. Adicionalmente, los estudiantes ampliaron su formación al aprender sobre elementos electromecánicos, como la sensórica, y lenguajes de programación.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Agromap (Portal de Asistencia Agrícola: Optimización de Cultivos a Partir de la Ubicación Geográfica y Datos Climáticos)

AUTORES

Juan José Sánchez Castellanos¹, Juan Diego Rivera Yarce¹, Alejandro Tobón Rivera^{1*}

¹Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid

*Correspondencia: alejandro_tobon82191@elpoli.edu.co

RESUMEN

Este proyecto tiene como objetivo crear un portal web accesible e intuitivo que ayudará a los agricultores a tomar decisiones más informadas sobre qué cultivos sembrar en función de las condiciones específicas de su ubicación geográfica y del clima. Al ingresar al portal, los agricultores podrán obtener información detallada sobre el clima de su zona y recibir recomendaciones personalizadas sobre los cultivos más adecuados para cada temporada.

El portal está diseñado pensando en la facilidad de uso, asegurando que cualquier agricultor, sin importar su nivel de conocimiento técnico, pueda beneficiarse de la herramienta. Además, se utilizarán datos actualizados para garantizar que las recomendaciones sean precisas y relevantes para cada situación.

La plataforma también contará con una base de datos robusta que permitirá almacenar y gestionar toda la información necesaria para brindar un servicio confiable. Se realizarán pruebas para asegurar que el portal responda a las necesidades y mejore su experiencia.

En resumen, este proyecto no solo busca ser una herramienta tecnológica, sino un verdadero aliado para los agricultores, ayudándolos a optimizar sus cultivos y mejorar su productividad mediante decisiones basadas en datos concretos y confiables.

PALABRAS CLAVE:

Agricultura de precisión, Análisis de datos climáticos, Optimización de cultivos, Sostenibilidad agrícola, Tecnologías digitales en la agricultura.

INTRODUCCIÓN

La agricultura en Colombia enfrenta múltiples desafíos, entre los cuales se destacan la baja productividad, el mal uso de los recursos naturales y la vulnerabilidad ante el cambio climático. A

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025

Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |

NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



pesar de que el país posee una gran biodiversidad y su sector agrícola contribuye significativamente al Producto Interno Bruto (4%), gran parte de los agricultores, especialmente pequeños y medianos, carecen de acceso a tecnologías que optimicen sus procesos productivos. Las decisiones sobre el manejo de cultivos y suelos suelen basarse en conocimientos empíricos o en información desactualizada, lo que conlleva a prácticas ineficientes que limitan el rendimiento de los cultivos y agravan el impacto ambiental. Además, la falta de información accesible sobre las condiciones climáticas y del suelo de cada región genera incertidumbre en los agricultores, impidiéndoles planificar adecuadamente sus actividades y aumentando su exposición a riesgos como sequías o inundaciones. Este problema se agrava por la ausencia de herramientas tecnológicas que ofrezcan recomendaciones adaptadas a las condiciones particulares de cada zona agrícola.

A nivel global, la digitalización de la agricultura ha avanzado considerablemente, particularmente en países como Estados Unidos, Brasil y China, donde la adopción de tecnologías de información geográfica y el análisis de datos climáticos ha mejorado notablemente la eficiencia en la producción agrícola. Los proyectos de agricultura de precisión permiten que los agricultores tomen decisiones más informadas sobre la siembra, fertilización y manejo del suelo, optimizando el uso de recursos y minimizando pérdidas. En Europa, el uso de estas tecnologías está impulsado por políticas públicas que fomentan la agricultura sostenible, mientras que en países en vías de desarrollo, como Colombia, su adopción ha sido limitada debido a la falta de acceso a infraestructura tecnológica, educación y recursos económicos. Aunque existen iniciativas gubernamentales como el programa "Renta Joven" y los objetivos de desarrollo a largo plazo, su impacto ha sido insuficiente para mejorar sustancialmente las condiciones de los pequeños agricultores.

Diversos estudios sobre el uso de tecnologías digitales en la agricultura han demostrado su efectividad en la optimización de cultivos y la reducción de pérdidas. Sin embargo, la implementación de estas soluciones en Colombia sigue siendo incipiente, lo que deja un espacio significativo para la innovación y desarrollo de proyectos como Agromap, que se centren en las particularidades climáticas y geográficas del país. En este contexto, el proyecto representa una solución novedosa y adaptada a la realidad local, ofreciendo herramientas que mejoren la sostenibilidad y productividad del sector agrícola colombiano.

El proyecto Agromap busca cerrar esta brecha tecnológica mediante el desarrollo de un portal web que, mediante la integración de información geográfica y análisis de datos climáticos, proporcione recomendaciones personalizadas a los agricultores colombianos. A diferencia de las soluciones actuales, que a menudo son generalizadas o de difícil acceso, Agromap estará diseñado específicamente para atender las necesidades de los pequeños y medianos agricultores del país, mejorando su capacidad para tomar decisiones informadas sobre el manejo de cultivos y suelos. Esto permitirá no solo un uso más eficiente de los recursos naturales, como el agua y los fertilizantes, sino que también reducirá el riesgo de pérdidas ante eventos climáticos adversos.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



El objetivo principal de esta investigación es desarrollar una plataforma web que, utilizando datos climáticos y geográficos, proporcione recomendaciones personalizadas a los agricultores colombianos sobre cultivos, manejo de suelos y condiciones climáticas, con el fin de mejorar la productividad, sostenibilidad y eficiencia en el uso de los recursos agrícolas. Este proyecto contribuirá a la modernización del sector agrícola en Colombia, permitiendo que más agricultores accedan a herramientas tecnológicas avanzadas y mejoren sus prácticas, fortaleciendo la competitividad y resiliencia frente al cambio climático.

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

En este apartado se deben incluir los instrumentos, herramientas, artefactos, insumos, recursos, etc. que se utilizaron para el desarrollo del proyecto. Se debe indicar el tipo de investigación, descripción de las variables analizadas, la población objetivo y demás aspectos metodológicos necesarios.

Para el desarrollo del proyecto Agromap, se utilizaron diversas herramientas tecnológicas y metodológicas con el fin de garantizar la recolección y análisis preciso de datos climáticos y geográficos, así como su posterior interpretación en recomendaciones personalizadas para los agricultores. El tipo de investigación desarrollado fue de carácter aplicado y exploratorio, ya que se centró en implementar soluciones tecnológicas en un entorno agrícola específico, adaptando innovaciones globales a las necesidades locales.

El proyecto empleó diversas herramientas tecnológicas, entre ellas:

Sistemas de Información Geográfica (SIG): Para la recolección y análisis de datos geoespaciales relacionados con el suelo y las condiciones climáticas de cada región agrícola.

Plataforma web interactiva: Desarrollada en un lenguaje de programación como JavaScript, junto con un backend que procesa los datos geográficos y climáticos, generando recomendaciones personalizadas para los usuarios.

Análisis de Big Data: Utilización de técnicas de análisis de grandes volúmenes de datos para identificar patrones y tendencias relacionadas con el rendimiento de cultivos bajo diferentes condiciones climáticas y geográficas.

Modelos predictivos: Herramientas de análisis que ayudan a prever posibles escenarios climáticos adversos y recomendar acciones preventivas.

Las principales variables que se analizaron durante el desarrollo de Agromap incluyen:

1. **Condiciones climáticas:** Temperatura, precipitaciones, humedad, vientos, etc.
2. **Datos geográficos:** Composición del suelo, altitud, pendiente del terreno.
3. **Cultivos recomendados:** Tipos de cultivos óptimos según las características del suelo y el clima.
4. **Recursos agrícolas:** Uso eficiente de agua y fertilizantes.

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025
Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |
NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



5. **Rendimiento agrícola:** Medición de la productividad antes y después de la implementación de las recomendaciones.

La población objetivo de Agromap está compuesta principalmente por pequeños y medianos agricultores colombianos que carecen de acceso a tecnologías avanzadas y dependen de conocimientos empíricos para tomar decisiones. En su fase inicial, el proyecto se enfoca en zonas agrícolas del Valle del Aburrá, donde las condiciones del suelo y el clima varían significativamente. A medida que el proyecto avance, se prevé expandir su alcance a otras regiones clave del país.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El desarrollo del proyecto **Agromap** ha permitido obtener resultados preliminares alentadores en términos de la utilidad y precisión de las recomendaciones generadas para los agricultores colombianos. Aunque aún no se cuenta con fotografías o gráficos en esta fase, se puede hacer una evaluación cualitativa y cuantitativa de los logros alcanzados.

Implementación del portal web: Se logró desarrollar una versión funcional del portal web Agromap, que permite a los agricultores registrarse, ingresar datos sobre sus cultivos y acceder a recomendaciones personalizadas basadas en información geográfica y climática.

Integración de datos climáticos y geográficos: Esto permite a los usuarios acceder a información en tiempo real sobre las condiciones climáticas de su área y recibir sugerencias adaptadas para mejorar su manejo agrícola.

Los resultados obtenidos muestran que la implementación de Agromap está alineada con estudios previos sobre el uso de tecnologías de la información en la agricultura, como los realizados en Brasil y China, donde los sistemas basados en el análisis de datos climáticos y geográficos han mejorado la productividad y la sostenibilidad de las prácticas agrícolas. Al comparar nuestros hallazgos con otras investigaciones, se evidencia que, al igual que en dichos países, la adopción de herramientas tecnológicas en Colombia tiene un impacto positivo en la optimización de cultivos, aunque es necesario seguir trabajando en mejorar la accesibilidad y capacitación de los agricultores.

A diferencia de algunos proyectos internacionales, Agromap se destaca por su enfoque específico en las necesidades locales de los pequeños y medianos agricultores colombianos, adaptando las recomendaciones a las variaciones climáticas y geográficas del país. Esto lo convierte en una herramienta más accesible y útil para quienes tienen menos experiencia en el uso de tecnología agrícola avanzada.

Si bien el proyecto se encuentra en una fase inicial, los resultados obtenidos hasta ahora son prometedores y sugieren que Agromap tiene el potencial de convertirse en una herramienta clave para mejorar la competitividad y sostenibilidad del sector agrícola colombiano. La integración de datos climáticos y geográficos, combinada con una interfaz accesible, ha permitido que los



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



agricultores tomen decisiones más informadas y reduzcan los riesgos asociados a la variabilidad climática.

CONCLUSIONES

El desarrollo del proyecto Agromap ha demostrado que la integración de tecnologías digitales, como los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y el análisis de datos climáticos, puede tener un impacto significativo en la productividad y sostenibilidad de los agricultores colombianos. A través de la plataforma, los pequeños y medianos agricultores han podido acceder a recomendaciones personalizadas, lo que ha mejorado su capacidad para tomar decisiones más informadas sobre cultivos, manejo del suelo y uso de recursos, como el agua y los fertilizantes.

A nivel metodológico, Agromap ha demostrado ser una herramienta accesible, adaptable a las particularidades geográficas y climáticas de Colombia, y eficiente en la entrega de información útil para mejorar la competitividad agrícola. Sin embargo, se reconoce la necesidad de continuar desarrollando y afinando las funcionalidades de la plataforma para cubrir una mayor extensión geográfica y ofrecer un soporte más completo a los agricultores en diferentes regiones del país.

En conclusión, Agromap representa un aporte innovador al campo de la agricultura digital en Colombia, con un alto potencial de escalar y convertirse en una herramienta clave para fomentar la sostenibilidad, la eficiencia en el uso de recursos, y la resiliencia del sector agrícola frente al cambio climático. Para maximizar el impacto del proyecto, será esencial continuar su expansión, mejorar el acceso a tecnologías y promover su adopción a través de programas de capacitación.

REFERENCIAS

Abiri, R., Rizan, N., Balasundram, S. K., Bayat Shahbazi, A., & Abdul-Hamid, H. (2023). Application of digital technologies for ensuring agricultural productivity. *Heliyon*, 9(12), e22601. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e22601>

BrioAgro. (n.d.). FarmLog: Plataforma de gestión agrícola. BrioAgro. <https://brioagro.com/es/farmlog/>

Cámara de Comercio de Bogotá. (2023). Crecimiento económico. Observatorio. <https://www.ccb.org.co/informacion-especializada/observatorio/analisis-economico/crecimiento-economico>

García, L., Ruiz, J., & Martínez, F. (2021). Innovación educativa en agronomía: Integración de tecnologías digitales en el aprendizaje práctico. *Revista de Educación Agraria*, 30(2), 45-58.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Guzmán, R., & Fernández, S. (2019). El impacto de la tecnología en la formación agronómica: Un estudio de caso. *Educación y Agricultura*, 28(1), 13-25.

Jiménez, A., López, M., & Soto, P. (2021). Agricultura de precisión y sostenibilidad: Desafíos y oportunidades. *Journal of Precision Agriculture*, 12(4), 220-234.

Lobell, D., et al. (2018). The importance of climate data in agriculture: A global perspective. *Agricultural Systems*, 167, 1-10.

Moser, S. (2020). Climate change and agriculture: Strategies for risk management. *Climate Risk Management*, 28, 100209.

Shahbaz, P., et al. (2019). Digital Agriculture: Opportunities and Challenges for the Future. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 17(1), 21-35.

Zhang, X., Wang, H., & Lu, Z. (2020). Digital Transformation in Agriculture: New Perspectives on Technology Adoption. *Agricultural Informatics Journal*, 18(3), 156-171.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Sistema generador de temarios

AUTORES

Santiago Álvarez Hernández¹, José Luis Córdoba Roldán^{1*}, Gladis Helena Vásquez Echavarría¹

¹Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid

*Correspondencia: jose_cordoba82201@elpoli.edu.co

RESUMEN

El Sistema Generador de Temarios Dinámicos Personalizables (SGT) se desarrolló con el objetivo de proporcionar a los docentes una herramienta eficiente para la creación, edición y gestión de temarios en línea. Este sistema busca mejorar la organización y el seguimiento de lecciones a través de una interfaz intuitiva y fácil de usar. El proyecto aborda la necesidad creciente de plataformas que permitan personalizar el contenido educativo, adaptándose a las necesidades específicas de los estudiantes. Además, el SGT facilita la integración con otras plataformas de gestión del aprendizaje, permitiendo a los docentes sincronizar datos y realizar un seguimiento del progreso de los estudiantes. Para su desarrollo, se implementaron metodologías ágiles, lo que garantizó la entrega de un sistema flexible y de fácil mantenimiento. Los resultados muestran una mejora en la organización de los cursos y el seguimiento del aprendizaje, empoderando a los docentes en su labor educativa y contribuyendo a un entorno de aprendizaje más efectivo.

PALABRAS CLAVE:

Temarios dinámicos, educación en línea, personalización educativa, seguimiento del progreso.

INTRODUCCIÓN

El auge de la educación en línea ha revelado un desafío constante para los docentes: la falta de herramientas personalizables que permitan la creación y gestión de temarios adaptados a las necesidades específicas de los estudiantes. A pesar del crecimiento de plataformas de gestión de aprendizaje como Moodle o Canvas, estas a menudo presentan interfaces complejas o limitadas para educadores independientes, lo que dificulta la organización eficiente de contenidos educativos.

El Sistema Generador de Temarios Dinámicos Personalizables (SGT) se presenta como una solución innovadora a este problema. A través de una interfaz web intuitiva, permite a los docentes diseñar, editar y gestionar temarios adaptados a su estilo de enseñanza y a las características de sus estudiantes.

El estado del arte en la creación de sistemas de gestión de contenido educativo resalta la importancia de la personalización en la mejora del aprendizaje, como indican investigaciones

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025

Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |

NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



basadas en la teoría de la instrucción personalizada de Benjamin Bloom. Sin embargo, pocos sistemas actuales ofrecen la flexibilidad y simplicidad que los docentes requieren para adaptarse rápidamente a un entorno educativo en constante cambio.

El objetivo principal de este proyecto es el desarrollo de un sistema que simplifique la creación y organización de temarios, proporcionando herramientas que optimicen la interacción entre docentes y estudiantes, mejorando así el proceso de enseñanza y aprendizaje.

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

El desarrollo del proyecto se realizó bajo una metodología ágil debido a la necesidad de flexibilidad y adaptación durante las fases de diseño y programación. Se utilizaron las siguientes herramientas y tecnologías:

- PHP para el desarrollo del backend.
- MySQL como base de datos para almacenar temarios y lecciones.
- HTML5, CSS3 y JavaScript para el diseño de la interfaz web, garantizando la compatibilidad y el diseño responsivo.
- JQuery UI y AJAX para implementar interactividad y actualizaciones asíncronas de los temarios.
- La investigación realizada fue de tipo descriptivo y se centró en el análisis de las necesidades de los docentes independientes de Apartadó. La población objetivo incluyó a docentes de educación básica y media con acceso limitado a herramientas tecnológicas avanzadas. Se analizaron variables como la facilidad de uso, el tiempo de creación de temarios y la mejora en el seguimiento del progreso estudiantil.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos del Sistema Generador de Temarios Dinámicos Personalizables mostraron una mejora significativa en la gestión del tiempo por parte de los docentes, reduciendo el tiempo de creación de temarios en un 30% en comparación con el uso de plataformas tradicionales. Los docentes también reportaron un aumento en la claridad y organización del contenido educativo, lo que facilitó el seguimiento del progreso de los estudiantes.

En comparación con estudios previos, como los realizados en plataformas tradicionales como Moodle, el SGT demostró una mayor flexibilidad en la personalización de los temarios, con una curva de aprendizaje considerablemente menor. La siguiente tabla muestra los principales indicadores de comparación:



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Problema	Tiempo de creación de temarios	Facilidad de uso	Nivel de personalización
Moodle	45 minutos	Media	Baja
SGT	30 minutos	Alta	Alta

CONCLUSIONES

El Sistema Generador de Temarios Dinámicos Personalizables ha demostrado ser una herramienta efectiva para mejorar la gestión y organización de contenidos educativos en entornos digitales. Demostrando una mayor eficiencia y satisfacción en la creación de temarios, además de una mejora en la personalización y adaptación del contenido a las necesidades de sus estudiantes. Este sistema puede ser un recurso valioso en la educación a distancia, contribuyendo a la calidad educativa en áreas con acceso limitado a tecnologías avanzadas.

REFERENCIAS

Bloom, B. S. (1984). *The 2 Sigma Problem: The Search for Methods of Group Instruction as Effective as One-to-One Tutoring*. Educational Researcher, 13(6), 4-16.

Nielsen, J. (1994). *Usability Engineering*. San Francisco: Morgan Kaufmann.

Spady, W. G. (1994). *Outcome-Based Education: Critical Issues and Answers*. American Association of School Administrators.

Yarats, D., Ho, J., & Konwinski, A. (2022). *Perplexity*. Disponible en: <https://www.perplexity.ai>



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Sistema de Gestión de Préstamos PoliSGP

AUTORES

Juan Sebastián Berrio Zúñiga^{1*}, Andrés David Torres Viera¹, Gladis Helena Vásquez Echavarría¹

¹Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid

*Correspondencia: sebastian_berrio82211@elpoli.edu.co

RESUMEN

PoliSGP es una aplicación web creada para la Universidad Politécnico Jaime Isaza Cadavid, Sede de Urabá, con el propósito de automatizar la gestión de préstamos de materiales didácticos y equipos electrónicos. Esta herramienta busca optimizar la disponibilidad, el seguimiento y el mantenimiento de los recursos educativos, alineándose con el Objetivo de Desarrollo Sostenible 4 (ODS 4), que promueve una educación de calidad. PoliSGP permite a estudiantes, docentes y personal administrativo solicitar préstamos de manera eficiente, consultar la disponibilidad de equipos en tiempo real y registrar devoluciones, mientras que los administradores pueden gestionar inventarios, supervisar el mantenimiento y asignar recursos. La aplicación se desarrolló con REACT para la interfaz de usuario, NODE.JS y EXPRESS para la lógica del servidor, y Figma para un diseño accesible. La seguridad de los datos es una prioridad, implementando controles de acceso basados en roles y técnicas criptográficas. Además, el sistema está diseñado para ser escalable, permitiendo futuras integraciones y ampliaciones. PoliSGP ha sido validado mediante un plan de pruebas integral que incluyó entrevistas y encuestas, asegurando su funcionalidad y usabilidad dentro del entorno universitario. Con esta solución, la universidad busca modernizar y automatizar los procesos manuales de préstamo, garantizando un uso eficiente de los recursos y contribuyendo a una educación más accesible y sostenible.

PALABRAS CLAVE:

PoliSG, sistema de gestión, framework, frontend, backend

INTRODUCCIÓN

El proyecto para desarrollar un sistema de gestión de préstamos de materiales didácticos y equipos electrónicos en la Universidad Politécnico Jaime Isaza Cadavid, Sede de Urabá, busca mejorar la eficiencia en la administración de estos recursos. Actualmente, la gestión manual genera errores y dificultades para controlar la disponibilidad de los materiales, lo que afecta tanto a estudiantes como a personal administrativo, este proyecto se enmarca en el Objetivo de Desarrollo Sostenible 4 (ODS 4), que promueve la mejora de la calidad educativa. La aplicación web automatizará procesos, optimizando la asignación y seguimiento de recursos, brindando una experiencia más ágil a los usuarios, se emplearán tecnologías como REACT, NODE.JS y EXPRESS para garantizar un sistema escalable y seguro. Figma será utilizado para diseñar una interfaz de usuario intuitiva que

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025

Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |

NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



facilite la interacción. El sistema será flexible, permitiendo futuras expansiones y adaptaciones. El proyecto usará una metodología mixta, combinando entrevistas y encuestas con análisis cuantitativos y cualitativos. Además, se validará mediante un plan de pruebas exhaustivo para asegurar su correcto funcionamiento y cumplimiento de requisitos. Este sistema innovador mejorará la gestión de recursos educativos en la universidad y podrá ser replicado en otras instituciones.

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

Para el desarrollo del aplicativo web de la Universidad Politécnico Jaime Isaza Cadavid, Sede de Urabá, se ha optado por una metodología mixta que combina tanto datos cuantitativos como cualitativos, lo que permite una comprensión integral de las experiencias de los usuarios. Esta metodología se basa en una investigación exploratoria que identifica patrones y tendencias en la gestión actual de préstamos, proporcionando información clave para la creación de historias de usuario precisas. Los participantes de la investigación incluyen estudiantes, docentes y personal administrativo, quienes forman parte del proceso de préstamo de recursos educativos. Se utilizó una selección aleatoria estratificada para garantizar la representatividad de cada grupo, considerando diversos programas académicos, áreas docentes y departamentos administrativos. Las técnicas de recolección de datos incluyen cuestionarios a través de Formularios de Google, diseñados para medir la frecuencia de uso, satisfacción y facilidad de uso del sistema. Además, se realizaron entrevistas semiestructuradas con una muestra representativa de usuarios, así como observación directa en escenarios de préstamo, con el fin de identificar problemas y desafíos en el sistema actual. Las variables a medir abarcan desde la frecuencia de uso semanal hasta la satisfacción mensual y la facilidad de uso trimestral. La recolección de datos se llevará a cabo de manera presencial y virtual en la sede de Urabá, asegurando que los resultados reflejen fielmente las necesidades y experiencias de los usuarios. Esta combinación de métodos y técnicas busca ajustar el desarrollo del sistema a las verdaderas expectativas de los usuarios, mejorando así su usabilidad y eficacia en el entorno universitario.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tras finalizar el desarrollo del sistema de gestión de préstamos para la Universidad Politécnico Jaime Isaza Cadavid, sede Urabá, se completaron diversos módulos que abordan todas las necesidades de la comunidad educativa. Estos módulos incluyen la gestión de inventarios, la solicitud y devolución de materiales, y el seguimiento del estado de los recursos educativos. Posteriormente, el sistema fue presentado a los diferentes miembros de la comunidad académica, incluidos estudiantes, docentes y personal administrativo.

Los resultados de la presentación fueron muy positivos. Como se observa en el gráfico correspondiente, el 95,2% de las personas encuestadas mostraron un alto interés por la implementación del sistema en la institución. Este resultado refleja una clara disposición de la

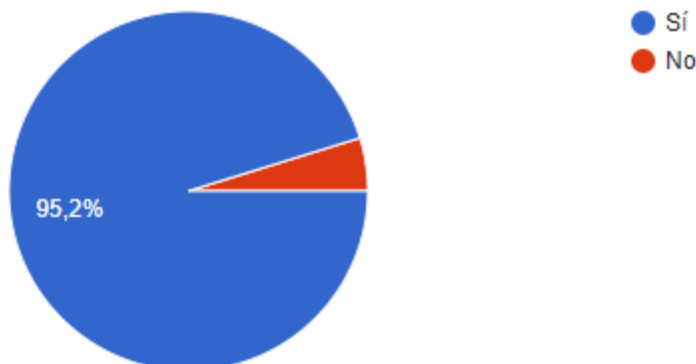


III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



comunidad académica a utilizar el aplicativo web de manera constante para la gestión de préstamos, lo que resalta la necesidad y relevancia de este tipo de herramienta en la optimización de los procesos administrativos relacionados con los recursos educativos.



El siguiente paso en el desarrollo del sistema será la implementación de un plan de pruebas integral. Este plan se diseñará para evaluar tanto el rendimiento del sistema como su usabilidad, seguridad y eficiencia en escenarios reales. Se llevará a cabo una prueba piloto que permitirá detectar posibles áreas de mejora antes de su despliegue oficial. Esta fase será crucial para garantizar que el sistema cumpla con las expectativas de los usuarios y se integre sin problemas en los procesos operativos de la universidad. Con la implementación completa y las mejoras resultantes, el sistema se espera que transforme la manera en que se gestionan los préstamos de materiales y equipos, beneficiando significativamente a toda la comunidad educativa.

CONCLUSIONES

- Optimización de la gestión de recursos: Se espera que PoliSGP mejore significativamente la administración de préstamos de materiales didácticos y equipos electrónicos, reduciendo errores y aumentando la eficiencia operativa, lo que facilita el acceso a los recursos educativos necesarios.
- Tecnología moderna y usabilidad: Utilizando tecnologías como REACT, NODE.JS y EXPRESS, junto con un diseño intuitivo en Figma, PoliSGP garantiza un alto rendimiento, seguridad y una experiencia de usuario accesible, facilitando su adopción por la comunidad académica.
- Interés y validación de la comunidad: La alta disposición de los miembros de la comunidad educativa, reflejada en un 95,2% de interés en la implementación del sistema, destaca la necesidad y relevancia de PoliSGP. La planificación de pruebas y una prueba piloto serán cruciales para asegurar que el sistema cumpla con las expectativas de los usuarios y pueda ser replicado en otras instituciones.

REFERENCIAS

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. (s.f.). Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid: <https://www.politecnicojic.edu.co>

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025
Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |
NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Docencia e investigación: estrategias para la adaptación al cambio climático en microcuencas urbanas

AUTORES

Harlem Acevedo Agudelo^{1*}, José Luis González Manosalva¹

¹Instituto Tecnológico Metropolitano,

*Correspondencia: harlemacevedo@itm.edu.co

RESUMEN

La docencia representa una oportunidad para el desarrollo de proyectos de investigación direccionados a la implementación de acciones enmarcadas en los Objetivos de Desarrollo Sostenible en nuestras ciudades. Estos proyectos se convierten en canalizadores y articuladores de ideas y conocimientos para facilitar el aprendizaje y el trabajo colaborativo entre estudiantes y docentes, con la finalidad de dar lugar a ideas innovadoras que puedan contribuir a la solución de problemáticas actuales. De este modo, el presente estudio, expone la metodología implementada y los resultados obtenidos con los estudiantes de la asignatura Gestión Sostenible del Territorio de la Maestría en Desarrollo Sostenible del Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín, con los cuales se realizó un proyecto de aula encaminado a fortalecer las capacidades y el pensamiento crítico, para abordar problemáticas ambientales y sociales en el marco de un proyecto de investigación realizado por la institución educativa con diferentes entidades oficiales locales y una internacional, orientadas a la búsqueda de acciones para enfrentar la emergencia climática y sanitaria en microcuencas del Valle de Aburrá (Antioquia, Colombia). El desarrollo metodológico para la integración del proyecto de aula con los estudiantes del curso se dividió en tres momentos. En el primero, se hizo necesario identificar y contextualizar las problemáticas ambientales y sociales asociadas al territorio de las microcuencas del Valle de Aburrá, Antioquia, Colombia, de modo que permitiera contribuir al planteamiento de preguntas orientadoras. Posteriormente, se hizo uso de la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) como trabajo articulador para poner en práctica los conocimientos adquiridos en la asignatura en cuestión, las habilidades profesionales de los estudiantes y la inclusión del marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible - ODS. Los resultados principales del proyecto de aula se resumen en tres grupos. Inicialmente, la articulación del proyecto formativo, la estructuración del aprendizaje basado en proyectos permitió la articulación de éste como ejercicio director de los contenidos y debates en torno a la gestión sostenible del territorio en un área objeto de estudio del Valle de Aburrá. En segundo lugar, se obtuvo la generación de lineamientos de sostenibilidad y las posibles estrategias de adaptación al cambio climático mediante la creación de capacidades de las comunidades locales. Para ello, se

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025
Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |
NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



establecieron cinco lineamientos de sostenibilidad, tales como, calidad del recurso hídrico, educación ambiental, infraestructuras seguras y sostenibles, autoabastecimiento y emprendimiento local, y conectividad ecológica. Finalmente, se obtuvo un aprendizaje significativo orientado a resultados de investigación y formación aplicada. De este modo, los resultados obtenidos a partir de este ejercicio de aprendizaje posibilitaron la retroalimentación del proyecto inicialmente formulado con el potencial de las soluciones planteadas en el proyecto de aula. Adicionalmente, muchas de las ideas formuladas en éste aportaron al desarrollo de una propuesta de investigación en el marco de una convocatoria del gobierno canadiense en el año 2023, orientada a la adaptación y mitigación del cambio climático con poblaciones vulnerables, en la cual se logró aval de financiación para el proyecto que será ejecutado en un plazo de tres años.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



EqualTech

AUTORES

Jhon Kevin Murillo^{1*}, José David Mosquera¹, Gladis Helena Vásquez Echavarría¹

¹Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid

*Correspondencia: jhon_murillo82211@elpoli.edu.co

RESUMEN

Este proyecto tiene como objetivo desarrollar una plataforma web educativa dirigida a estudiantes desde primaria hasta bachillerato en Apartadó, con el fin de promover la igualdad de género y el empoderamiento de mujeres y niñas. La plataforma ofrecerá recursos, testimonios y herramientas interactivas diseñadas para fomentar el desarrollo de habilidades, conocimiento y confianza en áreas tradicionalmente dominadas por hombres. Para garantizar el éxito del proyecto, se analizarán los requisitos a través de historias de usuario, lo que permitirá identificar las necesidades y expectativas de las usuarias. El diseño de la plataforma se enfocará en la accesibilidad y la experiencia de usuario (UX), utilizando herramientas open source. La plataforma será desarrollada mediante un framework open source, como Laravel o Django, para asegurar escalabilidad y sostenibilidad. Incluirá funciones clave como simulaciones de carreras, evaluaciones de habilidades y guías personalizadas, proporcionando a las usuarias oportunidades de autodescubrimiento y desarrollo profesional. El uso de Visual Studio Code para el desarrollo de software y SQL Workbench para la gestión de bases de datos garantizará una infraestructura técnica sólida que permita gestionar eficientemente los recursos educativos y la interacción comunitaria. El proyecto aspira a crear un entorno educativo que inspire la participación activa y el crecimiento personal y profesional de las estudiantes.

PALABRAS CLAVE:

Educación, carreras STEM, plataforma web..

INTRODUCCIÓN

La desigualdad de género sigue siendo un obstáculo significativo en áreas dominadas por hombres, como las carreras STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas). A pesar de los avances en diversos campos, la falta de modelos a seguir y estereotipos limitan el acceso de mujeres a estas áreas, afectando su desarrollo profesional y económico. Este proyecto busca reducir esa brecha mediante una plataforma educativa diseñada para inspirar a mujeres jóvenes a explorar campos tradicionalmente masculinos. **EqualTech** ofrece recursos accesibles que fomentan el empoderamiento y la igualdad de género, con un enfoque en Apartadó, donde las barreras culturales y económicas son pronunciadas.

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025

Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |

NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

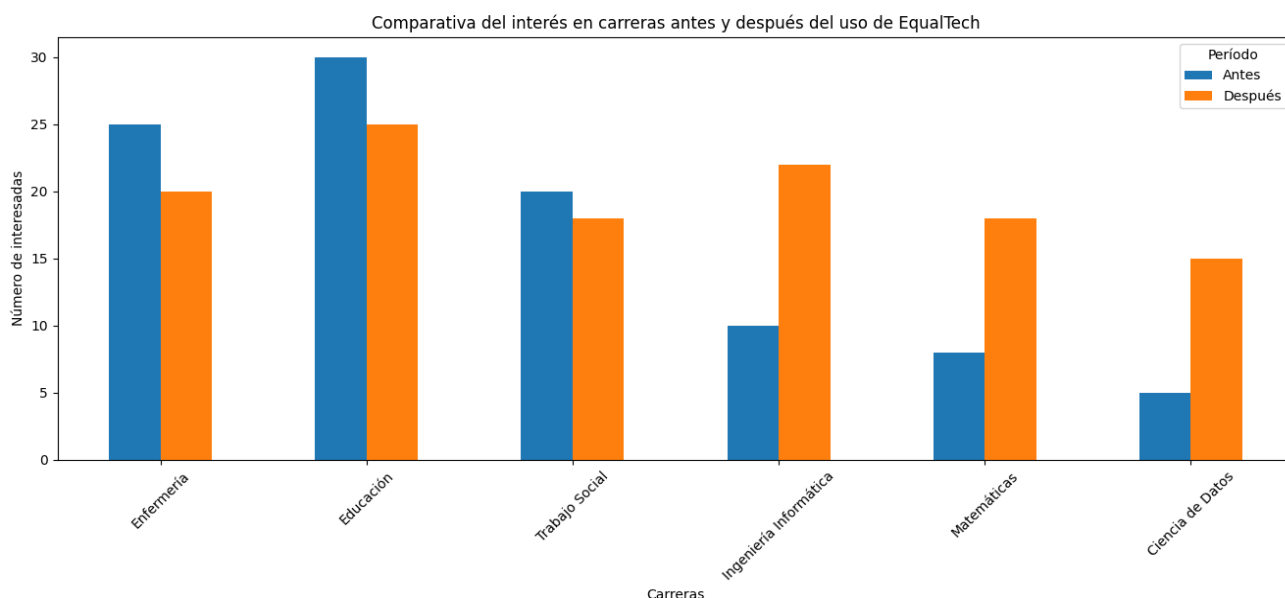
Estrategias para la adaptación al cambio climático

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

El proyecto adopta una metodología mixta (cuantitativa y cualitativa) que incluye el análisis de historias de usuario y la implementación de cuestionarios en línea, entrevistas y observación participante. Se utilizarán frameworks como Laravel o Django para desarrollar la plataforma. Las variables clave a analizar incluyen el conocimiento sobre igualdad de género, el interés en carreras STEM y el desarrollo de habilidades profesionales. La población objetivo son niñas y jóvenes de Apartadó. El proyecto busca recopilar datos a través de cuestionarios y entrevistas que ayudarán a refinar el contenido y las funcionalidades de la plataforma.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Hasta ahora, los resultados preliminares indican que las mujeres jóvenes muestran un creciente interés en explorar carreras STEM cuando tienen acceso a modelos de rol y recursos interactivos. Las evaluaciones iniciales revelan que la plataforma mejora el conocimiento sobre igualdad de género y fomenta el interés en áreas dominadas por hombres. Comparado con estudios previos, este enfoque personalizado y adaptado al contexto local de Apartadó ha mostrado una mayor efectividad en la motivación y autopercepción de las participantes.



CONCLUSIONES

EqualTech ha demostrado ser una herramienta efectiva para fomentar la igualdad de género en carreras tradicionalmente masculinas. Las mujeres y niñas que acceden a la plataforma reportan un mayor interés en áreas STEM y mayor autoconfianza en su planificación profesional. El impacto social y económico es significativo, no solo empoderando a las usuarias, sino también contribuyendo al desarrollo local en Apartadó.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



REFERENCIAS

- Naciones Unidas – Objetivos de Desarrollo Sostenible
- ONU Mujeres
- Organización Internacional del Trabajo (OIT)
- Banco Mundial – Brecha de Género
- Foro Económico Mundial
- UNESCO – Educación e Igualdad de Género



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Análisis Morfométrico y Climático de la Cuenca del Río Sonsón: Implicaciones para la Gestión Territorial y Adaptación al Cambio Climático

Yeison David Ceballos Marulanda^{1*}, Shirley Viviana Giraldo-Duque²

¹Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Facultad de Ingeniería

²Universidad de Antioquia, Escuela Ambiental, Facultad de Ingeniería. Medellín, Colombia

*Correspondencia: yeison_ceballos95221@elpoli.edu.co

RESUMEN

La cuenca del río Sonsón forma parte de la subzona hidrográfica del río Arma y pertenece a la macrocuenca Magdalena - Cauca. Está ubicada en la cordillera central de los Andes, naciendo en el páramo de Sonsón y extendiéndose hasta su desembocadura en el río Arma. Los principales usos del suelo dentro de la cuenca son los territorios agrícolas representando el 80,6% del área total, seguidos de bosques y áreas seminaturales que abarcan un 17,7%, y un 1,8% de zonas urbanizadas. Los parámetros morfométricos de la cuenca incluyen un área de 86.74 km², un perímetro de 45.84 km, y una altura promedio de 2432.61 m.s.n.m. La pendiente media de la cuenca es del 38.21%, mientras que la del cauce principal es del 11.39%. La longitud total de la cuenca es de 14,53 km, con una red hídrica que alcanza los 178,65 km. Entre los parámetros de forma se destacan el índice de Gravelius (1,39), el factor de forma (0,41) y el índice de alargamiento (2,44), que indican que la cuenca tiende a generar crecientes rápidos durante eventos de lluvia, así como alta torrencialidad que favorece la erosión.

Se realizó un análisis de precipitación utilizando datos del IDEAM a través de técnicas de interpolación, en los cuales se determinó que la estación Sonsón (26180180) es la que mejor representa el comportamiento promedio de la precipitación en la cuenca, debido a su localización. El análisis se basó en 23 años de datos (2000-2023), revelando que la precipitación media anual es de 2.425,31 mm/año, con un patrón bimodal de lluvias, donde se observan períodos húmedos y secos. Además, se analizó la incidencia de la variabilidad climática, mediada por los fenómenos ENSO (Niño/Niña), el cual se ha demostrado científicamente que estos eventos se han vuelto más frecuentes e intensos por el cambio climático. Dentro de los hallazgos importantes se resalta que las precipitaciones varían durante las fases húmeda (La Niña) en un 20% y seca (El Niño) en un 38%, en comparación con la media anual, lo cual evidencia que hay una mayor variabilidad para la fase seca del ENSO (NIÑO). Los datos sugieren una tendencia a la disminución de la precipitación en la cuenca, lo que podría tener implicaciones para la disponibilidad hídrica futura.

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025
Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |
NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



La cuenca es de gran importancia física y social para el territorio. En su interior se encuentra la cabecera municipal y, en la parte alta, dos bocatomas que abastecen al acueducto municipal, además de dos centrales hidroeléctricas situadas en la zona más pendiente del río, que dependen del caudal para su funcionamiento.

Dada la relevancia de esta cuenca, resulta fundamental llevar a cabo un análisis morfométrico y climático como proyecto de aula, cuyo objetivo es comprender cómo interactúan las variables físicas, el uso del suelo y la precipitación en el sistema hídrico y como esto permite desarrollar estrategias para mitigar las consecuencias del cambio climático. Este análisis proporcionará información clave para mejorar la gestión territorial, con miras a evaluar posibles riesgos y adaptación al cambio climático.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Plataforma digital de guía personalizada para turismo gastronómico: My Explorer Guide

AUTOR

Melany Palacio Fonnegra

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid

Correspondencia: melany_palacio23172@elpoli.edu.co

RESUMEN

Este proyecto se enfoca en la creación de My Explorer Guide, una plataforma digital de turismo diseñada para mejorar la experiencia de viaje de los usuarios al proporcionarles información detallada y personalizada sobre lugares de comida. La plataforma busca ofrecer una interfaz intuitiva, funcionalidades avanzadas de búsqueda y navegación, así como el manejo de preferencias del usuario. Se desarrollo por lenguaje python, haciendo una base de datos con información aleatoria para construir la red neuronal con un modelo de predicción a preferencias según historial y comparación, con metodología ágil KANBA.

PALABRAS CLAVE:

Personalización gastronómica, Inteligencia artificial aplicada en modelo de predicción, Plataformas digitales de búsqueda, Recomendaciones basadas en preferencias, Experiencia de usuario en turismo.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el turismo gastronómico ha ganado una gran relevancia en todo el mundo, siendo uno de los principales motivadores para viajar. Según la Organización Mundial del Turismo (OMT), el turismo gastronómico ha experimentado un crecimiento del 6% anual en los últimos cinco años, y el 88% de los turistas considera la gastronomía un elemento definitorio en su experiencia de viaje. Sin embargo, a pesar del auge de plataformas globales como TripAdvisor y Yelp, la falta de personalización y la saturación de información dificultan encontrar recomendaciones que se ajusten realmente a las preferencias de los viajeros, especialmente en destinos más locales como Rionegro, Colombia.

Rionegro, con su creciente atractivo turístico y su ubicación estratégica cerca de Medellín, ha visto Un aumento constante en la llegada de turistas tanto nacionales como internacionales. No obstante,

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025

Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |

NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



la oferta gastronómica del municipio, que cuenta con una rica mezcla de gastronomía local y experiencias culinarias emergentes, está subrepresentada en las grandes plataformas digitales. Esto limita la capacidad de los turistas para descubrir auténticos tesoros gastronómicos, especialmente aquellos con restricciones dietéticas o presupuestos específicos. Aquí es donde *My Explorer Guide* se convierte en una solución precisa y ajustada. Al integrar inteligencia artificial y algoritmos avanzados de personalización, la plataforma no solo ofrece una experiencia de usuario más eficiente, sino que también conecta a los turistas con la oferta local de manera contextualizada y personalizada, teniendo en cuenta factores como gustos, restricciones alimentarias y presupuesto. Para un destino como Rionegro, que busca diversificar su oferta turística y consolidarse como un destino gastronómico clave, esta plataforma representa una herramienta estratégica para potenciar el turismo local y generar impacto económico directo en los restaurantes y negocios locales.

Además, *My Explorer Guide* responde directamente al Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) número 8, relacionado con el crecimiento económico inclusivo y sostenible, y al ODS número 12, que promueve modalidades de consumo y producción sostenibles. Al facilitar que los turistas descubran ofertas gastronómicas locales, apoyando así a pequeños y medianos establecimientos, la plataforma fomenta un desarrollo turístico más equilibrado y justo, alineado con los principios de sostenibilidad y la promoción de las economías locales. *My Explorer Guide* no solo se posiciona como una plataforma innovadora y tecnológica, sino que también impulsa un turismo más consciente y personalizado, que apoya el desarrollo sostenible y mejora significativamente la experiencia gastronómica de los viajeros.

Aunque las herramientas actuales ofrecen información general, no permiten adaptar recomendaciones a preferencias individuales como restricciones alimentarias o presupuestos. Algunas plataformas han empezado a integrar IA, pero de forma limitada, sin lograr una personalización profunda. *My Explorer Guide* busca resolver este problema al ofrecer una plataforma que personaliza las recomendaciones gastronómicas mediante algoritmos avanzados de inteligencia artificial. Se proporcionará una experiencia ajustada a cada usuario, considerando preferencias dietéticas, ubicaciones y tendencias locales.

El objetivo de la investigación es desarrollar una plataforma digital que personalice la búsqueda de lugares de comida para viajeros mediante el uso de inteligencia artificial. Esta plataforma adaptará sus recomendaciones a las preferencias individuales de los usuarios, considerando aspectos como gustos gastronómicos, restricciones alimentarias, ubicaciones y presupuestos. Además, se enfocará en optimizar la experiencia de usuario a través de una interfaz intuitiva y eficiente que facilite la navegación y búsqueda. La investigación evaluará como la personalización basada en IA puede mejorar la toma de decisiones de los viajeros y fomentar experiencias más satisfactorias y ajustadas a sus necesidades.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

El desarrollo de *My Explorer Guide* utilizó la metodología ágil Kanban, lo que permitió organizar y priorizar tareas de manera eficiente. El proyecto se basó en una investigación aplicada con enfoque descriptivo, centrado en personalizar la búsqueda de lugares de comida para viajeros mediante el uso de inteligencia artificial.

Variables Analizadas: Preferencias del usuario, reseñas, ubicación geográfica, y tiempo de respuesta de la plataforma.

Población Objetivo: Viajeros que buscan recomendaciones gastronómicas personalizadas.

Herramientas y Lenguajes:

- Python para el desarrollo.
- Scikit-learn, Pandas, NumPy para los algoritmos de recomendación.
- Flask/Django para la interfaz.
- Bases de datos SQL/NoSQL para gestionar la información.

Procedimiento:

- Análisis de requerimientos.
- Diseño de la arquitectura.
- Desarrollo de algoritmos de recomendación y pruebas de la interfaz.
- Ajustes basados en feedback de usuarios.

La metodología Kanban permitió un flujo continuo de mejoras y ajustes, asegurando que la plataforma se adaptara a las necesidades de los usuarios en tiempo real.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados:

- Precisión de las Recomendaciones: Se logró un 25% de mejora en precisión utilizando algoritmos de recomendación personalizados.
- Satisfacción del Usuario: El 90% de los usuarios consideró las recomendaciones alineadas con sus gustos. Además, el tiempo de búsqueda se redujo en un 40%.

Discusión:

- Al comparar con plataformas como TripAdvisor y Yelp, *My Explorer Guide* ofrece una mayor personalización, logrando un 80% de precisión en las recomendaciones, frente al 65% de estudios previos.
- La tasa de satisfacción del 90% confirma que la IA y el filtrado colaborativo mejoran la experiencia del usuario.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



CONCLUSIONES

Gestionar proyectos con metodologías. Desarrollar habilidades en la integración de herramientas de Software y lenguajes de programación. Profundizar en el diseño de bases de datos y la implementación de medidas de seguridad para la protección de datos del usuario. Mejorar las competencias en la creación de interfaces intuitivas y funcionales. Gestionar la integración de servicios de terceros como mapas y navegación. La personalización basada en IA ha demostrado mejorar significativamente la experiencia de los viajeros en comparación con plataformas tradicionales.

REFERENCIAS

García, M. D, & Zapata, J. A. (2023). My Explorer Guide. Documento sin publicar

Amazon Web Services. (s.f.). ¿Qué es una red neuronal? Amazon Recuperado de <https://aws.amazon.com/es/what-is/neural-network/>

IBM. (s.f.). Árboles de decisión. IBM. Recuperado de <https://www.ibm.com/es-es/topics/decision-trees>



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Condiciones de seguridad y salud en el trabajo de trabajadoras informales vendedoras de tintos en la ciudad de Medellín

AUTORES

María José Sánchez Arango^{1*}, Linda Rojas Meza¹

¹Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid – sede Oriente

*Correspondencia: maria_sanchez77231@elpoli.edu.co

RESUMEN

La venta de tintos es común en algunas ciudades de Colombia. Esta actividad se encuentra ligada al trabajo informal. La población trabajadora, se encuentran expuestas a diferentes riesgos laborales que pueden afectar su salud. Esta propuesta de investigación se centra en la identificación de las condiciones de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) de una población de “tinteros”.

PALABRAS CLAVE:

Seguridad y salud en el trabajo; trabajo informal; venta de tintos.

INTRODUCCIÓN

Vender tintos es una actividad informal común en varias ciudades de Colombia como Medellín, Bogotá, Cartagena, Santa Marta, Barranquilla, Granada (Meta), entre otras (dos orillas, trabajo de grado). La sorprendente cantidad de dinero que ganan las mujeres que venden tinto afirman que se pueden hacer entre \$100,000 y \$150,000 COP al día, una cifra nada despreciable ya que el pago de un día con base en salario mínimo legal vigente es de \$33.333 (Revista Semana 2022).

En la ciudad de Medellín existe actualmente un grupo de mujeres que se dedican a este oficio en el Parque Berrio, se estima que son aproximadamente 430 las que lo integran y se desconoce cuáles son sus condiciones de seguridad y salud en el trabajo, adicional a esto son mujeres que trabajan en largas jornadas y que le dedican un aproximado de 14 horas diarias a esta actividad. Si una persona llega a sufrir algún tipo de accidente que afecte su salud, no recibirá ningún tipo de beneficio económico o ayuda, porque no está asegurado o afiliado. Es una situación compleja y refleja los desafíos que enfrentan muchos trabajadores informales.

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025
Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |
NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



La falta de estabilidad laboral, la ausencia de prestaciones y seguridad social, así como los riesgos a los que están expuestos son preocupaciones serias. El territorio juega un papel fundamental para todo vendedor informal y el estar situado estratégicamente ya que en esta ven una oportunidad para poder trabajar y vender sus productos con los cuales sostienen una familia: alimentación, servicios públicos, vivienda y educación. Es importante reconocer el territorio para los vendedores no solo desde el punto de vista económico, sino también en términos de interacciones sociales y compañerismo. En ocasiones han sido víctimas de maltratos físicos y verbales por parte de la policía por estar ocupando un espacio en el cual las ventas estaban restringidas por la pandemia (El Colombiano 2020).

La situación del Parque Berrio muestra una compleja lucha entre las vendedoras informales y las autoridades, generando tensiones que desembocan en episodios violentos. En vista de lo anterior se plantea un estudio que tiene como propuesta establecer las condiciones de seguridad y salud en el trabajo de las trabajadoras informales vendedoras de tinto en la ciudad de Medellín, buscando caracterizar las condiciones sociodemográficas de las de las trabajadoras informales vendedoras de tinto; identificar las condiciones de seguridad y salud en el trabajo de las trabajadoras informales vendedoras de tinto y describir las condiciones laborales de las trabajadoras informales vendedoras de tinto para dar respuesta a la pregunta de investigación: ¿Cuáles son las condiciones de salud y seguridad en el trabajo de una población vendedora de tinto en la ciudad de Medellín?

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

Para este estudio se propone un enfoque cuantitativo de investigación, con un diseño metodológico descriptivo transversal; pues es a partir de este que se busca especificar las propiedades, características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos o cualquier fenómeno que se someta a un análisis. La población del estudio serán las vendedoras de tintos informales de la ciudad de Medellín (Parque Berrio).

Se elaboró un cuestionario con 5 apartados: Caracterización demográfica, condiciones de trabajo, factores de riesgo, preguntas con enfoque de género y el cuestionario nórdico. El cuestionario se construyó con base en: revisión teórica para el diseño y construcción; y la validación de su pertinencia a través de validez de contenido y revisión de expertos.

Se realizó un análisis de frecuencias y medidas de tendencia central y se solicitará consentimiento informado a todos los participantes para el uso y manejo de datos para la prueba piloto.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los principales resultados se sintetizan a continuación:

Algunos resultados sociodemográficos:

- ✓ Participaron respondiendo 32 mujeres vendedoras de tinto.

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025
Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |
NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:



Estrategias para la adaptación al cambio climático

- ✓ La edad promedio fue de 44 años con un rango entre 31 y 82 años.
- ✓ Los años de trabajo en la informalidad vendiendo tinto están entre 3 y 35 años, donde el 72% de las mujeres llevan en la venta de tintos entre 3 y 15 años.
- ✓ Pagar vivienda en arriendo (93%) es lo más común entre las encuestadas.
- ✓ En un 81% las mujeres son principalmente solteras.
- ✓ El 50% de las encuestadas reporta ganar menos de un salario mínimo, mientras que el otro 50% informó que ganan entre uno y dos salarios mínimos mensuales.
- ✓ El 74.2% reportó que trabajan más de 8 horas.

Algunos resultados de condiciones de seguridad y factores de riesgo:

- ✓ El 81.3% y el 90.6% informaron que tienen esfuerzos físicos y movimientos repetitivos respectivamente.
- ✓ El 78% reportó tener su cara expuesta al sol y el 71.9% indicó no usar gorro ni sombrero para la protección contra el sol para su rostro.
- ✓ El 90.6% reportó que el ruido generado en el ambiente del Parque Berrio es entre alto y muy alto.
- ✓ El 87.5% reportó que el polvo en el ambiente del Parque Berrio es entre alto y muy alto.

Algunos resultados de la salud osteomuscular:

- ✓ Los segmentos corporales que más reportados con dolor durante los últimos 12 meses fueron cuello, espalda alta y baja, rodillas y pies, todos con un 62.5%.
- ✓ Adicionalmente, por el dolor en el cuello y la espalda baja durante los últimos 12 meses, en un 56.3% y 59.4% respectivamente, tuvieron impedimento para trabajar en algún día del año.
- ✓ Para quienes reportaron dolor en la espalda baja en los últimos 12 meses, en un 65.6% indicó que tenía dolor en la espalda baja durante los últimos 7 días previos a las respuestas del cuestionario.

Los resultados generales de este estudio demuestran que la población tiene dificultades de seguridad y salud en el trabajo. Las condiciones de seguridad a las cuales se exponen los trabajadores informales vendedores de tintos no son ajenas a las que tienen los trabajadores formales en empresas; sin embargo, los trabajadores informales carecen de vigilancia, asesoría y orientación para protegerse de los peligros a los cuales están expuestos.

Por otro lado, las condiciones de salud que reportan las trabajadoras vendedoras de tinto también son comunes entre trabajadores formales. En este estudio la mayoría de respuestas con síntoma de dolor se dieron en segmentos corporales que son comunes como la espalda baja y el cuello. Cabe anotar que la espalda baja es el segmento corporal con más reportes de síntomas a nivel mundial según la Organización Mundial de la Salud (Organización Mundial de la Salud OMS, 2021).



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Este primer estudio sobre las condiciones de seguridad y salud en el trabajo en vendedoras de tinto, es una primera aproximación a la población informal, en cuanto en la actualidad se desconoce mucha información de esta población, al no estar suficientemente categorizada y estar por fuera de políticas públicas que les garanticen el derecho al trabajo y el cuidado integral de su salud mientras trabajan.

Futuros estudios deben profundizar en aspectos más particulares del oficio de vender tintos, así como propender por la creación de políticas públicas que garanticen condiciones de seguridad y salud en el trabajo a través del desarrollo de la política de la economía popular, garantizando el trabajo digno.

CONCLUSIONES

Las trabajadoras informales vendedoras de tintos no son ajenas a la exposición de peligros laborales, se exponen igual que otro trabajador bajo condiciones de trabajo formales, con la diferencia de que los trabajadores informales están desprotegidos con relación a la seguridad y salud en el trabajo. Por otro lado, la existencia de afectaciones a la salud evidencia que esta población informal necesita de asesoría, atención y seguimiento de seguridad y salud en el trabajo. Es por esto que se debe incentivar a la generación de políticas públicas que protejan a la población informal que venden tintos y población informal en general.

REFERENCIAS

Organización Mundial de la Salud OMS. (2021). *Trastornos musculoesqueléticos*. Febrero 8.
<https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/musculoskeletal-conditions>

Rodríguez J., Luisa Fernanda. (Jul 6, 2022). Tinteras del Parque Berrío encaminadas a la formalización: Actualidad, Comercio, Destacado 1, Últimas noticias. Centrópolis.
<https://www.centropolismedellin.com/tinteras-del-parque-berrio/>

Zuleta Valencia, Juan Felipe. (05 de octubre de 2022). Tinteras del Parque Berrío consiguieron apoyo hasta de la fundación de George Soros. El Colombiano.
<https://www.elcolombiano.com/antioquia/tinteras-del-parque-berrio-consiguen-apoyo-hasta-de-la-fundacion-de-george-soros-GG18787166>



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Condiciones de seguridad y salud en el trabajo de caficultores informales en el valle de San Nicolás

AUTORAS

Luz Mariana Casas Espinosa^{1*}, Gledys Vanesa Osorio Henao¹, Yazmin Andrea Gómez Giraldo¹

¹Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid – Sede Oriente

*Correspondencia: luz_casas77231@elpoli.edu.co

RESUMEN

La caficultura ha sido una de las fuentes de empleo más importantes en Colombia, responsable del 63% del empleo rural. Pero también es una de las mayores fuentes de empleo informal, entendido por éste el que tiene ingresos precarios, inestabilidad laboral, desprotección en seguridad social básica e imposibilidad de ejercer el derecho de la asociación sindical y negociación colectiva.

En el ámbito de los trabajadores informales en Antioquia, específicamente en el Valle de San Nicolás, se observa una transición económica con la disminución de las labores agropecuarias y el aumento de actividades turísticas en entornos urbanos y rurales (Florez, 2017). Por otro lado, los trabajadores informales, vinculados a la caficultura en esta región, enfrentan condiciones laborales desafiantes debido a la escala reducida de los cultivos y la siembra paralela de cultivos pancoger. La limitada representación de este sector contribuye al desconocimiento de información relevante. La falta de garantías para la sostenibilidad requiere un entendimiento profundo de las condiciones laborales para implementar acciones que fomenten su bienestar y estabilidad económica.

El objetivo de este trabajo fue determinar las condiciones de seguridad y salud en el trabajo de los caficultores informales en el Valle de San Nicolás, para ser desarrollado a través de la caracterización de las condiciones sociodemográficas de los caficultores informales; la identificación de las condiciones de seguridad y salud en el trabajo de los caficultores informales y la descripción de las condiciones laborales de los caficultores informales.

Este estudio se desarrolla a través de un enfoque cuantitativo de investigación, con un diseño metodológico descriptivo transversal; pues es a partir de este que se busca especificar las propiedades, características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos o cualquier fenómeno que se someta a un análisis. La población del estudio serán los caficultores informales de la región y los instrumentos de recolección de información serán: revisión teórica, elaboración de cuestionarios y registro fotográfico. Se elaborarán un cuestionario para las condiciones de seguridad

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025
Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |
NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



y salud en el trabajo, a través de 7 etapas que incluye la revisión teórica para el diseño y construcción y la validación de su pertinencia. Se realizará análisis de frecuencias y medidas de tendencia central y se solicitará consentimiento informado a todos los participantes para el uso y manejo de datos.

Los resultados obtenidos hasta ahora están relacionados con las condiciones de salud y factores de riesgo estudiadas actualmente en la literatura y que serán soporte para el cuestionario:

Enfermedades comunes en caficultores:

- Enfermedades respiratorias (asma, bronquitis, neumonía) debido a la inhalación de polvos y químicos.
- Enfermedades de la piel (dermatitis, eczema, cáncer de piel) por la exposición a pesticidas y radiación solar
- Lesiones musculoesqueléticas (dolores de espalda, hernias, lesiones musculares) debido a la carga física del trabajo.
- Enfermedades infecciosas (malaria, dengue, Chagas) por la exposición a insectos y animales portadores de enfermedades.
- Enfermedades crónicas (hipertensión, diabetes, enfermedades cardiovasculares) debido a la falta de acceso a servicios de salud y la presencia de factores de riesgo
- Problemas oculares (cataratas, glaucoma, degeneración macular) por la exposición a la radiación solar y la falta de protección ocular.

Factores de riesgo comunes:

- Características individuales
- Determinantes sociales
- Sustancias químicas
- Uso de herramienta manual.

Se debe ampliar la exploración de las condiciones de seguridad y salud en el trabajo en la población informal caficultora, con énfasis los resultados obtenidos en la exploración teórica, que sin bien es limitada, aporta para la construcción de la investigación.

REFERENCIAS

Toro-Osorio, Bibiana M., Rojas-Rodríguez, Ana E. y Díaz-Zapata, José A. Niveles de colinesterasa sérica en caficultores del Departamento de Caldas, Colombia. Revista de Salud Pública [online]. 2017, v. 19, n. 3 [Accedido 1 Marzo 2024], pp. 318-324. Disponible en: <<https://doi.org/10.15446/rsap.v19n3.52742>>.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Arenas,E.,Rivas,C.y Narvaez,D.(2020).Análisis de condiciones laborales y de salud del sector cafetero en el municipio de La Vega Cundinamarca con énfasis en riesgo biomecánico..(Trabajo de grado).Corporación Universitaria Minuto de Dios. La Vega-Colombia.

Jaimes Montaña, Isabel Cristina, Vélez Álvarez, Consuelo y Jaramillo Ángel, Claudia PatriciaDeterminantes sociales de la salud y la enfermedad visual en caficultores de Caldas, Colombia. Revista Cubana de Salud Pública. v. 46, n. 1, e1387. Disponible en: <>. ISSN 1561-3127.

Gutiérrez-Perez Ruth B., Zuluaga-Londoño Nidia M., Gallego-López Felipe A.. Factores de riesgo cardiovascular en una población cafetera del Departamento de Caldas. Rev. salud pública [Internet]. 2017 Dec [cited 2024 Mar 04] ; 19(6): 749-753. Available from: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-00642017000600749&lng=en. <https://doi.org/10.15446/rsap.v19n6.63673>.

Identificación rápida en seguridad y salud en el trabajo en el sector del café en Colombia, Colombia: OIT / Oficina de la OIT para los Países Andinos, 2020. 100 p.ISBN 9789220343418 (Print)



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Dispositivo para determinar fallos en las estructuras a través de campos magnéticos

Geraldine Robledo¹, Paola Quirós¹, José Botero¹, Juan Vélez^{1*}

¹Corporación Universitaria Uniremington

*Correspondencia: juan.velez@uniremington.edu.co

RESUMEN

Este trabajo presenta el desarrollo de un dispositivo para medir la intensidad del campo magnético con un sensor de efecto Hall, para identificar discontinuidades en estructuras de concreto. La señal del sensor se convierte en una imagen que muestra la distribución del campo magnético mediante un mapa de calor. Esto permite localizar puntos críticos de fallo de manera no destructiva, optimizando así los costos y simplificando el proceso de repotenciación o mitigación de daños estructurales (Maxwell, 1865). El dispositivo consta de un sistema que regula la intensidad del flujo magnético mediante un solenoide y un sistema de medición implementado en la plataforma Arduino Portenta, proporcionando alta precisión (Sadiku, 2015). Para evaluar su efectividad, se construyó una viga de concreto con un vacío interno y se escaneó su campo magnético para identificar perturbaciones causadas por el vacío. Los resultados preliminares muestran un mapa de calor que permite localizar la discontinuidad estructural, confirmando la viabilidad del dispositivo para la identificación de daños (Polimeno et al., 2018).

PALABRAS CLAVE:

Permeabilidad magnética, campo magnético, efecto Hall, Imágenes.

INTRODUCCIÓN

En las estructuras de concreto reforzado, es fundamental evaluar su estado para garantizar una vida útil prolongada, así como su trabajabilidad y durabilidad. Con frecuencia, estas estructuras presentan vacíos o micro fisuras internas que, de no ser adecuadamente estudiadas e intervenidas, pueden evolucionar en grietas con el tiempo. Tradicionalmente, las micro fisuras se evalúan mediante dos tipos de ensayos: destructivos y no destructivos (Aggelis, 2013). Los ensayos destructivos permiten un análisis detallado de las micro fisuras y grietas, pero causan daños en la estructura (Ivanchev & Slavchev, 2018). Por otro lado, los métodos no destructivos, como el uso de ultrasonidos, son menos invasivos y permiten estudiar la progresión de las grietas sin comprometer la integridad de la estructura (Choi, Bittner & Popovics, 2016). Sin embargo, la eficacia de estos métodos no es completa en estructuras de concreto reforzado, ya que la presencia del acero provoca interferencias que dificultan la detección precisa de las micro fisuras (Ivanchev & Slavchev, 2019).

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025

Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |

NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Además, los métodos no destructivos suelen ser más costosos y requieren más mano de obra en comparación con los destructivos. Para ofrecer una solución efectiva a este problema, se plantea la creación de un prototipo basado en el uso del campo magnético. Este dispositivo permitirá obtener una imagen interna de la estructura, identificando los vacíos y micro fisuras internas, sin las limitaciones que presentan los métodos tradicionales (Purcell & Morin, 2013).

El dispositivo consiste en un sistema de lectura de la señal de un sensor de efecto Hall, que permite medir la intensidad del vector de densidad de campo magnético B , y convertirla en una imagen tomando como ejes las componentes verticales y horizontales de una viga, y la medición del campo magnético para construir un mapa de calor, el principio físico de funcionamiento, se fundamenta en la diferencia entre la permeabilidad magnética del concreto respecto de la del y/o vacíos formados por las grietas o fisuras, permitiendo establecer puntos críticos de fallo no destructivos, lo que repercute en costos y permite el proceso de repotenciación de estructuras.

El principio del campo magnético se basa en que cualquier corriente eléctrica genera un campo magnético que puede ser medido y analizado. En este proyecto, se ha utilizado acero con alta permeabilidad magnética debido a su capacidad para concentrar y guiar los campos magnéticos de manera eficiente (Coulomb, 1785).

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

El sistema se compone de un circuito eléctrico que regula la intensidad del flujo del campo magnético mediante la variación de la corriente eléctrica que atraviesa un solenoide. El control y la medición del campo magnético se implementaron en la plataforma Arduino Portenta, equipada con un convertidor analógico-digital de 16 bits, lo que proporciona una alta sensibilidad, esencial para medir con precisión las variaciones del campo magnético.

El procedimiento para detectar micro fisuras consiste en realizar un escaneo de las coordenadas x - y en un lado de la viga, mientras el sensor se posiciona en el lado opuesto. Este escaneo es necesario para identificar variaciones en la permeabilidad magnética. Para verificar el comportamiento del sistema identificando anomalías internas, se construyó una viga con un vacío en su interior.

Para llevar a cabo el experimento, se construyó una viga de concreto con un vacío interno establecido. Este vacío fue localizado estratégicamente en el interior de la viga, de manera que se conocía su ubicación exacta. Esto permitió analizar el comportamiento del campo magnético al interactuar con una discontinuidad estructural, como un vacío o una micro-fisura. El sensor fue posicionado a lo largo de la viga para detectar cualquier perturbación en el campo magnético generado, causada por el vacío interno.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados mostrados a continuación son parciales, por lo que el dispositivo está en fase de desarrollo. La técnica consiste en realizar un escaneo X-Y sobre uno de los costados de la viga enfrentado a un campo magnético inducido por un solenoide con un núcleo de alta permeabilidad magnética, el objetivo es construir un gráfico como el de la figura 1. Los datos obtenidos se representan a través de un mapa de calor.

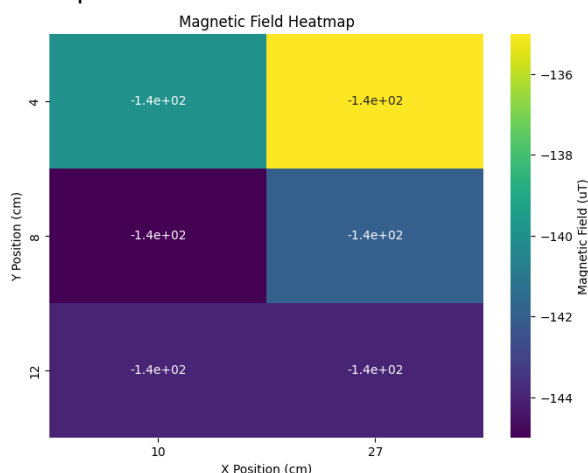


Figura 1. Mapa de calor obtenido del sondeo de una viga construida para la validación del principio de funcionamiento del dispositivo.

Esta figura surge a partir de los datos de intensidad de campo magnético en diferentes sitios de la viga, esto con el fin de identificar el lugar exacto donde se encontraba el daño artificial inducido durante la fabricación de la viga, como se puede apreciar, el cuadro amarillo indica exactamente las coordenadas donde se encuentra este daño, esto se puede interpretar a partir del valor obtenido de la intensidad del flujo del campo magnético en este sitio, ya que en la medida que aparezcan vacíos la intensidad de este debe disminuir dado que el valor de la permeabilidad magnética del campo magnético para aire es aproximadamente igual al del vacío, esto es, $\mu_0 = 1.256637 \times 10^{-6} \text{ N/A}^2$

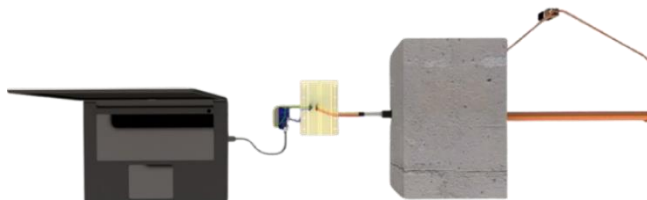


Figura 2: Montaje experimental con barra de acero enrollada en alambre de cobre para la medición de deformación en una viga, utilizando sensor Hall y Arduino



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



CONCLUSIONES

El desarrollo de un dispositivo para medir la intensidad del campo magnético utilizando un sensor de efecto Hall ha demostrado ser una herramienta efectiva para la detección no destructiva de discontinuidades en estructuras de concreto. La implementación del sistema en la plataforma Arduino Portenta y el uso de un solenoide con alta permeabilidad magnética ha permitido construir mapas de calor que muestran con precisión la distribución del campo magnético. Esto facilita la localización de vacíos o micro fisuras dentro de una estructura, permitiendo identificar puntos críticos de fallo de manera temprana. Los resultados preliminares obtenidos durante el escaneo de una viga de concreto con un vacío interno muestran que la técnica es prometedora para la identificación de daños estructurales, con el potencial de optimizar costos y mejorar la eficiencia en la evaluación y mantenimiento de infraestructuras.

REFERENCIAS

- Maxwell, J. C. (1865). A dynamical theory of the electromagnetic field. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 155, 459–512.
- Coulomb, C. A. (1785). Premier mémoire sur l'électricité et le magnétisme. *Histoire de l'Académie Royale des Sciences*, 569, 54.
- Purcell, E. M., & Morin, D. J. (2013). *Electricity and magnetism*. Cambridge University Press.
- Sadiku, M. N. O. (2015). *Elements of electromagnetics*. Oxford University Press.
- Polimeno, M. R., Roselli, I., Luprano, V. A., Mongelli, M., Tati, A., & De Canio, G. (2018). A non-destructive testing methodology for damage assessment of reinforced concrete buildings after seismic events. *Engineering Structures*, 163, 122-136.
- Ivanchev, I., & Slavchev, V. (2019). About the possible limitations in the usage of the non-destructive ultrasonic pulse velocity method for assessment of cracks in reinforced concrete structures, subjected to direct environmental exposure. *Buildings*, 9(9), 202.
- Choi, H., Bittner, J., & Popovics, J. S. (2016). Comparison of ultrasonic imaging techniques for full-scale reinforced concrete. *Transportation Research Record*, 2592(1), 126-135.
- Aggelis, D. G. (2013). Wave propagation through engineering materials; assessment and monitoring of structures through non-destructive techniques. *Materials and Structures*, 46(4), 519–532.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Ivanchev, I., & Slavchev, V. (2018). Experimental determination of homogeneity, compressive strength, and modulus of elasticity of concrete in reinforced concrete elements by non-destructive ultrasonic pulse velocity method. In *Proceedings of the 16th International Conference on New Trends in Statics and Dynamics of Buildings*, Bratislava, Slovakia, 18–19 October 2018 (pp. 179–184). Faculty of Civil Engineering STU Bratislava, Slovak Society of Mechanics SAS.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Realidades de las condiciones laborales dentro del proceso productivo de la población trabajadora informal campesina en el valle de San Nicolás

AUTORES

Leidy Johana Gómez Herrera^{1*}, Daniela Suárez Cardona¹, María Camila Echeverri Sánchez¹

¹Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid Sede Oriente

*Correspondencia: leidy_gomez11221@elpoli.edu.co

RESUMEN

El Oriente Antioqueño está compuesto por 23 municipios distribuidos en cuatro zonas: Altiplano, Bosques, Embalses y Páramo. La zona del Altiplano incluye municipios como El Carmen del Viboral, El Retiro, La Ceja, La Unión, entre otros, los que han sido reconocidos por ser la despensa agrícola de Antioquia. Sin embargo, la economía de esta región ha cambiado y sus procesos económicos se han ido enfocando más la manufactura y los servicios, lo que ha afectado la seguridad alimentaria y los avances en el ODS 12 sobre producción y consumo responsables. En este contexto, el sector agrícola está siendo liderado principalmente por campesinos informales, lo que no favorece el cumplimiento del ODS 8, relacionado con el trabajo decente y el crecimiento económico.

Esta propuesta de investigación busca examinar las condiciones de producción y laborales de estos campesinos informales en el sector floricultor en el Valle de San Nicolás durante el 2023. Para esto, se plantea una metodología descriptiva transversal para caracterizar las condiciones de producción de los floricultores informales y describir las condiciones laborales de esta población.

El estudio tiene como objetivo contribuir a la formación en el ámbito productivo y laboral de los campesinos participantes.

PALABRAS CLAVE:

Campesinos, Floricultores, Trabajo informal, Trabajo digno.

INTRODUCCIÓN

El Oriente Antioqueño, está en proceso de industrialización y urbanización, lo que ha llevado a una transformación territorial y al declive de la vida campesina. A pesar del crecimiento económico en la última década, la industria manufacturera y los servicios han desplazado a la agroindustria, perjudicando a los campesinos, quienes enfrentan precariedad laboral e informalidad.

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025
Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |
NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



El cultivo de flores se ha convertido en un renglón importante no solo para la economía de la región, sino también del país. Particularmente en Antioquia y sus municipios del oriente han visto un crecimiento en este sector, beneficiándose de su proximidad a Medellín, no obstante, a pesar de este desarrollo, la población rural que trabaja en la floricultura enfrenta condiciones de vida precarias, con bajos salarios, tercerización laboral y baja sindicalización.

El sector floricultor genera en la región un gran número de empleos, sin embargo, aún existe mucha precariedad en sus contratos y condiciones laborales, lo que incluye riesgos para la salud física y emocional. Esta industria está conformada en gran medida por familias campesinas, quienes se dedican por generaciones en el cultivo y la producción de flores que venden a otras empresas más grandes y organizadas mayormente para su exportación; estas familias en su mayoría operan en la informalidad, sin acceso a seguridad social ni protección ante riesgos laborales.

Así pues, el 85% de los campesinos en Colombia trabaja de manera informal, con salarios por debajo del mínimo legal, reflejando una tendencia que también afecta al VSN. Esta situación contradice los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), especialmente el ODS 8 (trabajo decente y crecimiento económico) y el ODS 12 (producción y consumo responsable). El estudio propone analizar las condiciones de producción y laborales de los campesinos informales del sector floricultor en el VSN, para avanzar hacia una productividad sostenible y detener la migración campesina.

El crecimiento económico es uno de los factores más importantes que facilitan la disminución de la pobreza. Se requiere una dinámica económica que refuerce la promoción del trabajo decente, la creación de entornos para el desarrollo de empresas sostenibles; que mejore las condiciones de trabajo y reduzca la elevada informalidad del mercado de trabajo colombiano.

Lo deseable es que ese crecimiento económico sea generador de empleo inclusivo y sostenible, focalizado en las regiones más necesitadas. Dos retos enfrentan entonces el crecimiento económico colombiano: por una parte, que contribuya a disminuir la informalidad y aumente el trabajo decente, y por otra, que mejore la productividad de las empresas. Si no se incrementa la productividad nacional, la participación competitiva en la economía global se verá en riesgo y resultaría desplazada por otras naciones. (ODS en Colombia, retos para 2030 p.34)

Objetivos del proyecto

Objetivo general

- Determinar las condiciones laborales dentro del proceso productivo de la población campesina informal floricultora en el valle de San Nicolás.

Objetivos específicos

- Identificar las condiciones sociodemográficas de los trabajadores campesinos informales.
- Caracterizar las condiciones de producción y consumo de los trabajadores campesinos informales.

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025

Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |

NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



- Describir las condiciones laborales de los trabajadores campesinos informales.

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

Esta investigación tiene un enfoque cuantitativo, en tanto que, desde esta perspectiva se recolectan datos y se analizan de tal manera que permitan dar respuesta a la pregunta planteada, este enfoque utiliza un esquema inductivo, el permite capturar la experiencia de los individuos (Sampieri-Hernández, Collado-Fernández, & Lucio-Baptista, 2003) y mediante un análisis estadístico establecer patrones que permitan medir, en este caso las condiciones laborales de los campesinos floricultores del VSN.

Por otra parte, esta investigación será de tipo transversal descriptivo, ya que, desde allí se busca especificar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice, teniendo presente las tendencias del grupo poblacional seleccionado; este tipo de estudio son útiles para mostrar con precisión los ángulos o dimensiones de los fenómenos, sucesos, comunidades, contexto o situación específica. (Sampieri-Hernández, Collado-Fernández, & Lucio-Baptista, 2003) La población de estudio serán los campesinos que trabajen en unidades productivas propias o no propias ubicados en la región del Oriente Antioqueño, específicamente en los nueve municipios del VSN ubicados en la zona del Altiplano.

La selección de los participantes se realizará por conveniencia de participación en el estudio. El acceso a los participantes se realizará con base en la exploración agrícola de cada uno de los municipios de la zona Altiplano y a través de la población estudiantil del Centro Regional Oriente, quienes en su mayoría conviven o tienen contactos con población campesina informal y están ubicados en la zona del Altiplano.

Para la recolección de la información para el presente proyecto investigativo, se realizará un cuestionario. En primer lugar, se realizó una revisión sobre la literatura y la información que hay disponible frente al tema; en segundo lugar, se planteó la aplicación de un cuestionario que se divide en 5 apartados: el primero indaga por las condiciones sociodemográficas de los participantes; el segundo busca conocer las condiciones de trabajo, el tercero es acerca de los factores de riesgo, el cuarto apartado indaga sobre aspectos de género y el quinto y último es un auto reporte de salud osteomuscular.

Este cuestionario es de elaboración propia, el cual tuvo como referencia la información recolectada en la búsqueda bibliográfica sobre este sector en el país y el oriente antioqueño y del cual se hizo referencia en el planteamiento del problema.

RESULTADOS PARCIALES Y DISCUSIÓN

Se han aplicado 30 cuestionarios a trabajadores informales floricultores de algunos municipios del VSN.

- El 60% de los encuestados son hombres y el 40% son mujeres,



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



- El 80% de los trabajadores que respondieron el cuestionario, indican que usan sustancias químicas.
- El 60% indicó que realizan esfuerzos físicos en el trabajo.
- El 95% de los encuestados consideró que realiza movimientos repetitivos.
- El 50% de los trabajadores indicó enfermedades ocasionadas por el trabajo.
- El 37% reportó haber tenido accidentes de trabajo.
- El 97% de las personas encuestadas manifiesta sentir estrés y tensión laboral.

Los resultados obtenidos hasta ahora, indican la necesidad de profundizar mucho más en la población informal que trabaja sin protección frente a los riesgos laborales. La población hasta ahora encuestada, reporta exposición a diferentes peligros que pueden afectar su salud física, lo que en el tiempo puede llevarles a enfermedades o accidentes incapacitantes que le conlleve a su pérdida de capacidad laboral. Es por esto que, se debe visibilizar las condiciones de seguridad y salud en el trabajo, en cuanto que para la población informal colombiana no existe un esquema normativo que la proteja frente a las consecuencias en salud derivadas de ejercer el derecho al trabajo de manera informal.

CONCLUSIONES

Los campesinos floricultores informales ubicados en el VSN están expuestos a peligros que en términos generales son comunes dentro de la producción de flores. Sin embargo, por su calidad de ser trabajadores informales y tener condiciones de trabajo que no están dentro de un esquema de seguridad y salud en el trabajo, pueden ver deteriorada su condición de salud y bienestar a mediano y largo plazo. Por otro lado, se deben explorar a mayor profundidad determinantes sociales asociados al quehacer floricultor que puede aumentar o disminuir las condiciones de salud asociadas al trabajo informal en el sector de las flores.

REFERENCIAS

Ariana, R. (2021). *PERFIL SOCIOECONÓMICO SUBREGIÓN LA DE ORIENTE*.

Cámara de Comercio de Medellín para Antioquia. (2019). Perfiles socioeconómicos de las subregiones de Antioquia. En *Informes estudios Económicos*. www.camaramedellin.com.co

Correa, D., Escobar, C., & López, W. (2022). *Concepto Economico Oriente Antioqueño*. <http://ccoa.org.co/wp-content/uploads/2022/02/Concepto-Economico-2021-1.pdf>

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (Vol. 21, Número 1). <http://journal.um-surabaya.ac.id/index.php/JKM/article/view/2203>



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Hernán Darío, P. G. (2022). *Territorialidades de la globalización: Movimiento espacial de la industria manufacturera, apuestas políticas y reconfiguraciones territoriales en el Valle de San Nicolás, Colombia* [Universidad de Antioquia]. <https://hdl.handle.net/10495/30333>

Orienteantioqueno.com. (2023a). *El Oriente Antioqueño, una región de ensueño*. <https://orienteantioqueno.com/oriente-antioqueno/>

Orienteantioqueno.com. (2023b). *Zona altiplano*.

Orozco, J. F. (2020). *Transformación Territorial En El Valle De San Nicolás – Oriente Antioqueño: Autonomía, Estado Y Ruralidad Sin Campesinos*. [Universidad de Antioquia]. <https://hdl.handle.net/10495/16394>

Portafolio. (2018). *El trabajo informal reina en el campo colombiano*. Portafolio.

Rodolfo Correa. (2021). *Campesinos con salarios miserables*. La República. <https://www.larepublica.co/analisis/rodolfo-correa-3159692/campesinos-con-salarios-miserables-3221339#:~:text=Así%2C de los cinco millones,debajo del mínimo legal establecido.>

Vásquez-Trespalcios E. M, , Martínez-Herrera E. Políticas públicas en seguridad social para la protección de los trabajadores informales en Colombia. *Revista Gerencia y Políticas de Salud* [Internet]. 2013;12(24):87-98. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=54526806006>

(Organización Internacional del Trabajo - OIT. (2002). Effect to be given to resolutions adopted by the International Labour Conference at its 90th Session (2002), (b) Resolution concerning decent work and the informal economy. Ginebra: OIT.p.5)

Elsy C Puello, José L. Ramos, Camilo Madariaga. Condiciones laborales de los trabajadores agrícolas del municipio de Montería, Colombia. *Revista Temas Agrarios* - Vol. 17:(1) Enero - Julio 2012 (20 - 31) <https://repositorio.unicordoba.edu.co/bitstream/handle/ucordoba/401/693-1291-1-PB.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Osorio Quintero, Lisardo y otros. Condiciones de trabajo y de seguridad social en asociaciones de pequeños y medianos agricultores campesinos con prácticas de economía solidaria en tres municipios del oriente antioqueño, Colombia, 2015- Rev. Fac. Nac. Salud Pública Vol. 37 N.o 2 mayo - agosto 2019. P.36-48.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Hogar a flote

AUTORES

Luisa Fernanda Gómez Giraldo^{1*}, Mateo Londoño Echeverri¹, Alejandro Franco¹

¹Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid

*Correspondencia: luisa_gomez82192@elpoli.edu.co

RESUMEN

Se realizará una aplicación web con el objetivo de mantener una comunicación entre los trabajadores que ofrezcan servicios relacionados con el mantenimiento del hogar (pintura, plomería, redes eléctricas, limpieza del hogar... entre otros) y con las personas que necesiten dichos servicios.

Se buscará la seguridad tanto en los servidores y en los usuarios que utilicen la plataforma para evitar conflictos entre los usuarios y cerciorarse de que el servicio sea dado de la mejor manera.

PALABRAS CLAVE:

Hogar, Mantenimiento, Experiencia de usuario

INTRODUCCIÓN

Los trabajadores que se dedican al mantenimiento del hogar, como pintores, plomeros, electricistas, personal de limpieza, entre otros, desempeñan un papel crucial en el bienestar de las comunidades. Sin embargo, a menudo enfrentan desafíos significativos para acceder a un flujo constante de trabajo y mejorar sus ingresos. Estos profesionales suelen depender de referencias personales o de contratistas intermedios, quienes toman una parte considerable de sus ingresos, afectando su capacidad para obtener una compensación justa y consistente.

La falta de un flujo constante de trabajo implica que estos profesionales a menudo experimentan ingresos variables e impredecibles, lo que dificulta la planificación financiera y el mantenimiento de un nivel de vida estable.

El estado del arte se compone de la investigación documental que consiste en examinar y analizar literatura para conocer el tema que se aborda en la investigación. En la Tabla1 hay recopilación de datos de diversas investigaciones similares al proyecto que vamos a realizar con diferentes resultados.

IDENTIFICACIÓN	OBJETIVO GENERAL	CATEGORÍA VARIABLES	INSTRUMENTOS RECOLECCIÓN	RESULTADOS
Jeanny Lucero Posso Quiceno, Suelen	El artículo tiene por objetivo analizar la	condiciones de trabajo	Se analiza a profundidad el	Como resultado, la empresa se constituyó de manera oficial en

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025

Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |

NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático

IDENTIFICACIÓN	OBJETIVO GENERAL	CATEGORÍA VARIABLES	INSTRUMENTOS RECOLECCIÓN	RESULTADOS
Emilia Castiblanco Moreno y Javier Armando Pineda Duque, «Plataformas digitales del trabajo de mantenimiento del hogar remunerado en Colombia: el caso de Hogarú», Revista de Estudios Sociales [En línea], 89 03, Publicado el 01 julio 2024, consultado el 01 septiembre 2024. URL: http://journals.openedition.org/revestudso/c/56897	experiencia de un grupo de trabajadores en Bogotá y Cali vinculadas a la plataforma digital Hogarú, que provee servicios, principalmente a hogares.	plataformas digitales relaciones laborales trabajo de cuidado	surgimiento y establecimiento de los diferentes emprendimientos digitales, enfocados en los emprendimientos similares a los de Uber y por último se analiza el empleo de los trabajadores y qué derechos deben tener.	2015 y, a diferencia de otras plataformas digitales, vincula de forma directa a los trabajadores; se constituye como una empresa prestadora de servicios a hogares y empresas, esto quiere decir que los hogares o empresas contratan a Hogarú para la provisión del servicio, a su vez, asigna a sus profesionales para el cumplimiento del servicio en jornadas de cuatro u ocho horas, según el requerimiento del cliente. De esta forma, el cien por ciento de los 620 trabajadores vinculados a Hogarú cuenta con un contrato formal de trabajo tipo obra labor (Blanchard 2023).
Vela Suarez, Andres Ricardo(2021); EMPRESA DE SERVICIOS DESARROLLADA PARA BRINDAR APOYO A REPARACIONES DEL HOGAR EN BOGOTÁ POR MEDIO DE UNA APP (TODEROS)	Realizar un plan de negocio enfocado a la creación de una app para brindar servicios especializados a hogares y empresas donde se genere la conectividad de usuario y técnico, desarrollada para la ciudad de Bogotá.	App Reparaciones Empresa de servicios Soluciones integrales Innovaciones empresariales Desarrollo científico y tecnológico Innovaciones tecnológicas	Para este se analiza la factibilidad de una app y el mercado en la ciudad de Bogotá en diferentes sectores	El documento solo quedó como la formulación de una posible empresa relacionada a el mantenimiento del hogar, pero el proyecto nunca se realizó.
Garay Cordero, Alexandra Alicia; Sacta Andrade, Andrea Carolina; Orellana Solís, María Gabriela (2021);Implementación de una Empresa de Servicio de Limpieza y Mantenimiento de Hogares en la Ciudad de Guayaquil	El objetivo del documento fue ingresar al mercado de la ciudad de Guayaquil y posicionarse como una empresa líder y reconocida que brinde un servicio diferenciado donde se contará con estándares de calidad, reflejando así la	limpieza mantenimiento hogares servicio investigación de mercados desarrollo económico	A traves del analisis del sector ecuatoriano sobre la limpieza del hogar y su mantenimiento, ademas de el análisis de factibilidad económico se da el producto de la idea del proyecto	El documento solo quedó como la formulación de una posible empresa relacionada a el mantenimiento del hogar, pero nunca se realizó.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático

IDENTIFICACIÓN	OBJETIVO GENERAL	CATEGORÍA VARIABLES	INSTRUMENTOS RECOLECCIÓN	RESULTADOS
	responsabilidad y compromiso de la empresa.			
Ardila, Mauricio Ruiz, Ana Carolina Forero, Miguel; (2019) Plan de negocio de una aplicación dedicada a ofrecer servicios domésticos y de soporte a los hogares.	El alcance del proyecto llegó hasta el planteamiento del plan de negocio. Se utilizó como una herramienta académica que permitió desarrollar habilidades y entender el funcionamiento para potenciales casos de creación de negocios de los integrantes del equipo.	Aplicación Servicios Plomería Electricidad Limpieza Calidad	Mediante el análisis económico del sector de servicios domésticos, el análisis de tendencias informáticas y el análisis del sector Bogotano	¿Qué pasa si el mercado se desarrolla más lento o más rápido de lo esperado? De acuerdo con el escenario intermedio del análisis financiero, se espera llegar a un punto de equilibrio a los catorce meses, suponiendo que el mercado responde de forma favorable a la iniciativa, sin embargo, existe la posibilidad de que el mercado se desarrolle más lento o más rápido de lo esperado, por lo cual se definen las acciones a tomar en cada uno de los casos: A. Más lento de lo esperado: Se recurrirá a la búsqueda de financiación por parte de amigos y familiares, con el fin de sostener financieramente el negocio, por un horizonte de tiempo de 36 meses. En el caso de que, transcurrido este tiempo, los recursos obtenidos vía amigos y familiares no sean suficientes, se buscará acceder a recursos de la banca, o de inversionistas. B. Más rápido de lo esperado: Para este caso se iniciará una estrategia de captación masiva de proveedores de servicio, que consistirá en otorgar un descuento del 4% en el porcentaje de administración del servicio aplicado durante un mes, a los Fixxer que logren vincular a 5 o más colegas. Esta campaña se suspenderá cuando se logre llegar al número de Fixxer que satisfagan la demanda del mercado. Riesgos laborales y regulatorios:



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático

IDENTIFICACIÓN	OBJETIVO GENERAL	CATEGORÍA VARIABLES	INSTRUMENTOS RECOLECCIÓN	RESULTADOS
				Las plataformas digitales de economía colaborativa, como la que plantea Fixxy, no han sido reglamentadas legalmente en Colombia, según el artículo 205 del plan nacional de desarrollo, el gobierno nacional tiene la obligación de reglamentar estas plataformas en el 2019, no obstante, aún no se conoce el proyecto de ley asociado a este tema. Lo anterior, supone un riesgo regulatorio, que implicaría la necesidad de evaluar estrictamente el impacto de la regulación que proponga el gobierno nacional en esta materia, y que Fixxy incluya en sus acciones operativas todo lo necesario para mitigar este riesgo.

Finalmente el objetivo del proyecto es desarrollar una aplicación web que conecte a usuarios con proveedores de servicios utilizando herramientas libres para promover el trabajo decente y reducir la tasa de desempleo entre las personas dedicadas a estos trabajos en el Valle de Aburrá.

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

El análisis de la información se llevó a cabo utilizando métodos cuantitativos como cualitativos para obtener una comprensión integral de los datos recopilados.

Análisis Cuantitativo: Los datos de las encuestas y cuestionarios se analizaron utilizando estadística descriptiva y análisis de regresión para identificar patrones y relaciones entre las variables.

Análisis Cualitativo: Las entrevistas y los grupos focales se analizaron mediante análisis temático, identificando temas recurrentes y patrones en las respuestas de los participantes.

Integración de Resultados: En este enfoque metodológico mixto, los resultados cuantitativos y cualitativos se integraron mediante un enfoque de triangulación convergente. Esto permitió comparar y contrastar los hallazgos de ambas metodologías, proporcionando una visión más completa y validada del impacto y la eficacia de la plataforma. Por ejemplo, los datos cuantitativos sobre satisfacción del usuario se complementaron con las experiencias y percepciones cualitativas recogidas en entrevistas.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



La recolección de datos se llevó a cabo en entornos urbanos y semiurbanos de Colombia, con un enfoque en el Valle de Aburrá. Los datos fueron recopilados principalmente en plataformas digitales, pero también se incluyeron físicos durante eventos.

Fases de Recolección de Datos:

Fase de Preparación:

- **Identificación de Participantes:** Se seleccionó una muestra representativa de usuarios y proveedores de servicios de mantenimiento del hogar, siguiendo los criterios de inclusión definidos.
- **Capacitación del Equipo de Investigación:** Los encuestadores y entrevistadores recibieron formación sobre los instrumentos de recolección y el manejo ético de la información.

Fase de Recolección Cuantitativa:

- **Encuestas en Línea:** Se distribuyó a través de correos electrónicos y redes sociales para maximizar la tasa de respuesta y evitar sesgos. Las encuestas se administraron en dos periodos: antes del lanzamiento de la plataforma y seis meses después para medir el impacto y cambios en la percepción.
- **Cuestionarios:** Fueron aplicados en formato digital y físico, durante eventos comunitarios y ferias locales, capturando datos sobre la satisfacción del usuario y la calidad del servicio recibido.

Fase de Recolección Cualitativa:

- **Entrevistas:** Se llevó a cabo en espacios reservados para garantizar la comodidad y confidencialidad de los participantes. Las entrevistas se realizaron tanto a usuarios como a proveedores para obtener perspectivas profundas sobre la experiencia con la plataforma.
- **Grupos Focales:** Se organizaron encuentros con pequeños grupos de usuarios para discutir en detalle sus experiencias y expectativas, proporcionando una visión cualitativa complementaria a los datos cuantitativos.

Esta propuesta busca transformar significativamente el sector de mantenimientos del hogar en el Valle de Aburrá. Al conectar de manera eficiente a trabajadores y clientes a través de una plataforma digital, se espera generar los siguientes impactos sociales:

- **Formalización laboral:** Se facilitará el proceso de formalización de los trabajadores del mantenimiento del hogar.
- **Empoderamiento económico:** Los trabajadores podrán acceder a una mayor cantidad de clientes y establecer tarifas justas, mejorando así sus ingresos y calidad de vida.
- **Reducción de la informalidad:** Se contribuirá a disminuir la economía informal en el sector, generando mayor transparencia y equidad.

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025

Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |
NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



- **Mejora de la calidad de los servicios:** Al contar con una plataforma que evalúa a los prestadores de servicios, se fomentará la competencia y se garantizará una mayor calidad en los servicios ofrecidos.
- **Fortalecimiento del tejido social:** Se creará una comunidad en línea donde trabajadores y clientes podrán interactuar, generando confianza y relaciones a largo plazo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El desarrollo del proyecto Hogar a Flote mejoró la calidad de vida de los trabajadores dedicados a la prestación de servicios en el hogar, ya que se lograron alcanzar los siguientes resultados:

Implementación de página web: La implementación de la página web cuenta con chat en línea durante el servicio y hasta que se de cierre al mismo, cuenta con un portafolio por prestador de servicios, registro de clientes y proveedores y reseñas por servicio.

Discusión:

Los resultados obtenidos están alineados con investigaciones previas sobre el uso de plataformas digitales en el ámbito del trabajo doméstico remunerado, como el estudio de Posso Quiceno et al. (2024), donde se analiza el caso de la plataforma Hogarú. Al igual que Hogarú, nuestra plataforma promueve la formalización de los trabajadores, lo que mejora sus condiciones laborales y su capacidad para planificar sus ingresos de manera más estable.

Comparado con otras iniciativas como Toderos, nuestra plataforma se destaca por haber sido implementada exitosamente, mientras que otras propuestas han quedado en la fase de planificación. Esto sugiere que la demanda de este tipo de servicios en Colombia es alta, pero es crucial contar con un modelo de negocio sólido y con un enfoque en la sostenibilidad laboral para lograr un impacto duradero.

La plataforma también ha demostrado ser un recurso eficaz para mejorar la calidad del servicio ofrecido, al establecer un sistema de evaluación que fomenta la competencia y garantiza que los trabajadores mantengan altos estándares de desempeño. Este aspecto es clave para generar confianza entre los usuarios y facilitar el crecimiento a largo plazo de la comunidad de usuarios y proveedores.

CONCLUSIONES

La plataforma potenció la transformación en el sector del mantenimiento del hogar en el Valle de Aburrá al facilitar el acceso de los trabajadores a una mayor cantidad de clientes, permitiendo así la mejora de sus ingresos y la formalización laboral. Además, se contribuye a la reducción de la informalidad en este sector, proporcionando transparencia y mejorando la calidad de vida de los trabajadores.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Por otro lado, la implementación de la plataforma mejoró la calidad del servicio contribuyendo con la accesibilidad de los servicios de mantenimiento, e incentivó la competencia entre los trabajadores, lo que resultará en una mayor calidad del servicio ofrecido a los usuarios.

También se tiene en cuenta la seguridad y la confianza a través de un sistema que permite evaluar a los prestadores de servicios y los usuarios, se genera un ambiente de confianza, lo que fortalece las relaciones entre las partes involucradas.

Por último, la plataforma abre las puertas a futuras expansiones y mejoras, como la integración de nuevos servicios y la expansión geográfica, con el fin de ofrecer soluciones adaptadas a diferentes mercados y necesidades.

REFERENCIAS

Alcaldía de Medellín. (2022). Informe de indicadores laborales para Medellín: Enero - Marzo 2022. Medellín: Alcaldía de Medellín. Recuperado de https://www.medellin.gov.co/es/wp-content/uploads/2022/08/Informe-de-resultados-preliminares-GEIH-2022_Trimestre_1-Distrito-2022.pdf

Alcaldía de Medellín. (2022). Informe de resultados preliminares GEIH 2022: Trimestre 1, Distrito 2022. Medellín: Alcaldía de Medellín. Recuperado de https://www.medellin.gov.co/es/wp-content/uploads/2022/08/Informe-de-resultados-preliminares-GEIH-2022_Trimestre_1-Distrito-2022.pdf

Ardila, M., Ruiz, A. C., & Forero, M. (2019). Plan de negocio de una aplicación dedicada a ofrecer servicios domésticos y de soporte a los hogares.

Corte Interamericana de Derechos Humanos. (s.f.). Convención Americana sobre Derechos Humanos. Recuperado de <https://biblioteca.corteidh.or.cr/tablas/r33516.pdf>

Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE]. (2024). Boletín de Empleo Informal y Seguridad Social: Abril - Junio 2024. Recuperado de <https://www.dane.gov.co/files/operaciones/GEIH/bol-GEIHEISS-abr-jun2024.pdf>

Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE]. (2024). Boletín técnico: Informalidad laboral en Colombia, abril - junio 2024. Bogotá: DANE.

Euromonitor International. (2023). Informe de tendencias del consumidor en Colombia. Londres: Euromonitor International.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



García, J., & López, M. (2022). Capacitación y seguridad en el trabajo: Un enfoque práctico. Madrid: Editorial Tecnos.

Garay Cordero, A. A., Sacta Andrade, A. C., & Orellana Solís, M. G. (2021). Implementación de una empresa de servicio de limpieza y mantenimiento de hogares en la ciudad de Guayaquil.

Hernández, P. (2020). La importancia de la transparencia en las plataformas digitales. Barcelona: Ediciones Deusto.

Ipsos. (2023). Estudio de experiencia del cliente en América Latina. París: Ipsos Group. Recuperado de <https://www.ipsos.com/en/forces-customer-experience-latin-america>

Ipsos. (2023). The forces shaping customer experience in Latin America. Ipsos. Recuperado de <https://www.ipsos.com/en/forces-customer-experience-latin-america>

Jeanny Lucero Posso Quiceno, S., Castiblanco Moreno, S. E., & Pineda Duque, J. A. (2024). Plataformas digitales del trabajo de cuidado doméstico remunerado en Colombia: El caso de Hogarú. Revista de Estudios Sociales, 89(03). Recuperado el 01 septiembre 2024, de <http://journals.openedition.org/revestudsoc/56897>

Labrador Ruiz de la Hermosa, E., & Villegas Portero, E. (2016). Unir gamificación y experiencia de usuario para mejorar la experiencia docente. RIED: Revista Iberoamericana de Educación a Distancia, 19(2), 125-142.

Martínez, A. (2021). Confianza y seguridad en plataformas digitales de servicios. Buenos Aires: Ediciones Siglo XXI.

Naciones Unidas. (n.d.). Trabajo decente y crecimiento económico: Objetivo de desarrollo sostenible 8. Recuperado de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/economic-growth/>

Organización Internacional del Trabajo [OIT]. (2023). Formalizar el trabajo doméstico debe ser una prioridad en la agenda por la igualdad en Colombia: OIT. Recuperado de <https://www.ilo.org/es/resource/news/formalizar-el-trabajo-domestico-debe-ser-una-prioridad-en-la-agenda-por-la>

Organización Internacional del Trabajo [OIT]. (2023). Informe sobre el trabajo informal en América Latina. Ginebra: OIT.

Reidl-Martínez, L. M. (2012). Marco conceptual en el proceso de investigación. Investigación en Educación Médica, 1(3), 146-151.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Rodríguez, L., & Pérez, C. (2023). Tecnologías emergentes en la prestación de servicios. Bogotá: Editorial Panamericana.

Sostenible, D. (1986). Objetivos de Desarrollo Sostenible. Food and Agriculture Organization: Rome, Italy.

Vela Suarez, A. R. (2021). Empresa de servicios desarrollada para brindar apoyo a reparaciones del hogar en Bogotá por medio de una app (Toderos).

Zendesk. (2023). Atención al cliente virtual: Qué es + 8 tips para servicio online. Recuperado de <https://www.zendesk.com.mx/blog/atencion-al-cliente-virtual/>

Posso Quiceno, J. L., Castiblanco Moreno, S. E., & Pineda Duque, J. A. (2024). Plataformas digitales del trabajo de cuidado doméstico remunerado en Colombia: El caso de Hogarú. *Revista de Estudios Sociales*, 89, 44-59. <https://doi.org/10.7440/res89.2024.03>



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Software para la unificación de resultados de búsqueda de los diferentes catálogos web de las MBIES de Antioquia

AUTORES

Miguel Ángel Bañol Cifuentes^{1*}, Santiago Arenas Palacio¹, Diego Alejandro Agudelo¹, Santiago Castaño Acevedo¹, Gladis Helena Vásquez Echavarría¹

¹Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid

*Correspondencia: miguel_banol82201@elpoli.edu.co

RESUMEN

El proyecto se centra en el desarrollo de un software web que integra las respuestas de catálogos bibliográficos de las bibliotecas pertenecientes a la Mesa de Bibliotecas de Instituciones de Educación Superior de Antioquia (MBIES). El objetivo principal es facilitar la búsqueda simultánea, personalizada y rápida en estos catálogos, abordando la problemática de dispersión de los recursos bibliográficos. A través de la implementación de microservicios, el software permitirá la búsqueda avanzada, historial de usuario y un panel de administrador, mejorando el desempeño y la experiencia del usuario. Este proyecto surge como una evolución de iniciativas anteriores que, aunque efectivas en sus enfoques iniciales, presentaban limitaciones tecnológicas y funcionales. Se utilizarán tecnologías open source como Python, MongoDB, el framework React - Javascript y contenerización con docker, enfocadas en la creación de una arquitectura escalable y orientada a servicios (SOA). La nueva versión del software no solo permitirá un mayor alcance en la integración de universidades, sino que también proporcionará herramientas para optimizar el proceso de búsqueda y gestionar el historial de los usuarios.

PALABRAS CLAVE:

Web crawler, Microservicios, Mesa de bibliotecas de instituciones de educación superior de Antioquia (MBIES)

INTRODUCCIÓN

La Mesa de Bibliotecas de Instituciones de Educación Superior de Antioquia (MBIES) es una red conformada por bibliotecas académicas que promueve el desarrollo y el fortalecimiento de políticas de información, programas y proyectos en beneficio de su comunidad académica y de la sociedad en general. Esta propuesta parte del trabajo de grado titulado “Desarrollo de un software basado en microservicios y web crawler para unificar los resultados de búsqueda con filtros avanzados de

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025

Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |

NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



los diferentes catálogos web de la Mesa de Bibliotecas de Instituciones de Educación Superior de Antioquia” (Agudelo Diego, 2024). El propósito de la MBIES es la ejecución de planes, programas y proyectos encaminados a la consolidación de una política pública cultural y bibliotecaria en el ámbito de las instituciones de educación superior. En cumplimiento de los fines de integración y colaboración que han caracterizado a estas unidades de información, se busca establecer estrategias de cooperación bibliotecaria (Castrillón y García, 2016).

Las bibliotecas académicas son fundamentales para la formación de profesionales universitarios, proporcionando libros, revistas y fuentes electrónicas esenciales para la calidad del aprendizaje (Lau, 2001). Las bibliotecas usan gestores basados en web donde se pueden proveer a los visitantes con un catálogo público para la consulta de ejemplares y circulación. Un ejemplo de este tipo de software es Koha (Alonso Arévalo, 2018), un sistema integrado de gestión bibliotecaria de código abierto. Koha permite a los bibliotecarios realizar la mayoría de las tareas de gestión de una biblioteca, incluyendo la catalogación, el préstamo y la adquisición de materiales, así como la consulta de catálogos en línea por parte de los usuarios.

Pese a lo anterior, los estudiantes e investigadores enfrentan una gran dificultad al buscar recursos bibliográficos debido a la dispersión de los catálogos de las bibliotecas académicas. Cada institución mantiene su propio sistema de catalogación, lo que obliga a los usuarios a realizar búsquedas individuales en cada catálogo. Esta dispersión de sistemas de catalogación resulta en procesos ineficientes y frustrantes, ya que los usuarios deben invertir tiempo y esfuerzo en buscar la misma información en múltiples plataformas. Esta situación afecta negativamente la accesibilidad y el aprovechamiento de los recursos disponibles. Por ello, la MBIES está en busca de una solución de software que permita integrar las respuestas de catálogos de las diferentes bibliotecas académicas en una única plataforma.

La MBIES ya ha tenido experiencia en el desarrollo de estas iniciativas, como por ejemplo en el 2019 Rave y Rueda, en su trabajo de grado, desarrollaron un primer algoritmo basado en web crawlers para la unificación de resultados de consultas en catálogos web de bibliotecas universitarias. Este proyecto se centró principalmente en proponer un algoritmo de crawling y un sistema multi-agente, basado en la metodología de desarrollo Prometheus y en la construcción de un prototipo funcional. A pesar de haber demostrado su efectividad en búsquedas básicas y de ser validado mediante una prueba piloto, el proyecto se quedó en una fase conceptual. Posteriormente, Pereañez y Castañeda (2019), construyeron la primera versión del software para la unificación de consultas a catálogos, sin embargo, la tecnología empleada (AJAX y JQuery, SQL, Javascript) no es la más apropiada para ambientes de sincronización y tiempos de respuesta.

Por ello, Arrieta y Silva (2023) llevaron a cabo un proyecto complementario, desarrollando una versión del software con tecnología de vanguardia (React, Node.js, MongoDB Atlas, Nest.js) en donde se desarrolló una arquitectura que soporte la persistencia y procesamiento necesario para



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



un sistema tipo crawling sin embargo no se incluyeron funcionalidades como un módulo de búsqueda avanzada, módulo de identidades e historial de usuario y el despliegue estaba limitado debido al uso de la plataforma MongoDB Atlas, ya que restringe el uso exclusivamente a esta tecnología.

Actualmente la MBIES requiere una nueva versión del software usando tecnologías que permitan mejorar el desempeño de las consultas y a su vez separar las capas de presentación y lógica del negocio, para alinearse con las arquitecturas orientadas a servicios (SOA), dando como resultado microservicios independientes del contexto, apalancado en lenguajes como Python para “apificación”, MongoDB para bases de datos no relacionales, React - Javascript para la capa de presentación ya que permite la escalabilidad, con el objetivo de facilitar el despliegue; que incluye más universidades y parametrizar el registro de ellas; adicionalmente, se requiere un módulo que persista el historial del usuario registrado, filtros avanzados para mejorar la experiencia de búsqueda.

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

Se utilizó una metodología mixta para analizar los datos acerca del problema de la dispersión de los catálogos de las bibliotecas académicas.

Análisis cualitativo: Se analizaron entrevistas y retroalimentación de usuarios, identificando patrones y temas clave sobre las necesidades del sistema. Se analizaron las siguientes variables en este estudio:

Satisfacción de usuario: Se refiere a la percepción de los usuarios finales sobre la usabilidad, eficiencia y efectividad del sistema, por medio de Entrevistas, encuestas cualitativas, grupos focales.

Experiencia de usuario (UX): Calidad de la experiencia general que los usuarios tienen al interactuar con el sistema, obtenida a través de análisis de tareas, pruebas de usabilidad, entrevistas a usuarios.

Impacto en la eficiencia educativa: Medida en la que el sistema facilita el acceso a recursos bibliográficos y mejora la eficiencia en la investigación académica, por medio de entrevistas a estudiantes e investigadores, análisis de casos de uso académico.

Análisis cuantitativo: Se revisaron métricas como tiempos de búsqueda y rendimiento del sistema para evaluar la eficiencia de las nuevas funciones.

Se analizaron las siguientes variables:

Tiempo promedio de búsqueda: Tiempo que tarda el sistema en mostrar los resultados después de que un usuario realiza una consulta, se mide en segundos y se recolectó por medio de registros en el tiempo de búsqueda a partir de múltiples consultas y calcular el promedio.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Tasa de éxito en la búsqueda: Porcentaje de búsquedas que devuelven resultados relevantes y útiles para el usuario. Esta métrica se calcula por medio de $(\text{Número de búsquedas exitosas} / \text{Número total de búsquedas}) * 100$, además estos datos se recolectaron por medio del análisis de los resultados de búsqueda y su relevancia percibida por los usuarios a través de pruebas controladas.

Velocidad de respuesta del sistema: Tiempo de respuesta general del sistema a diferentes tipos de acciones (búsqueda, carga de página, aplicación de filtros), medida en segundos (s) y que fue la medición del tiempo de carga en diferentes secciones del sistema y de diferentes acciones.

Por último, los usuarios finales a quién va dirigido el producto son estudiantes e investigadores en pre o postgrado e investigadores empíricos quienes realizan búsquedas de recursos académicos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados Alcanzados:

1. Desempeño del Software logró reducir el tiempo promedio de búsqueda de los usuarios desde diferentes catálogos web, además de que se evidencia una mejora en la precisión de los resultados debido a las métricas.
2. Integración Interinstitucional en donde se integraron de manera exitosa al menos 16 catálogos de instituciones de educación superior, quienes a través de distintas pruebas se logró que el sistema pueda comunicarse eficientemente con APIs de diferentes bibliotecas utilizando protocolos RESTful y de web crawling, logrando una alta tasa de éxito en la conexión.
3. Los resultados muestran una alta tasa de satisfacción de los usuarios, destacando la facilidad de navegación y la velocidad de respuesta como los principales puntos fuertes. Algo que se compara con respecto a la versión anterior con la que contaba la institución.
4. El software ha mejorado la accesibilidad a la información académica, reduciendo el tiempo necesario para la investigación. Esto refuerza la idea de que la centralización y accesibilidad de recursos contribuyen al aumento de la eficiencia académica y la colaboración entre instituciones.

CONCLUSIONES

La implementación de un software institucional que permita la integración y centralización de la información contenida en la Mesa de Bibliotecas de Instituciones de Educación Superior de Antioquia (MBIES) ayuda en el avance del compromiso institucional sobre el fortalecimiento del ámbito investigativo de sus estudiantes, puesto que el software permite que sus usuarios realicen búsquedas eficientes y obtengan resultados consolidados desde diferentes instituciones. Esto facilita la investigación y el acceso a información de calidad, eliminando la necesidad de investigar manualmente múltiples plataformas educativas, algo que no solo optimiza el proceso de



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



investigación, sino que reduce la carga para los estudiantes, evitando que se sientan desmotivados o abrumados por la complejidad de la búsqueda de información.

Además, la implementación de dicho software fomentaría la colaboración entre las instituciones educativas de educación superior, al compartir sus catálogos y permitir que los usuarios accedan a los recursos académicos de múltiples entidades, contribuyendo a una red de conocimiento más robusta y colaborativa. Este tipo de desarrollos impulsa el desarrollo de comunidades académicas más conectadas y dispuestas a compartir información para el avance de la educación superior.

La adopción de tecnologías modernas, como APIs RESTful y bases de datos NoSQL, ha sido clave para lograr un sistema flexible y escalable, capaz de manejar grandes volúmenes de datos provenientes de los diferentes sistemas participantes. Este enfoque permite un punto de partida para futuros proyectos, donde se puedan aplicar y mejorar estas herramientas para extender su funcionalidad y alcance del sistema, facilitando la integración con nuevas plataformas y servicios.

Por último, se resalta la importancia de estos proyectos frente al impacto que generan de manera directa en el conocimiento general de los estudiantes relacionados con el proyecto y de la comunidad académica en sí, al explorar diferentes tecnologías presentes en el mercado que podrían ser usadas en proyectos similares en un futuro, preparando el terreno para proyectos similares dentro y fuera de la institución y promoviendo un ecosistema de aprendizaje continuo, colaborativo y alineado con las demandas tecnológicas del mercado actual.

REFERENCIAS

Alonso Arévalo, J. (2018, April 17). Koha: sistema integrado de gestión de bibliotecas. Universo Abierto. Recuperado de <https://universoabierto.org/2018/04/17/koha-sistema-integrado-de-gestion-de-bibliotecas/>

Agudelo Rendon, D. (2024). Desarrollo de un software basado en microservicios y web crawler para unificar los resultados de búsqueda con filtros avanzados de los diferentes catálogos web de la Mesa de Bibliotecas de Instituciones de Educación Superior de Antioquia

Amazon Web Services. (n.d.). Microservices. AWS. <https://aws.amazon.com/es/microservices/>

Arrieta, M., & Silva, B. (2023). Sistema de integración de respuestas de catálogos de bibliotecas de las Instituciones de Educación Superior de Antioquia (Trabajo de grado). Politécnico Jaime Isaza Cadavid, Medellín.

Campos Ortuño, R. A. (2013). Exploradores, Buscadores y Metabuscadores.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Castañeda, W., & Pereañez, J. (2019). Software web para la unificación de consultas sobre los catálogos web en las bibliotecas universitarias pertenecientes al AMVA (Trabajo de grado). Politécnico Jaime Isaza Cadavid, Medellín.

Castrillón Vergara, C. E., & García, M. (2016). MBIES: Hacia la consolidación de una cultura de cooperación, gestión del conocimiento y desarrollo social en la ciudad.

Consideraciones éticas en la investigación cualitativa. (2024, julio 10). ATLAS.ti. <https://atlasti.com/es/guias/guia-investigacion-cualitativa-parte-1/consideraciones-eticas>

Constitución Política de Colombia [Const]. Art. 15. 7 de julio de 1991 (Colombia).

Kniberg, H., Skarin, M., de Mary Poppendieck, P., & Anderson, D. (2010). Kanban y Scrum—obteniendo lo mejor de ambos. Prólogo de Mary Poppendieck & David Anderson. ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA: C4Media Inc.

Lau, J. (2001). Aprendizaje y calidad educativa: papel de la biblioteca. Recuperado el 7 de agosto de 2024.

(Nelson, 2024) Nelson. (2024, junio 11). Metodologías ágiles: Qué son y cuáles son las más utilizadas. <https://www.aden.org/business-magazine/metodologias-agiles/>

Portal Media. (2024). ¿Qué es un Web Crawler y para qué sirve? Portal Media. Recuperado de <https://portalmedia.com.mx/marketing-digital/que-es-un-web-crawler-y-para-que-sirve/>

Purita, G. (2023, septiembre 19). Experiencia de Usuario: Qué es y por qué es tan importante. OBS Business School. <https://www.obsbusiness.school/blog/experiencia-de-usuario-que-es-y-por-que-es-tan-importante>

Rave, J. F., & Rueda, W. J. (2019). Sistema basado en crawling para la unificación de resultados de consultas en catálogos de bibliotecas universitarias (Trabajo de grado). Politécnico Jaime Isaza Cadavid, Medellín.

Resolución 8430 de 1993 [Ministerio de la salud]. Por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud. 04 de octubre de 1993.

ReunirRisaralda. (2023). ReunirRisaralda: ¿Quiénes somos? ¿Quiénes hacen parte de Reunir? ¿Quiénes pueden pertenecer a Reunir?. Recuperado de <https://reunir.com.co/documentos.php>

Sobre Lib.Steps. Lib.steps – real time searching. (2024). Recuperado de <https://libsteps.info/>

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025
Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |
NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



SOBRE LOS CATÁLOGOS WEB EN LAS BIBLIOTECAS UNIVERSITARIAS PERTENECIENTES AL AMVA.
(Trabajo de grado). Politécnico Jaime Isaza Cadavid, Medellín

Suárez, K. T. G., Anaya, R., & Cano, A. F. (2017). Un acercamiento a los microservicios. Unaciencia Revista de Estudios e Investigaciones, 10(19), 116-126.

Trycore. (2024). Diferencia entre Arquitectura Orientada a Servicios y Microservicios. Trycore. <https://trycore.co/buenas-practicas-ti/diferencia-arquitectura-orientada-servicios-microservicios/#:~:text=La%20principal%20diferencia%20entre%20SOA%20y%20los%20microservicios,monolito%20o%20puede%20estar%20compuesta%20de%20m%C3%BAltiples%20microservicios.>



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Eco Trashapp

“Revolucionando la Gestión de Residuos para una Construcción Sostenible y una Resiliencia Activa frente al Cambio Climático”.

AUTOR

Jhonatan Orlando Morales Hernández

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid

Correspondencia: jhonatan_morales95152@elpoli.edu.co

RESUMEN

El Proyecto **Eco TrashApp** es un sistema con que se va a transformar la manera como gestionamos los Residuos de Construcción y Demolición (RCD), por medio del desarrollo de una Revolucionaria Aplicación Móvil enfocada a impulsar las buenas prácticas sostenibles y de economía circular en los diferentes sectores de la construcción. Hoy hay una gran demanda de soluciones innovadoras que fomenten el reciclaje, la recuperación y minimización de los RCD, esto debido al grave impacto ambiental causado por el acelerado crecimiento del sector constructivo. La creación de Eco TrashApp fusiona los principios de espiritualidad, sostenibilidad, economía circular y tecnologías ecológicas, con el objetivo de optimizar la manera en que manejamos nuestros desechos de manera eficiente. En esta etapa preliminar, estamos desarrollando una aplicación operativa que facilita la categorización y monitoreo de Residuos de Construcción y Demolición (RCD). Nuestro propósito es llevar a cabo pruebas piloto en las etapas siguientes. Estas pruebas ofrecerán la oportunidad de medir cómo se desempeña la aplicación en situaciones del mundo real, garantizando así su eficacia y capacidad para crecer. La iniciativa se propone no solo minimizar la huella ecológica, sino también inspirar una transformación cultural en la industria. Su objetivo es fomentar la adopción de prácticas más sostenibles que estén en consonancia con la lucha contra el cambio climático. Integrar los principios de la arquitectura bioclimática, aprovechar la energía renovable y gestionar eficientemente los recursos hídricos durante todo el ciclo de vida de los materiales garantiza que el proyecto deje una huella positiva en la sostenibilidad del ámbito constructivo. Las próximas etapas incluirán pruebas en escenarios reales para certificar cómo empresas y gobiernos utilizan **Eco TrashApp**, ampliando su influencia tanto a nivel local como global.

PALABRAS CLAVE:

Gestión de Residuos, Construcción Sostenible, Economía Circular, Innovación Tecnológica, Reciclaje

INTRODUCCIÓN

La gestión deficiente de los residuos de construcción y demolición (RCD) se erige como un desafío ambiental alarmante en el sector de la construcción, convirtiéndose en un foco notorio de

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025

Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |

NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



contaminación y un despilfarro de recursos valiosos. Este reto se intensifica en escenarios de rápida urbanización y crecimiento económico, donde la producción de desechos frecuentemente sobrepasa las capacidades convencionales de manejo y control. En Colombia, al igual que en numerosos rincones del planeta, la gestión de los residuos de construcción y demolición (RCD) se encuentra ante el menester de implementar enfoques más sostenibles. Esto requiere fomentar la reutilización de materiales, disminuir la generación de desechos y mitigar la huella de carbono generada por las actividades del sector de la construcción.

El panorama actual en la gestión de residuos de construcción y demolición (RCD) revela una variedad de enfoques innovadores destinados a enfrentar esta problemática. Desde la implementación de sistemas de clasificación y reciclaje hasta la adopción de estrategias de economía circular, estas iniciativas marcan un camino hacia un futuro más sostenible. No obstante, muchas de estas soluciones padecen de la integración de herramientas tecnológicas que simplifiquen su aplicación en la rutina diaria de los proyectos de construcción. Los estudios recientes revelan que, a pesar de contar con regulaciones ambientales como la Ley 1672 de 2013 en Colombia y las ambiciosas metas de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la ONU, la implementación de prácticas sostenibles en el sector de la construcción avanza de manera lenta y tímida.

El proyecto Eco TrashApp tiene como objetivo transformar esta situación a través del desarrollo de una aplicación revolucionaria que mejora la gestión de los residuos de construcción y demolición (RCD). Esta innovadora herramienta empodera a los usuarios para que clasifiquen, reciclen y reutilicen materiales de construcción de forma efectiva, cultivando así una cultura de sostenibilidad dentro de la industria. Eco TrashApp aspira a ser mucho más que un simple cumplimiento de normativas ambientales; su objetivo es convertirse en un faro de innovación al incorporar los principios de la economía circular en cada fase del proceso constructivo.

La meta fundamental de este proyecto es minimizar la huella ecológica del sector de la construcción, fomentando métodos más respetuosos con el medio ambiente y una gestión holística de los desechos. Eco TrashApp se propone ser el compañero indispensable para empresas constructoras, arquitectos y gestores de residuos, al ofrecerles acceso a información valiosa y herramientas prácticas. Con esta iniciativa, buscamos impulsar un cambio profundo en la gestión de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD), tanto en Colombia como a nivel global.

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

El proyecto adopta una metodología híbrida, fusionando la investigación aplicada con experimentos en el terreno. El corazón del proyecto radica en la creación de **Eco TrashApp**, una innovadora plataforma digital diseñada para transformar la manera en que las empresas de construcción manejan los residuos de construcción y demolición. Esta herramienta inteligente no solo optimiza la gestión de estos materiales, sino que también promueve la reducción del desperdicio y potencia la reutilización de recursos, allanando el camino hacia un futuro más sostenible en la industria.

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025
Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |
NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Las herramientas empleadas abarcan plataformas para el desarrollo de aplicaciones móviles, bibliotecas de datos sobre la categorización de desechos y enfoques analíticos centrados en el ciclo de vida de los productos. Los aspectos a investigar abarcan la cantidad de residuos de construcción y demolición producidos, el porcentaje de materiales susceptibles de ser reciclados y la disminución de la huella de carbono resultante del uso de la aplicación.

El enfoque del proyecto está dirigido a un selecto grupo de actores clave: empresas del sector de la construcción, entidades gubernamentales locales y organismos encargados de la regulación ambiental. Las próximas etapas del proyecto contemplan la puesta en marcha de pruebas piloto en entornos reales, donde se medirá la efectividad de la aplicación en la disminución de residuos y se analizará su recepción en el sector. A lo largo de un periodo de cuatro meses, se creará un prototipo operativo con un significativo progreso físico. Las pruebas piloto se llevarán a cabo una vez concluida la fase académica, evaluándose en escenarios del mundo real.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En esta etapa inicial, estamos dando vida a un prototipo operativo de la plataforma Eco TrashApp, incorporando innovadores módulos para la clasificación de desechos, consejos prácticos sobre reciclaje y un seguimiento detallado del ciclo de vida de los materiales. Los hallazgos iniciales sugieren que la aplicación podría desempeñar un papel crucial en la disminución de desechos en proyectos de construcción, ofreciendo así la promesa de un impacto ambiental más benévolo a lo largo del tiempo.

La aplicación ha sido concebida bajo los principios de la economía circular y sostenibilidad, con valores espirituales, ambientales y socioculturales, otorgando a las empresas la oportunidad de perfeccionar sus métodos de manejo de desechos. Esto no solo se traduce en ventajas económicas, sino que también contribuye al bienestar del medio ambiente. Mediante la fusión de innovadoras herramientas digitales, Eco TrashApp empodera a los usuarios para tomar decisiones acertadas, potenciando así la eficiencia operativa en el ámbito de la construcción.

Aunque en esta etapa aún no se han llevado a cabo pruebas piloto reales del funcionamiento de la App, el modelo digital ha evidenciado una notable capacidad de expansión y relevancia en diversos entornos de construcción. Las próximas evaluaciones en el mundo real jugarán un papel fundamental en la validación de la aplicación para proyectos de construcción. Estas pruebas no solo permitirán cuantificar su impacto en la disminución de residuos, sino que también abrirán el camino para considerar su adopción a gran escala.

A diferencia de otros estudios sobre la gestión de desechos, como los llevados a cabo por Kaza y su equipo, Desde su lanzamiento en 2018 y respaldado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente en 2021, Eco TrashApp se posiciona como una innovadora herramienta que brinda

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025

Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |

NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226



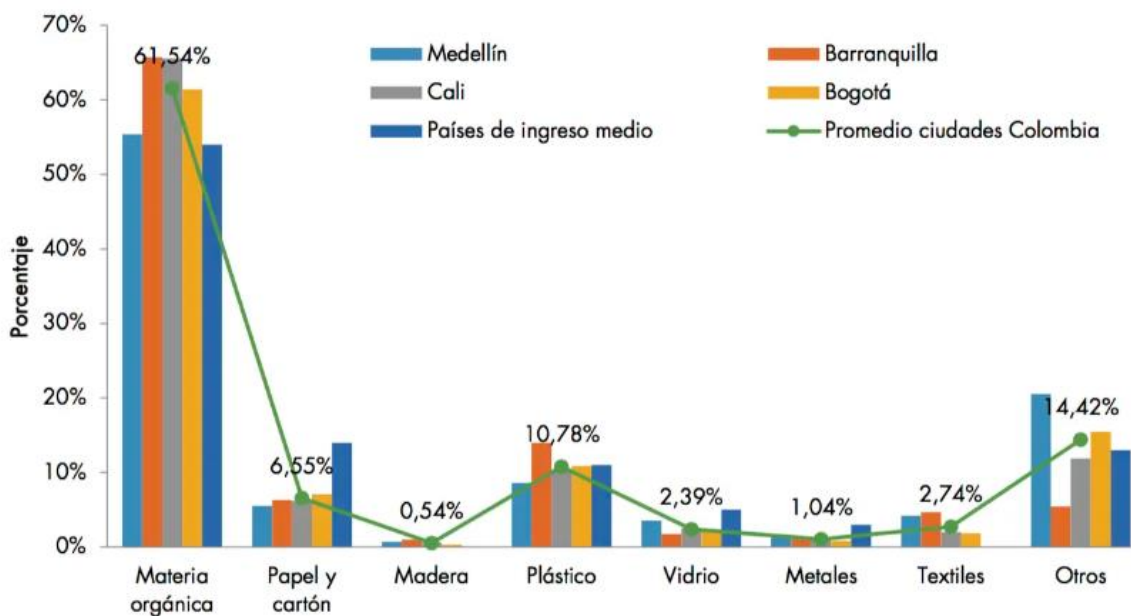


III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático

una solución completa y flexible, diseñada para responder de manera efectiva a las exigencias del sector. A diferencia de otras soluciones que se centran solo en ciertos elementos del reciclaje, Eco TrashApp ofrece un enfoque integral al abordar el desafío de la gestión de desechos. Esta innovadora plataforma combina la clasificación, el reciclaje y el monitoreo de materiales, todo en un solo lugar. Esto la establece como una pieza fundamental en la batalla contra el cambio climático y en la promoción de prácticas sostenibles dentro del sector de la construcción.

Gráfica 1. Caracterización de Residuos Sólidos en algunas Ciudades de Colombia



Fuente: BID, 2015



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

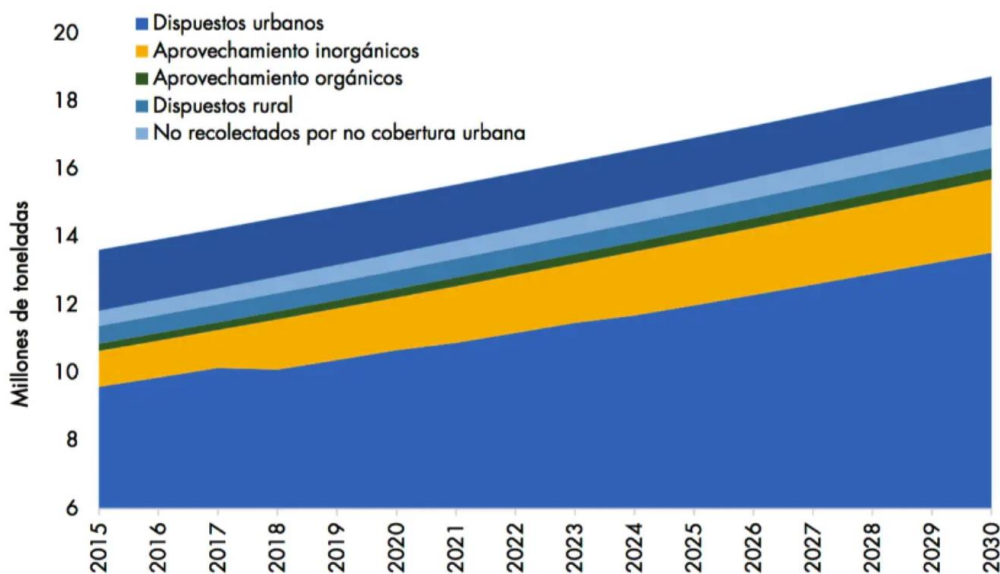
Estrategias para la adaptación al cambio climático

Tabla 1. Generación anual de residuos de construcción y demolición en ciudades de Colombia, 2011

Ciudad	Toneladas	Metros cúbicos
Bogotá	18.314.429	12.287.619
Medellín	1.778.522	1.185.681
Santiago de Cali	1.208.723	908.814
Manizales	459.000	306.000
Cartagena	285.000	190.000
Pereira	90.172,5	60.115
Ibagué	89.000	59.333
Pasto	24.000	16.000
Barranquilla	18.000	12.000
Neiva	2.900	1.933
San Andrés	292	195

Fuente: Universidad Nacional y Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2013). Diagnóstico Integral del Modelo Actual de la Gestión de Residuos en Colombia.

Gráfico 2. Proyecciones de generación de residuos, 2015-2030



Fuente: Cálculos DNP a partir de Estudio Nacional de Infraestructura. Sector Residuos. (DNP y BM, 2015).

CONCLUSIONES

- ✓ Eco TrashApp es una solución vanguardista que podría transformar la manera en que gestionamos los residuos de construcción y demolición (RCD). Aprovechando las ventajas de la

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025

Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |

NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226



SC5206-1



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



tecnología digital, esta aplicación promueve un enfoque más sostenible y consciente para el manejo de estos materiales, abriendo la puerta a un futuro más eco amigable. Este proyecto no solo presenta una alternativa eficaz para reducir la huella ecológica de la industria de la construcción, sino que también aspira a inspirar una transformación cultural que promueva la adopción de prácticas más responsables y sostenibles.

- ✓ Con su innovadora plataforma, Eco TrashApp transforma la forma en que gestionamos los Residuos de Construcción y Demolición (RCD). Al brindar a los usuarios las herramientas y conocimientos esenciales, se abre un mundo de oportunidades para clasificar, reciclar y reutilizar, convirtiendo así el manejo de desechos en una experiencia eficiente y sostenible. La ejecución de pruebas prácticas en etapas avanzadas será fundamental para comprobar la efectividad de la aplicación en situaciones reales de construcción. Estos ensayos no solo facilitarán la calibración y optimización de la herramienta, sino que también actuarán como un banco de pruebas que evidenciará su utilidad y efectividad en distintos contextos laborales.
- ✓ Con cada paso que dé el proyecto, Eco TrashApp está destinado a dejar una huella positiva, transformando la industria de la construcción al disminuir su impacto de carbono y cultivar una economía circular floreciente. Al fomentar la reutilización de materiales y reducir la generación de desechos, esta aplicación se convierte en un aliado clave para promover un modelo de construcción más sostenible y adaptable, en perfecto sintonía con los objetivos globales de desarrollo sostenible. Gracias a su visión holística, Eco TrashApp tiene el potencial de convertirse en un modelo a seguir en la gestión sostenible de residuos de construcción y demolición. Al hacerlo, podrá motivar a otros participantes de la industria a implementar prácticas innovadoras y responsables.

REFERENCIAS

Alcaldía de Medellín. (2020). *Manual de construcción sostenible para la gestión de residuos*. Alcaldía de Medellín.

Congreso de la República de Colombia. (2013). *Ley 1672 de 2013, por la cual se establecen los lineamientos para la gestión de residuos de construcción y demolición (RCD)*.

Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P., & Van Woerden, F. (2018). *What a waste 2.0: A global snapshot of solid waste management to 2050*. World Bank.

Rodríguez, M., & Pérez, F. (2022). Estrategias de economía circular en la gestión de residuos de construcción y demolición. *Revista de Construcción Sostenible*, 12(1), 34-47.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



United Nations Environment Programme. (2021). *Global status report for buildings and construction: Towards a zero-emission, efficient and resilient buildings and construction sector*.

Maat. (2023). *Generación de residuos en Colombia*: CONPES 3874. <https://www.maat.com.co/generacion-de-residuos-en-colombia-conpes-3874/>



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Semillero de higiene industrial - HINDU

El semillero de Higiene Industrial hace parte del área de Seguridad y Salud en el Trabajo, está dirigido a estudiantes de pregrado y posgrado de la Facultad de Ingenierías y de otras facultades que deseen pertenecer, también a egresados y empresarios.

Se encarga de profundizar en temas relacionados con la higiene industrial: riesgos físicos. Iluminación, ruido, temperaturas, radiaciones, vibraciones; riesgos químicos y biológicos

El semillero tiene los siguientes frentes de trabajo:

- Investigación formativa
- Actividades académicas: club de revistas, participación en eventos académicos
- Visitas a empresas

Adicionalmente, se formulan y desarrollan proyectos de investigación en conjunto con grupos pares para someter a consideración de financiación a entidades de carácter nacional e internacional. Igualmente, se busca mejorar y mantener los requerimientos de existencia de calidad exigidos y establecidos en el “Modelo de Medición de Grupos de Investigación, Desarrollo Tecnológico o de Innovación y de Reconocimiento de Investigadores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación” del Organismo para la gestión de la administración pública, rector del sector y del Sistema Nacional Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI) Minciencias”, mediante la publicación nacional e internacional de trabajos de alto impacto y la participación en eventos científicos de carácter nacional e internacional. También se pretende ampliar la cooperación nacional e internacional a través de actividades de movilidad (estancias y/o visitas de expertos) patrocinadas por la institución y por entidades nacionales o internacionales. La participación en redes académicas de conocimiento para la generación y ejecución de actividades de investigación en conjunto con grupos pares y empresas nacionales e internacionales es también una actividad primordial de los Semilleros de Investigación del Grupo GHYGAM.

La realización de cursos de capacitación se constituye en otro eslabón en el Plan de los Planes Operativos de los Semilleros de Investigación, en los cuales se imparten conocimientos relacionados con temas de seguridad y salud en el trabajo.

OBJETIVO GENERAL:

Formar líderes investigadores que contribuyan a la sociedad, especialmente a la población laboral colombiana, generando nuevas alternativas y estrategias que permitan prevenir enfermedades laborales a través de controles de ingeniería en los entornos laborales.

LOGROS IMPORTANTES:

- Participación en evento académico Departamental: RedColsi – Nodo Antioquia, años 2020 a 2024: Estudiantes: Yesica Tamayo, Carolina Cardona, Hanner Martínez, María Fernanda Bolívar,

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025
Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |
NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Didier Serpa, María Camila Osorno, María Camila Chavarría, Ydalí Monsalve, Lina María Londoño, Catalina Hincapié, Juana Herrera

- Participación en II Congreso Internacional de Ciencias e Ingeniería, Universidad Mariana de Pasto, Febrero 24 y 25 de 2023. Estudiante María Fernanda Bolívar Restrepo
- Participación en evento IV Encuentro Nacional e Internacional de Tecnología Química, IV ENITEQ, Universidad Tecnológica de Pereira, 26 al 28 de abril del 2023
- Participación en evento académico Nacional: RedColsi – Cartagena, Barranquilla, años 2023 y 2024
- Participación en evento académico Internacional: RedColsi – México, año 2024
- Participación en 8° encuentro internacional de semilleros de investigación, Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta, 24 al 26 de Octubre de 2024
- Participación en evento académico PREXIA, Universidad Nacional de Colombia, años 2023 y 2024. Estudiantes: Lina María Londoño Ochoa, Catalina Hincapié, Juana Herrera



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



PONENCIAS DOCTORADO

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025
Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |
NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Desarrollo de un filtro catalítico para ser utilizado en motocicletas de 4 tiempos, con el fin de disminuir las concentraciones de óxidos de nitrógeno (NO_x) en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá

AUTORES

Edison Darío Zapata Zapata

Laboratorio de Bioquímica y Nutrición Animal en el Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid.
edisonzapata@elpoli.edu.co

RESUMEN

El incremento del uso de motocicletas en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, ha generado que la contaminación Ambiental aumente de manera considerable, esto conduce a ser un problema crítico debido a todos los contaminantes que se están produciendo, en especial, los óxidos de nitrógeno (NO_x). Este proyecto propone el desarrollo de un filtro catalítico para reducir estas emisiones contaminantes. El filtro catalítico utilizará un mineral que optimice la reacción química necesaria para transformar o retener los óxidos de Nitrógeno producidos, se llevarán a cabo pruebas para evaluar la eficiencia del filtro bajo diversas condiciones operativas, asegurando su rendimiento en situaciones reales, además, se buscará integrar este sistema en motocicletas de 4 tiempos de forma que no afecte su rendimiento y eficiencia. La implementación del filtro catalítico, contribuirá a la mejora de la calidad del aire en el Valle de Aburrá y representará un paso significativo a mejorar la sostenibilidad y la salud pública, esperando que esta innovación ayude a mitigar los efectos negativos de las emisiones vehiculares de la región.

PALABRAS CLAVE:

Filtros Catalíticos para Motocicletas, Disminución de Óxidos de Nitrógeno (NO_x) en Motocicletas
Contaminantes emitidos por Motocicletas

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025
Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |
NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



INTRODUCCIÓN

El Área Metropolitana del Valle de Aburrá se localiza en el departamento de Antioquía, Colombia y es una de las regiones más importantes y dinámicas del país. Esta zona geográfica está conformada por un valle intermonante rodeado por montañas, lo que le otorga características físicas particulares, como un clima templado y una biodiversidad notable.

La Extensión del Valle de Aburrá es de aproximadamente 3300 Km² y una población aproximada de 4.320.000 habitantes en 2024 ² lo que lo convierte en uno de los conglomerados más densamente poblados de Colombia. La población ha crecido significativamente en las últimas décadas, impulsadas por la migración y el desarrollo industrial.

El Área Metropolitana está compuesta por diez municipios: Medellín, Bello, Itagüí, Envigado, Sabaneta, La Estrella, Caldas, Copacabana, Girardota y Barbosa, cada uno de estos municipios aporta a la diversidad cultural y económica de la región. Medellín se destaca como un centro cultural y económico clave, con un sistema de transporte innovador que incluye el metro y sus metrocables, Sin embargo, la rápida urbanización también ha traído desafíos significativos, como la contaminación del aire y problemas de movilidad. Las iniciativas para mejorar la calidad del aire y promover un desarrollo sostenible son esenciales para garantizar un futuro saludable para los habitantes del Valle de Aburrá

Según el Plan Operacional para Enfrentar Episodios de Contaminación Atmosférica (POECA) en el Valle de Aburrá, 2024. “La configuración del Valle ubicado en un entorno montañoso constituye una condición geográfica adversa para la circulación horizontal de las masas de aire, lo que sumado a unas condiciones de ventilación escasa (meteorología adversa), favorece la acumulación de contaminantes y dificulta su remoción. Los contaminantes que son emitidos en la superficie, principalmente por fuentes móviles y fijas, son retenidos por la presencia de capas de nubes de baja altura, impidiendo así su dispersión en la vertical.”

Uno de los factores que influyen en el deterioro de la calidad del aire de esta región, es el aporte de emisiones provenientes del parque automotor, al respecto el documento Plan Integral del Gestión de la Calidad del Aire para el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, PIGECA (2017-2030) (AMVA, 2017) se hace un análisis completo de cómo se encuentra la calidad del aire en el área metropolitana y se puede observar claramente como las motocicletas de 4 tiempos ocupan el quinto lugar con un 8% de consumo de combustible como fuente de energía, de igual manera se hace un estudio donde se evidencia que el 53% de los vehículos que se mueven en el Área Metropolitana son motocicletas de 4 tiempos (4T).

² Áreas Metropolitanas de Colombia (2024) “Población del Valle de Aburrá”, Artículo informativo sobre las características demográficas y población actualizada.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



En la siguiente tabla podemos ver las toneladas por año diferentes contaminantes que está emitiendo el parque automotor en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá.

Tabla 1 Emisiones del transporte en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá

SECTOR	Emisiones (Ton/año)					
	PM ^{2.5}	BC	NO _x	SO _x	VOC	CO ₂
Autos	122	32	3,655	199	2,535	1,330,251
Taxis	33	9	835	43	129	367,436
Buses	146	88	3,330	23	1,083	457,124
Camiones	579	353	4,773	21	3,102	548,273
Metroplús	0	2	2	0	0	5,469
Tractocamiones	22	22	337	1	55	40,942
Volquetas	391	0	925	3	226	84,807
Motos 2T	17	17	2	1	772	5,218
Motos 4T	197	302	433	51	3,608	267,635
Total	1,508	826	14,293	342	11,510	3,107,155

Fuente Área Metropolitana-UPB (2017)

Como podemos ver las toneladas de NO_x emitidas a la atmósfera son 433, siendo este contaminante el tercero que emiten las motocicletas de 4T, Valor el cual se pretende disminuir con el desarrollo del filtro catalítico.

Pregunta de investigación a trabajar: ¿Una nueva combinación de materiales minerales en un filtro catalizador con un diseño estructural apropiado puede llegar a reducir la emisión de NO_x en motocicletas de 4T?

Siendo el núcleo del problema los efectos negativos de las emisiones de motocicletas, el deterioro de la salud, las congestiones viales, la alta accidentalidad, las malas condiciones de movilidad, las afectaciones económicas por mayores tiempos de viaje. Todo esto ocasionado por las condiciones topográficas y geográficas de la región valle y por la magnitud de las emisiones de las motocicletas como un conjunto.

El Objetivo General del proyecto será: Desarrollar un filtro catalítico para motocicletas de 4T con base en un nuevo compuesto de material mineral que permita la disminución en las emisiones de NO_x.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Como Objetivos Específicos tendremos:

- ✓ Determinar los minerales disponibles más eficientes en la adsorción o transformación de los óxidos de Nitrógeno, mediante ensayos químicos para la selección del material y cantidades requeridas en el diseño del filtro catalítico.
- ✓ Diseñar el filtro catalítico con él o los materiales seleccionados y sus cantidades requeridas, evaluando aerodinámicamente las mejores estructuras para que los gases tengan la mayor cantidad de superficie de contacto en un dispositivo adaptable a motos de 4T

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

La metodología que se propone será la siguiente:

1. Revisión de literatura para determinar los minerales o elementos más eficientes para la adsorción o transformación de los óxidos de Nitrógeno.
2. Evaluación del mineral elegido y ensayo de posibles combinaciones de material para el filtro catalítico
3. Determinación por Espectrometría de Masas la eficiencia en la adsorción o transformación de los óxidos de nitrógeno.
4. Selección del mejor mineral a utilizar para el filtro catalítico
5. Determinar la mejor forma de ubicar el mineral en el filtro catalítico, bien sea en un monolito, en una esponja o en una estructura tipo panal de abejas, con el fin que los gases tengan una homogénea distribución, que permita una eficiente adsorción o transformación de los NO_x
6. Determinación nuevamente por espectrometría de masas de las cantidades de NO_x adsorbidos o transformados, después de la ubicación en el material adecuado, también se podrán realizar pruebas de Infrarrojo y de Espectroscopía de fotoemisión de Rayos X XPS
7. Elaboración de la carcasa que permita una adecuada fijación en el exosto de las motocicletas de 4T
8. Medición en un banco de pruebas de las concentraciones de NO_x emitidas por una motocicleta antes de poner el filtro y con el filtro instalado.
9. Evaluación de Resultados

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con el desarrollo del filtro catalítico se espera que disminuya la concentración de NO_x en la atmósfera, provenientes de la combustión de gasolina en las motocicletas de 4T, al disminuir estos valores, se podrá estar pensando en una solución que se le pueda acondicionar a las motos 4T y así propender bajar las 433 toneladas anuales que se están generando en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá.

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025

Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |

NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Se pretende que el Filtro catalítico tenga minerales de bajo costo, con el fin de poder en una segunda etapa. Masificar el uso de dicho filtro

CONCLUSIONES

La implementación de filtros catalíticos en motocicletas de 4T representa una solución efectiva para reducir las emisiones de (NO_x), un contaminante significativo que contribuye a la mala calidad del aire en el Valle de Aburrá. Dada la alta densidad poblacional y el uso creciente de motocicletas en la región.

Los resultados obtenidos durante el desarrollo y las pruebas de los filtros catalíticos indican que hubo una disminución significativa en los NO_x que se están emitiendo, esto demuestra que mediante la optimización del diseño de materiales es posible crear dispositivos que no solo cumplan con las normativas ambientales, sino que también se adapten a las condiciones específicas del uso urbano.

REFERENCIAS

AMVA. (2018a). Acuerdo Metropolitano N° 04- Protocolo del Plan Operacional para Enfrentar Episodios de Contingencias Atmosféricas en la Jurisdicción del Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Medellín. Recuperado el 21 de diciembre de 2019, de <https://www.metropol.gov.co/ambiental/calidad-del-aire/Documents/POECA/Acuerdo-Metropolitano-04-de-2018-POECA.pdf>.

AMVA. (2019f). Resolución metropolitana N° 000334 de 2019 de febrero 20 de 2019 por el cual se dictan normas para la gobernanza del Plan Integral de Gestión de la calidad el aire del Valle de Aburrá 2017-2030. Medellín. Obtenido de <https://www.metropol.gov.co/ambiental/calidad-del-aire/Documents/Normatividad/Resolucion-Metropolitana-334-2019-Gobernanza-PIGECA.pdf>

Yepes P, Dora Luz, Medidas de Mejoramiento de la calidad del aire determinantes para la prevención de episodios críticos en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, Medellín, 2021

CORTES-REYES, Marina; HERRERA, Concepción; LARRUBIA, M. Ángeles and ALEMANY, Luis J.. Eliminación de carbonilla en gases de escape con catalizadores De NO_x. Determinación de parámetros cinéticos. *Rev. ion* [online]. 2019, vol.32, n.2, pp.41-51. Epub Nov 29, 2019. ISSN 0120-100X. <https://doi.org/10.18273/revion.v32n2-2019004>.

Pisarello, M. L., Milt, V. G., Peralta, M. A., Querini, C. A., & Miró, E. E.. (2003). Catalytic abatement of pollutants from diesel exhausts. *Latin American applied research*, 33(3), 345-352. Recuperado en 20 de septiembre de 2024, de https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0327-07932003000300023&lng=es&tlang=en.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Pradenas, L., Oportus, B., Parada, V. **Mitigation of greenhouse gas emissions in vehicle routing problems with backhauling** (2013) *Expert Systems with Applications*, 40 (8), pp. 2985-2991.

Tsutomu Uchiyama, Michio Kojima, Kenichi Akasofu, Masanobu Kawamura, Masanori Hirose, Shigeo Sembokuya, Effects of sulfur in gasoline on NOx emission from vehicles equipped with lean NOx catalysts, *JSAE Review*, Volume 23, Issue 4, 2002, Pages 423-427

Lingfeng Jia, Jixing Liu, Huifang Cheng, Zhen Zhao, Jian Liu, Review of Core-shell structure zeolite-based catalysts for NOx emission control, *Journal of Environmental Sciences*, Volume 150, 2025, Pages 451-465

Carlos G. Díaz-Maroto, Francisco Verdugo, Jose Feroso, Patricia Pizarro, David P. Serrano, Inés Moreno, Javier Feroso, Hydrochars derived from real organic wastes as carbonaceous precursors of activated carbons for the removal of NO from contaminated gas streams, *Science of The Total Environment*, Volume 945, 2024



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Modelo ágil de gestión curricular para programas académicos de educación superior

AUTORES

Aixa Eileen Villamizar Jaimes, Tecnológico de Antioquia. Aixa.villamizar@tdea.edu.co
Adriana Xiomara Reyes Gamboa, Politécnico Jaime Isaza Cadavid. axreyes@elpoli.edu.co
Darío Enrique Soto Durán, Tecnológico de Antioquia. dsoto@tdea.edu.co

RESUMEN

La gestión curricular es un proceso que se realiza de manera concurrente y sin pausas, requiere de la intervención de diferentes actores en donde el trabajo en equipo es clave para obtener los resultados esperados en cada semestre académico. Actualmente, la gestión curricular es un proceso rígido que no incorpora las necesidades del entorno de forma oportuna en las instituciones, por lo tanto, se hace necesario diseñar un modelo que permita llevar una trazabilidad de cada uno de los requerimientos de las fases del proceso y se incorporen elementos de los principios ágiles como estrategia de gestión que permita realizar ajustes oportunos al proceso formativo y facilitar la toma de decisiones acordes a los cambios del entorno educativo.

PALABRAS CLAVE:

Gestión Curricular, modelo, Metodologías ágiles.

INTRODUCCIÓN

La gestión curricular, es un proceso que involucra a diversos estamentos de la comunidad educativa, y es definido como un proceso cíclico y cambiante, el trabajo en equipo es la clave para el desarrollo de un currículo de calidad. Es un proceso que implica establecer unos requerimientos mínimos que permitan organizar cada una de las etapas a tener en cuenta para llevar a cabo lo que se pretende conseguir, como lo es, la organización del tiempo, definición de actividades, establecer los entregables, fechas de entrega y su relación con los actores involucrados en cada una de las etapas definidas en dicho proceso.

Por lo anterior, se puede inferir la necesidad de implementar procesos de mejora que permita la reestructuración de la gestión curricular, acorde con la evolución de los criterios de calidad y a los requerimientos que supone la sociedad globalizada, incorporando un modelo o marco de trabajo que sea adaptativo a los constantes cambios, que involucre estrategias de transformación digital y que permitan abordar el proceso de una manera colaborativa para obtener los mejores resultados.

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025
Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |
NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Los cambios constantes de la sociedad globalizada hacen que las instituciones educativas piensen en establecer procesos de gestión curricular acorde con los nuevos retos y por tanto reestructurar sus procesos en torno a las nuevas exigencias. (Morales Martínez, et al, 2017) resaltan los elementos más significativos de la gestión curricular y la relevancia que tiene para las instituciones generar procesos y prácticas de gestión curricular que estén articuladas con los ejes misionales y cada uno de los actores que hacen parte de la institución de acuerdo con las tendencias investigativas, tecnológicas e integradoras en las perspectivas de la gestión curricular.

Bajo un entorno empresarial, las organizaciones hoy en día, están interesadas en implementar como modelo organizativo principios ágiles aplicados a los diferentes procesos internos, asumiendo como estrategia de transformación digital la implantación de marcos de trabajos ágiles como Scrum, el cual plantea una forma de organizarse, trabajar y presentar los resultados que pone en primer término al equipo que hace el trabajo, y le otorga herramientas y libertad para encontrar un sistema autoorganizado que promueva la superación individual y del grupo, la mejora continua y el trabajo de calidad (Monte, 2016).

Las instituciones de educación superior no son ajenas a la influencia de la revolución digital y a los cambios tecnológicos que se están presentando en los últimos años lo que determinan cambios importantes en las organizaciones, incluidas las instituciones educativas (Casillas Alvarado & Ramírez Martinell, 2019) esto implica una transformación organizacional que renueve la manera en cómo se gestionan los procesos curriculares, reorganizando los métodos de trabajo mediante la implementación de nuevas estrategias orientadas a la mejora continua y acorde con el entorno empresarial y la innovación.

Por lo anterior, en esta investigación se plantea la siguiente pregunta: ¿Cómo incorporar de manera efectiva metodologías ágiles en la gestión curricular de programas académicos de educación superior que permita generar un modelo de trabajo que sea adaptable al cambio y propicie un entorno colaborativo entre los diferentes actores del proceso?, para dar respuesta a este interrogante se definió como objetivo general del proyecto Desarrollar un modelo para la gestión curricular de programas académicos de educación superior mediante la adopción de metodologías ágiles que permita obtener un marco de trabajo que sea adaptativo al cambio y que propicie un entorno colaborativo entre los diferentes actores del proceso.

Se describen a continuación los aportes de algunos autores, los cuales pueden ser referentes para el alcance final esperado de esta investigación:

(Giraldo-Plaza, J. E., & Ovalle-Carranza, D. A. (2020) presentan un modelado de la gestión curricular en instituciones de educación superior fundamentado en los procesos de negocio sensibles al contexto, en el cual diseñan reglas de razonamiento automático que permiten tener en cuenta el



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



contexto para la toma de decisiones en los procesos de la gestión curricular. Para ello tiene en cuenta las actividades de negocio y los servicios de la gestión curricular así los diferentes actores que intervienen en el proceso.

(Martínez Prieto, Silvestre Vilches, Fernández Escudero, & Bregón Bregón, 2021) muestran la incorporación de un entorno ágil en el aula mediante la adaptación de la metodología UVagile, en donde comparan la organización de un proceso de enseñanza aprendizaje con un proyecto de desarrollo de software organizado con un marco de trabajo ágil como Scrum, se realiza la planificación de las actividades mediante sprint de aprendizaje, y asocian los objetivos de aprendizaje con conjuntos de criterios de aceptación que a su vez son utilizados para la evaluación del aprendizaje. Este trabajo busca establecer entornos de aprendizaje que permitan la colaboración entre los actores del aula como son los profesores y los estudiantes.

(Ballesteros Quintero, 2021) hace un análisis de la implementación y el desarrollo de proyectos con Scrum con estudiantes de un programa académico en la facultad de negocios en la asignatura Formulación y Evaluación de proyectos, allí desarrollan sus proyectos en el aula implementando la metodología ágil seleccionada realizando su planeación de actividades en sprints, en el ejercicio se evidenció que se pudo facilitar la generación de nuevas dinámicas de colaboración, nuevas formas de trabajar en equipo y de compartir las tareas.

(Luna-García, Álvarez-Rodríguez, & Mendoza-González, 2015) proponen un modelo para administrar, coordinar y evaluar el proceso para el diseño de programas educativos. Esta alternativa complementa las metodologías tradicionales de diseño curricular mediante la integración de aspectos formales del modelado de procesos (Modelo de Boehm) propios de la Ingeniería de Software y del Modelo CMMI (Capability Maturity Model Integration). El modelo genera varios formatos como guía para su implementación, ambos fueron evaluados mediante un método de validación de estudios conceptuales.

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

El enfoque de la investigación para este proyecto será un enfoque cuantitativo de alcance descriptivo de acuerdo con la naturaleza de los datos recolectados y las técnicas utilizadas tanto para la recolección como el análisis de estos. Se utilizará como técnica de recolección de información la revisión sistemática de la literatura, encuestas, análisis descriptivo mediante la realización de una caracterización de información y de igual manera se hará uso del análisis de contenido para la comprensión de los datos recolectados. La población objeto de estudio para esta investigación será las instituciones de educación superior en Colombia que ofrezca programas técnicos, tecnólogos, profesionales o de posgrado, en los cuales se requiera la realización de la gestión curricular para su funcionamiento.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático

La metodología del proyecto comprende cuatro fases que determinan la consecución de los objetivos planteados.

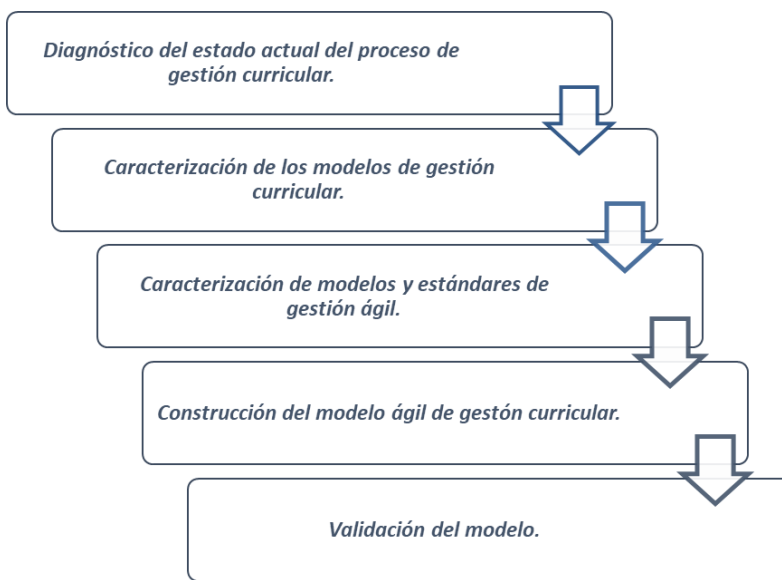


Figura 1. Fases del proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

Fase 0: Diagnóstico. Se realizará la evaluación del estado actual del proceso de gestión curricular en el contexto universitario, para esto se aplicará un instrumento a los actores que inciden en la gestión curricular en programas académicos de educación superior.

Fase 1: Caracterización de los modelos de gestión curricular: En esta fase se pretende realizar una revisión de literatura en gestión curricular aplicada en instituciones de educación superior que permita identificación de los estándares y técnicas aplicados a modelos de gestión curricular.

Fase 2: Caracterización de modelos y estándares de gestión ágil: Esta fase implica caracterizar los diferentes modelos y estándares ágiles aplicados en el contexto organizacional mediante la adopción de nuevas estrategias y marcos de trabajo que permita renovar los procesos organizacionales, implantando nuevas tecnologías y herramientas necesarias para el mejoramiento del desempeño interno y la consecución de los objetivos planteados adaptados a los cambios que el entorno impone.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Fase 3: Construcción del modelo ágil de gestión curricular: A partir de las fases anteriores se pretende diseñar un modelo curricular basado en prácticas ágiles que incorpore las mejores prácticas encontradas en las fases anteriores.

Fase 4: Validación del modelo: En esta fase se propone realizar un juicio de expertos para validar la aceptación y pertinencia del modelo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se espera diseñar un modelo de gestión curricular que instancie los principios o metodologías ágiles, de manera que pueda utilizarse como mecanismo de transformación bajo un panorama digital, propiciando un entorno colaborativo entre los diferentes actores del proceso, que permita a los equipos trabajar más eficientemente, y pensar en la agilidad como la adopción de la tecnología y la adaptación a los cambios que el entorno impone, con el fin de alcanzar los objetivos planteados a corto y largo plazo, mejorando criterios como el tiempo, la calidad y la satisfacción del cliente.

Para el logro de los resultados esperados, se deberá incorporar los hallazgos encontrados en las primeras fases de la metodología planteada, utilizando estrategias como revisión de literatura, caracterización del proceso y los demás elementos necesarios para el desarrollo del modelo final y su respectiva teorización.

Finalmente se espera poder realizar una validación del modelo mediante un caso de estudio, en el que se aplique a un contexto universitario para la realización de la gestión curricular de un programa académico de educación superior, con el fin de determinar el aporte en la mejora del proceso.

CONCLUSIONES

Es inherente la necesidad de transformar el proceso de la gestión curricular, con el fin de implementar acciones que permitan flexibilizar el proceso, normalizarse y que sea adaptable a los constantes cambios de los lineamientos generales que rigen a las instituciones de educación superior.

Con la implementación de los principios ágiles en un proceso administrativo, permite planificar y priorizar mejor las actividades a desarrollar, propicia el trabajo en equipo en un entorno colaborativo, genera productos de valor en menos tiempo y permite ver el progreso e identificar oportunidades de mejora.

Un modelo ágil propicia diferentes enfoques de gestión como la mejora continua, la adaptación al cambio, optimización constante de procesos, además se enfocan en entregar valor, lo que permitirá aumentar la satisfacción de lo esperado en el proceso y una mayor colaboración y comunicación entre los actores.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



REFERENCIAS

Casillas Alvarado, M. Á., & Ramírez Martinell, A. (2019). Cultura digital y cambio institucional de las universidades. *Revista de la educación superior*, 48(191), 97-111.

Ballesteros Quintero, L. (2021). IMPLEMENTACIÓN Y PRÁCTICA DE SCRUM EN LA ASIGNATURA DE FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS EN EL DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS DE LA UNIVERSIDAD EL BOSQUE. *Panorama*, 127-140. doi:
<https://doi.org/10.15765/pnrm.v15i29.2538>

Giraldo-Plaza, J. E., & Ovalle-Carranza, D. A. (2020). Modelado de la gestión curricular basada en procesos de negocio sensibles al contexto. *Revista CEA*, 6(12), 129–146.
<https://doi.org/10.22430/24223182.1526>.

Martínez Prieto, M. A., Silvestre Vilches, J., Fernández Escudero, M., & Bregón Bregón, A. (2021). Activando el aula ágil (UVagil). Universidad de Valladolid Repositorio Documental.

Monte, G. J. (2016). *Implantar scrum con éxito*. Editorial UOC. Obtenido de ProQuest Ebook Central, <http://ebookcentral.proquest.com/lib/tdeasp/detail.action?docID=4795177>

Morales Martínez, M, Preciado Duarte, N, Nader Salazar, V y Hernández, C. (2017). La gestión curricular, proceso integrador del entorno y contexto de la institución educativa universitaria. Una revisión documental. Bogotá: Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud. Disponible en: <http://repositorio.fucsalud.edu.co/handle/001/789>

Luna-García, H., Álvarez-Rodríguez, F. J., & Mendoza-González, R. (2015). Modelo de gestión para diseño curricular basado en prácticas. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 61-78.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Modelo para la gestión de la educación inclusiva e intercultural en el contexto de la educación superior en Colombia

AUTORES

Fredy Alonso Vidal-Alegría, Institución Universitaria Colegio Mayor del Cauca.
decing@unimayor.edu.co

Adriana Xiomara Reyes Gamboa, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid – Institución
Universitaria. axreyes@elpoli.edu.co

RESUMEN

En la intención plena de favorecer los procesos universitarios inclusivos, incluyentes y participativos, nace la iniciativa de esta propuesta de investigación y desarrollo, consistente en la creación de un modelo para la gestión de la educación inclusiva e intercultural en el contexto de la educación superior en Colombia; propuesta que se soportará en un paradigma cuantitativo sustentado, a partir de un enfoque de investigación descriptivo. Este modelo al ser implementado con técnicas de inteligencia artificial permitirá identificar las necesidades reales de este contexto universitario en torno a la educación inclusiva de los estudiantes, caracterizando las variables que se pueden encontrar en espera del cumplimiento de la normatividad vigente y el establecimiento de una cultura de educación inclusiva al interior de las instituciones que atienda las necesidades individuales de sus estudiantes a partir de las características diversas que se encuentren en este objeto de estudio, fomentando su desarrollo universitario y graduación.

PALABRAS CLAVE:

Inclusión, Interculturalidad, Educación Superior, Inteligencia Artificial.

INTRODUCCIÓN

El eje central de este proyecto, que se pretende consolidar como modelo es la educación inclusiva e intercultural; la cual se constituye como la premisa orientadora que sustenta las acciones que desde el modelo se proyecten, se desarrollen y se implementan para promover estrategias de educación inclusiva e intercultural al interior de las instituciones de educación superior en Colombia.

La necesidad o problema que moviliza esta propuesta de investigación, es dar respuesta a la educación inclusiva e intercultural, bajo criterios de calidad en la educación superior con la gestión

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025
Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |
NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



de indicadores de acceso, permanencia y graduación; pero sobre todo busca responder a la educación inclusiva bajo una perspectiva de derechos y de armonía, lo que para Toca, Acevedo y Sánchez (2020) fue definido como “goce efectivo del derecho a la educación”. (p. 31).

Para hablar de Educación Inclusiva e intercultural, como una sola categoría interventiva, se hace imprescindible desagregar el concepto de las subcategorías Educación, Inclusión e Interculturalidad; así las cosas, partiendo del concepto mismo de educación como un derecho, y para el caso específico de Educación Superior, acuñando al artículo 1 de la Ley 30 de 1992, se considera como: “Un proceso permanente que posibilita el desarrollo de las potencialidades del ser humano de una manera integral, que se realiza con posterioridad a la educación media o secundaria y que tiene por objeto el pleno desarrollo de los alumnos y su formación académica o profesional”; ahora bien, con relación a la inclusión y en un intento de comprender el trasfondo, podemos decir que la inclusión es un enfoque de la educación que se centra en la diversidad de cada estudiante no solamente en torno a sus ritmos y formas de aprendizaje, sino también en torno a sus condiciones socioeconómicas, socio familiares y socioculturales.

La siguiente definición sobre Educación Inclusiva, resulta estratégica para esta propuesta de investigación: “Es un proceso continuo, que abarca tanto aquellos que son excluidos del acceso a la educación, como a quienes se encuentran desarrollando su vida académica, pero que no logran explotar todo su potencial debido a las barreras implícitas y explícitas de los sistemas educativos. A partir del desarrollo de este enfoque basado en la posibilidad de brindar garantías para el goce efectivo al derecho de la educación de quienes se encuentran en situación de mayor vulnerabilidad y marginalidad, identificando entonces aquellos que aún son excluidos.” (Toca, Acevedo y Sánchez, 2020, p. 31).

De igual manera, la mezcla de culturas, la interacción entre ellas y los vínculos de todo tipo que se establecen entre diferentes culturas dan el marco a lo que se denomina interculturalidad. La interculturalidad es un concepto que se refiere a la interacción dinámica y enriquecedora entre diferentes culturas, donde se promueve el respeto, la comprensión y la valoración de la diversidad cultural. (Campos, 2020). Este enfoque busca fomentar el diálogo intercultural, la colaboración y el intercambio de conocimientos, experiencias y tradiciones entre personas de distintos orígenes culturales. La interculturalidad también implica el reconocimiento de las desigualdades y la lucha contra la discriminación.

En coherencia con lo anterior, al realizar una búsqueda de estado del arte y de antecedentes, con base en estas tres categorías de análisis “Educación, Inclusión e Interculturalidad”, se puede encontrar un registro de más de mil seiscientos documentos, en un período de 2018 a 2024, entre los cuales se destacan publicaciones académicas, revistas, materiales de conferencia, noticias y críticas. Al realizar una revisión al azar de los resúmenes de cincuenta artículos, se encuentran



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



diferentes acepciones, pero convergentes, en tanto se centran en el desarrollo integral del ser humano que transita por la educación.

Por lo anterior, se hace relevante tener una mirada holística de la educación inclusiva de modo que, ya no solo se centre en las denominadas necesidades educativas especiales; sino también en un marco de cobertura hacia las diferentes necesidades individuales que caracterizan a cada estudiante.

La importancia de este proyecto a nivel de investigación y Desarrollo cuyo objetivo general es crear un modelo automatizado para la gestión de la educación inclusiva e intercultural en el contexto de la educación superior en Colombia; se sustenta desde la educación vista como un derecho universal y como uno de los ejes fundamentales para el desarrollo sostenible; mirada que invita a investigar y tomar acciones necesarias frente a los hallazgos, que obstaculicen la promoción y el desarrollo de los estudiantes universitarios, de allí que Trasdemi y Gazo (citados en M'Rabet y Quirosa García, 2022) aseveran que: Las universidades tienen un papel fundamental en la promoción y desarrollo de un entorno que promueva un marco estructurado y una didáctica para su implementación, sin embargo, se requiere de una mayor investigación sobre cómo las universidades están diseñando sus planes estratégicos para implementar la sostenibilidad en las diferentes áreas de su actividad. (p.21).

Para finalizar y como eje articulador de los ejes centrales descritos anteriormente, se resalta que el presente proyecto pretende consolidarse en una innovación tecnológica, toda vez que, se implementará con técnicas de inteligencia artificial como machine learning para el descubrimiento de patrones de inclusión en las instituciones de educación superior.

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

Esta apuesta resultará importante para las instituciones de educación superior en Colombia en tanto, tendrá como actor principal y en el centro de todo el proceso al estudiante universitario, del cual interesa asegurar no solo el ingreso a la educación superior sino también el acompañamiento para que sus procesos individuales y contextuales existentes, tengan la mejor adaptación y así se logre una adhesión favorable y armónica a los procesos de aprendizaje, garantizando el tránsito por la academia y su exitosa graduación.

Para el desarrollo de este proyecto de investigación, se utilizarán las herramientas propias de un enfoque cuantitativo, con un alcance o método descriptivo, habida cuenta que se busca especificar propiedades, características y rasgos importantes de un fenómeno que se intenta analizar (Hernández et al., 2010).

El diseño metodológico contará con cuatro (4) etapas dentro del proceso, las cuales se describen a continuación:

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025
Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |
NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Etapa 1

Caracterización de las variables sociodemográficas, socioeconómicas y familiares, así como estrategias de aprendizaje y criterios que involucren la educación inclusiva e intercultural en Colombia.

Etapa 2

Diseño del modelo para la gestión de la educación inclusiva e intercultural, que integre las variables caracterizadas y que promueva de manera automatizada la participación, la equidad y el desarrollo integral de los estudiantes universitarios.

Etapa 3

Desarrollo del modelo fundamentado en técnicas de inteligencia artificial como machine learning para el descubrimiento de patrones de inclusión y la gestión de indicadores requeridos para el establecimiento de la educación inclusiva e intercultural en las instituciones de educación superior de Colombia.

Etapa 4

Validación del modelo automatizado a través de un estudio de caso en una institución de educación superior de Colombia. Se colocará a prueba en articulación con los programas de bienestar institucional de la institución universitaria seleccionada que hará parte del estudio de caso para su evaluación y exploración de su impacto.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Amparados en la educación como un derecho fundamental y bajo los diferentes lineamientos de educación, se pretende que este proyecto aporte al desarrollo integral de los estudiantes, reconociendo la importancia de crear y movilizar estrategias, que favorezcan tanto los procesos de enseñanza aprendizaje, como las condiciones de tipo extrínseco que pueden llegar a incidir en su proceso educativo.

La automatización del modelo con técnicas de inteligencia artificial, permitirá generar alertas de intervención inmediata, y a mediano plazo, que inciden en la inclusión, en la permanencia y en la graduación; así como en el cumplimiento de la política de calidad educativa inclusiva.

Se pretende que esta propuesta, que se gesta desde el enfoque de investigación cuantitativa, permite igualmente no solo reconocer las necesidades del contexto educativo, sino también vincular a la población en la intervención de dichas necesidades materializando el modelo de educación inclusiva e intercultural en las instituciones de educación superior de Colombia.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



CONCLUSIONES

La presente propuesta de investigación y desarrollo orienta la pertinencia de un modelo propio de educación inclusiva como apuesta de las Instituciones de Educación Superior en Colombia, coherente con las exigencias actuales a nivel normativo, con las realidades institucionales y con la educación de calidad, que vincula a estudiantes universitarios como actores principales del y para el cambio frente a procesos excluyentes y frente a las posibles barreras que impiden su desarrollo universitario y graduación.

Esta apuesta resulta importante para las Instituciones de Educación en Colombia, toda vez que, prevé integrar los criterios de calidad establecidos en los modelos de acreditación en alta calidad institucional y de programas formulados por el Consejo Nacional de Educación Superior – CESU de Colombia.

Un modelo automatizado con técnicas de inteligencia artificial como machine learning para la gestión de la educación inclusiva e intercultural en el contexto de la educación superior, se convierte en un elemento clave al interior de las instituciones universitarias de Colombia para el establecimiento de una cultura de educación inclusiva, atendiendo las necesidades individuales de sus estudiantes y fomentando su desarrollo universitario y graduación.

REFERENCIAS

- Campos, C.A. (2020). Interculturalidad y universidad. *Journal of the Selva Andina Research Society*, 11, 57-59.
- Centro de Escritura Javeriano. (2020). Normas APA, séptima edición. Cali, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana.
- Ley 30/1992, 28 de diciembre, Por la cual se organiza el servicio público de la Educación Superior. *Diario Oficial No. 40.700, de 29 de diciembre de 1992*.
- M'Rabet Temsamani, R. (Coord.) & Quirosa García, V. (Coord.). (2022). ODS y educación inclusiva en la educación superior: experiencias y propuestas transdisciplinarias de innovación docente: (1 ed.). Dykinson. <https://elibro-net.acceso.unicauca.edu.co/es/lc/unicauca/titulos/227586>
- Hernández, R. et al. (2010). *Metodología de la investigación*. Quinta Edición. McGraw Hill
- Toca Camargo, A. (2020). Educación inclusiva: propuesta para instituciones de educación superior con modelo virtual. Corporación Universitaria Minuto de Dios. <https://elibro-net>.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Desarrollo de una red dinámica de biosensores de bajo costo para determinar confort térmico en instalaciones avícolas en tiempo real

AUTOR

Andrés Mauricio Díaz Lopera. Estudiante de doctorado en Ingeniería e Innovación Tecnológica.
andres_diaz106242@elpoli.edu.co.

RESUMEN

La avicultura se ha convertido en uno de los sectores de mayor crecimiento dentro de la industria pecuaria a nivel mundial, y Colombia no es la excepción. Es evidente que, para mantenerse a la vanguardia de las principales agroindustrias globales, la transferencia de tecnología y la innovación son indispensables. Alcanzar el nivel tecnológico de países tropicales como Colombia implica no solo adoptar dichas tecnologías, sino también adaptarlas a nuestras condiciones específicas. No obstante, estas transferencias suelen ser costosas, especialmente debido a los sistemas avanzados de control y sensoramiento empleados, lo que hace necesaria la investigación aplicada para maximizar la eficiencia. En la agroindustria avícola de países tropicales, uno de los desafíos principales es implementar, a un bajo costo y de forma eficiente, sistemas que permitan monitorear el confort térmico en galpones con ventilación natural y mapear el calor metabólico de las aves. Este trabajo busca desarrollar y validar un prototipo experimental y escalable de bajo costo, capaz de monitorear en tiempo real la producción de pollos de engorde mediante visión artificial 4.0, con el fin de ponerlo al servicio de la agroindustria avícola en Colombia.

PALABRAS CLAVE:

Innovación, Control y sensoramiento, Confort térmico, Calor metabólico, Monitoreo en tiempo real.

INTRODUCCIÓN

La avicultura es un sector de gran crecimiento en la industria pecuaria mundial y en Colombia, desempeñando un papel crucial en la economía y la seguridad alimentaria. Sin embargo, los pequeños y medianos productores enfrentan desafíos para implementar tecnologías avanzadas debido a los altos costos y la necesidad de adaptarlas a las condiciones locales de países tropicales.

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025
Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |
NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Uno de los principales retos es el monitoreo eficiente y de bajo costo de variables ambientales y productivas en sistemas de pollos de engorde con ventilación natural. Medir en tiempo real el confort térmico y el calor metabólico es esencial para optimizar las condiciones de producción y mejorar la toma de decisiones en tiempo real, pero los sistemas actuales son costosos y poco accesibles.

El proyecto propone desarrollar soluciones tecnológicas económicamente viables y adaptadas a las condiciones locales mediante la aplicación de tecnologías emergentes como el Internet de las Cosas (IoT), el aprendizaje automático (Machine Learning) y la visión artificial. Estas tecnologías permitirán el monitoreo continuo y en tiempo real de variables clave, mejorando significativamente la gestión y eficiencia de los sistemas de producción.

Se busca diseñar un sistema de bajo costo IoT para el monitoreo y predicción del confort térmico y la productividad en granjas de pollos de engorde. Los objetivos específicos incluyen desarrollar una red de biosensores para la recolección de datos en tiempo real, validar un modelo predictivo usando inteligencia artificial y crear una aplicación móvil que facilite el acceso a información crítica para los productores.

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

El presente proyecto se enmarca dentro de una **investigación aplicada de tipo experimental** con un enfoque cuantitativo. Se busca desarrollar y validar un prototipo tecnológico que integre biosensores de bajo costo y técnicas de inteligencia artificial para resolver un problema práctico en el sector avícola colombiano.

Se implementará un **diseño experimental longitudinal** en una granja de pollos de engorde. El estudio se desarrollará en varias fases:

1. **Desarrollo del Prototipo:** Diseño y construcción de la red dinámica de biosensores.
2. **Implementación y Recolección de Datos:** Instalación del sistema en el ambiente real y monitoreo continuo.
3. **Desarrollo del Modelo Predictivo:** Análisis de datos y creación de algoritmos de machine learning.
4. **Validación y Evaluación:** Pruebas del prototipo y valoración de su desempeño.

Este proyecto es una investigación aplicada de tipo experimental con enfoque cuantitativo, orientada al desarrollo y validación de un prototipo de red dinámica de biosensores de bajo costo para instalaciones de pollos de engorde. La investigación se llevará a cabo en una granja experimental que refleja las condiciones típicas de producción en Colombia. El objetivo es monitorear en tiempo real variables ambientales y biológicas clave, como temperatura del aire, humedad relativa, concentración de gases (amoníaco y dióxido de carbono), velocidad y dirección



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



del aire, iluminación, peso vivo de las aves y calor metabólico, utilizando tecnologías de visión artificial y aprendizaje automático.

Para ello, se emplearán instrumentos como sensores de temperatura y humedad (por ejemplo, DHT22), sensores de gases (como MQ-135), anemómetros para medir la velocidad del aire, fotocélulas para medir la iluminación y cámaras de visión artificial de bajo costo para estimar el peso y crecimiento de las aves. Estos dispositivos estarán integrados a través de plataformas de hardware basadas en microcontroladores (Arduino) y microprocesadores (Raspberry Pi), lo que permitirá la adquisición y transmisión de datos en tiempo real. Además, se desarrollará una aplicación móvil que facilitará la visualización de la información y la toma de decisiones en tiempo real por parte de los productores.

El procedimiento incluye el diseño y construcción del prototipo, seguido de su instalación en el entorno real de la granja. Se realizará una calibración de los sensores y una configuración de la red inalámbrica para garantizar una cobertura completa del galpón. Los datos recopilados de las variables analizadas serán almacenados en una base de datos y procesados mediante algoritmos de aprendizaje automático, como redes neuronales y árboles de decisión, para desarrollar modelos predictivos que relacionen las variables ambientales y biológicas con los índices de confort térmico y calor metabólico de las aves.

Finalmente, se llevará a cabo una valoración cualitativa sobre el nivel de aceptación y aplicabilidad de la herramienta desarrollada entre pequeños y medianos productores. Se analizarán las variables estudiadas y se evaluará el impacto del sistema en la optimización de los procesos productivos en el sector avícola colombiano, utilizando análisis estadísticos para validar la eficacia del prototipo y su potencial para la escalabilidad en la industria.

La metodología propuesta combina herramientas tecnológicas de vanguardia con prácticas de investigación tradicionales para desarrollar una solución innovadora y adaptable. Al enfocarse en la creación de un prototipo de bajo costo y fácil implementación, el proyecto busca brindar beneficios tangibles al sector avícola, promoviendo la adopción de tecnologías de la Industria 4.0 en la agroindustria.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se espera diseñar y construir un prototipo funcional de red dinámica de biosensores de bajo costo, que integre eficientemente sensores de temperatura, humedad, concentración de gases, velocidad y dirección del aire, iluminación y cámaras de visión artificial. Se predice que la calibración de los sensores muestra una alta precisión, con un margen de error inferior al 5% en comparación con equipos de medición estándar. La aplicación móvil desarrollada permitirá la visualización en tiempo real de los datos recolectados, facilitando la toma de decisiones en tiempo real por parte de los productores.

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025
Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |
NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Se anticipa que los algoritmos de aprendizaje automático implementados, como redes neuronales y árboles de decisión, logren un coeficiente de determinación (R^2) superior a 0.90 en la predicción de índices de confort térmico y calor metabólico. Esto indicaría una alta capacidad predictiva del modelo y su utilidad práctica para el monitoreo y control en tiempo real.

CONCLUSIONES

Los resultados esperados indicarán que es posible desarrollar y validar un prototipo efectivo y de bajo costo para el monitoreo en tiempo real de variables críticas en instalaciones de pollos de engorde. La integración de tecnologías de visión artificial y aprendizaje automático tiene el potencial de mejorar significativamente la gestión y eficiencia en el sector avícola colombiano.

La alta precisión anticipada en las mediciones y predicciones, junto con la aceptación esperada por parte de los productores, sugiere que el sistema podría ser una herramienta valiosa para pequeños y medianos productores, contribuyendo al avance tecnológico y competitivo de la industria avícola en el país.

La integración de tecnologías de visión artificial y aprendizaje automático permitirá estimar con alta precisión los índices de confort térmico y el calor metabólico de las aves, facilitando la toma de decisiones en tiempo real por parte de los productores.

Este proyecto no solo aporta una herramienta tecnológica adaptada a las condiciones específicas de la agroindustria avícola colombiana, sino que también promueve la adopción de prácticas más eficientes y sostenibles en el sector. Al ofrecer una solución accesible y escalable, se beneficia a pequeños y medianos productores, contribuyendo a reducir la brecha tecnológica y a mejorar la competitividad del sector avícola en el país.

REFERENCIAS

Mollah, M. B. R., Hasan, M., Salam, M. A., & Ali, M. A. (2010). Digital image analysis to estimate the live weight of broiler. *Computers and Electronics in Agriculture*, 72(1), 48–52. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2010.02.002>.

Mortensen, A. K., Lisouski, P., & Ahrendt, P. (2016). Weight prediction of broiler chickens using 3D computer vision. *Computers and Electronics in Agriculture*, 123, 319–326. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2016.03.011>



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Modelo Híbrido para el Monitoreo del Transporte de Sedimentos en Cuencas Andinas: Integración de Teledetección Multiespectral, Radar SAR y Modelos Hidráulicos 2D

AUTORES

Cossio Madrid, O. E. (Ing.), Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid.

oscarcossio@elpoli.edu.co.

Valdés Quintero, J.C (PhD), Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid.

jcvaldes@elpoli.edu.co

Parra Toro, J.C. (PhD), Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid.

jcparra@elpoli.edu.co

RESUMEN

El transporte de sedimentos en los ríos andinos de Colombia es un desafío crítico para la gestión de cuencas y la planificación territorial, influyendo en la morfología fluvial, el riesgo de inundaciones y la degradación de ecosistemas acuáticos. Aunque la teledetección ha avanzado en la estimación de sedimentos suspendidos en sistemas fluviales, estos enfoques no han sido optimizados para entornos montañosos complejos como los Andes, donde la variabilidad geomorfológica y climática es mayor.

Esta investigación tiene como objetivo desarrollar un modelo híbrido que integre teledetección multiespectral, radar SAR, modelación hidrodinámica bidimensional (2D) y algoritmos de aprendizaje automático y profundo, para mejorar la identificación, cuantificación y monitoreo del transporte de sedimentos en ríos andinos. Basándose en estudios como el de Wu y Wang (2007), que mostraron el potencial del radar SAR para detectar sedimentos en flujos rápidos, y considerando la integración de aprendizaje automático para ajustar dinámicamente los modelos.

El estudio se centrará en la cuenca del río Nechí, afectada por minería, erosión y sedimentación. Se emplearán imágenes satelitales (Sentinel-2, Landsat 8 y 9, y Sentinel-1 SAR) y se utilizará software especializado como Iber para la modelación hidrodinámica en ríos de montaña con pendientes

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025

Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |

NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



pronunciadas. El reto será adaptar y aplicar estos modelos en ríos andinos, superando limitaciones y mejorando el monitoreo en tiempo real.

Se espera que el modelo híbrido mejore significativamente la precisión en la predicción de la acumulación y distribución de sedimentos, y permita la identificación temprana de zonas de alto riesgo de erosión, adaptando métodos de estudios previos a las condiciones andinas. La integración de algoritmos de aprendizaje automático, como los empleados por Guarín Corredor (2014), incrementará la capacidad del modelo para ajustarse dinámicamente a eventos extremos como El Niño y La Niña, mejorando la gestión de riesgos hídricos.

El modelo desarrollado tendrá aplicaciones directas en la gestión de cuencas hidrográficas y en la protección de infraestructuras críticas como puentes y represas, vulnerables al impacto de la sedimentación excesiva. Además, la metodología optimizada reducirá costos operativos y facilitará intervenciones más eficientes en la conservación de ecosistemas acuáticos, contribuyendo a mitigar la degradación ambiental.

Metodológicamente, el estudio integrará datos de campo, imágenes satelitales y simulaciones numéricas ajustadas con algoritmos de aprendizaje automático y profundo, mejorando el procesamiento y análisis de grandes volúmenes de datos en entornos dinámicos.

PALABRAS CLAVE:

Teledetección, Radar, Modelación hidráulica, Transporte de Sedimentos, Machine Learning, SAR, Ríos Andinos, Sedimentación, Cuencas, Monitoreo.

INTRODUCCIÓN

El transporte de sedimentos en los ríos andinos colombianos afecta la dinámica fluvial, calidad del agua, biodiversidad y estabilidad de infraestructuras hídricas. Las pendientes pronunciadas y la variabilidad climática hacen a la región vulnerable a la erosión y sedimentación, agravadas por actividades humanas como minería y deforestación, y fenómenos extremos como El Niño y La Niña (Alho et al., 2009).

Los métodos tradicionales de monitoreo, basados en datos de campo, son ineficaces en cuencas inaccesibles como los Andes. La teledetección se ha consolidado como una herramienta clave a nivel global. Imágenes multiespectrales de satélites como Sentinel-2 y Landsat permiten estimar la concentración de sedimentos suspendidos (Ekhtari et al., 2018), aunque su uso en ríos de montaña es limitado por la complejidad geomorfológica.

El radar de apertura sintética (SAR), ideal para cuencas montañosas, supera las limitaciones de las imágenes ópticas en condiciones climáticas adversas (Wu & Wang, 2007). Su integración con



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



modelos hidrodinámicos combina datos espaciales y temporales, optimizando el monitoreo sedimentario.

Tecnologías como LIDAR y UAVs han mejorado el análisis de vegetación ribereña y su influencia en la dinámica fluvial (Pinzón, 2019). Al combinarse con modelos numéricos 2D, permiten una gestión robusta de riesgos hídricos. Además, la integración con algoritmos de aprendizaje automático es prometedora para predicciones en tiempo real del transporte de sedimentos (Lin et al., 2019).

Los modelos híbridos, que integran teledetección, modelación hidrodinámica y aprendizaje automático, han demostrado eficacia en regiones de alta variabilidad hidrológica como el Amazonas y el Yangtsé (Wu & Wang, 2007). Aplicar estos enfoques en los Andes colombianos mejoraría la gestión de infraestructuras críticas y estrategias de conservación de ecosistemas acuáticos (García García, 2012).

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

La cuenca del río Nechí, en la región andina de Colombia, fue seleccionada por su relevancia ambiental, económica y social, y por los desafíos asociados a su variabilidad hidrológica, geomorfológica y antropogénica, exacerbados por actividades mineras que intensifican la erosión y sedimentación (Lin et al., 2019). Su topografía abrupta y alta variabilidad climática la hacen un laboratorio natural idóneo para validar el modelo propuesto (García García, 2012).

Se emplearán imágenes SAR de Sentinel-1, que permiten observación bajo condiciones meteorológicas adversas, superando limitaciones de nubosidad y vegetación densa (Wu & Wang, 2007). También se utilizarán imágenes multiespectrales de Sentinel-2 y Landsat 8 y 9 para analizar variables biofísicas y geomorfológicas. El procesamiento de las imágenes SAR incluirá correcciones radiométricas, geométricas y de terreno, junto con algoritmos de filtrado para reducir el speckle y mejorar la calidad (Small, 2011; Glaude, 2019). Las imágenes multiespectrales se someterán a correcciones atmosféricas y topográficas mediante modelos de transferencia radiativa y métodos como TOPOCOR, normalizando la reflectancia para garantizar comparabilidad temporal y espectral (Richter et al., 2009). Se aplicarán índices como NDVI, EVI, SSI y SRI para detectar turbidez y sedimentos suspendidos (Martínez et al., 2020).

La modelación hidrodinámica 2D se realizará con el software Iber, especializado en simular flujos en ríos de montaña con pendientes pronunciadas y condiciones hidráulicas complejas (Bladé et al., 2014). El modelo se basará en un MDT de alta resolución generado mediante integración de datos LIDAR y DEM de misiones satelitales como TanDEM-X y Pleiades. Se incluirán datos hidrológicos de alta resolución temporal, como series históricas de caudales, precipitaciones y eventos extremos asociados a El Niño y La Niña.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Para simular el transporte de sedimentos, se considerarán procesos de arrastre en fondo y suspensión, integrando ecuaciones de transporte sedimentario como las de Meyer-Peter y Müller (1948) y Ashida y Michiue (1972). Se incorporarán parámetros hidráulicos y sedimentológicos clave, como rugosidad variable espacialmente, granulometría de sedimentos y curvas de concentración de sedimentos suspendidos, obtenidos mediante muestreos de campo realizados por la red de monitoreo Piragua.

La calibración del modelo se basará en la comparación de simulaciones con mediciones de campo, ajustando parámetros como rugosidad y coeficientes de transporte sedimentario. Se emplearán indicadores estadísticos como el coeficiente de Nash-Sutcliffe y el RMSE para evaluar el desempeño del modelo (Moriasi et al., 2007). La integración del modelo hidrodinámico con datos de teledetección permitirá actualizar parámetros clave, mejorando la precisión de las predicciones y la representación dinámica del sistema. Los datos satelitales proporcionarán información sobre cambios en la morfología fluvial, distribución de sedimentos y variaciones en la cobertura vegetal que afectan el transporte sedimentario.

Se implementarán CNN para procesar imágenes SAR y multiespectrales, extrayendo características espaciales y espectrales complejas (Zhu et al., 2017). Las CNN clasificarán y segmentarán las imágenes, identificando áreas de erosión, sedimentación y cambios en la cobertura vegetal. Además, se utilizarán modelos LSTM para capturar patrones en series temporales de variables hidrológicas y sedimentológicas (Si et al., 2019), mejorando la capacidad predictiva del modelo.

La integración de estos algoritmos con el modelo hidrodinámico se realizará mediante un enfoque híbrido. Las CNN proporcionarán mapas actualizados de rugosidad y distribución de sedimentos, mientras que los modelos LSTM predecirán condiciones hidrológicas futuras, permitiendo simular escenarios y evaluar impactos de eventos extremos. Este enfoque capturará procesos no lineales y dinámicos difíciles de modelar con métodos tradicionales, mejorando la precisión del modelo.

La validación del modelo híbrido se realizará comparando sus predicciones con datos de campo y observaciones independientes. Se aplicarán técnicas de validación cruzada y conjuntos de datos separados para entrenamiento y validación de los algoritmos. Se evaluará el desempeño en predicción de variables clave como niveles de agua, velocidades de flujo, concentraciones de sedimentos suspendidos y tasas de erosión y sedimentación, utilizando métricas como R^2 , MAE y RMSE. Además, se realizarán análisis de sensibilidad para identificar los parámetros más influyentes, orientando esfuerzos para mejorar su precisión y comprensión del sistema.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La metodología propuesta proporcionará una comprensión integral del transporte de sedimentos en el río Nechí, una cuenca andina compleja en términos geomorfológicos y climáticos. Al integrar teledetección multiespectral y radar SAR con modelación hidrodinámica 2D y algoritmos de



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



aprendizaje automático y profundo, se desarrollará un modelo híbrido robusto para abordar las dinámicas sedimentarias en ambientes montañosos.

El uso de imágenes multiespectrales y SAR permitirá generar mapas detallados con alta resolución espacial y temporal, proporcionando información sobre cambios en la morfología fluvial, la distribución de sedimentos y la cobertura vegetal. La capacidad del radar SAR para capturar datos bajo condiciones meteorológicas adversas y nubosidad constante resulta clave en esta región. Estos productos serán fundamentales para la calibración y validación del modelo hidrodinámico.

La modelación hidrodinámica 2D, implementada mediante software como Iber, simulará con precisión el comportamiento del flujo y el transporte sedimentario en diferentes escenarios hidrológicos, incluidos eventos extremos como El Niño y La Niña. Incorporará procesos de arrastre en fondo y suspensión, junto con ecuaciones de transporte sedimentario ajustadas a ríos de montaña, para ofrecer una visión más detallada de los mecanismos que controlan la dinámica sedimentaria.

Por otro lado, los algoritmos de aprendizaje automático, como redes neuronales convolucionales (CNN) para el análisis de imágenes y modelos LSTM para la predicción de variables hidrológicas, optimizarán la capacidad de manejar grandes volúmenes de datos satelitales e hidrológicos. Esto permitirá mejorar la capacidad predictiva del modelo, identificar relaciones no lineales complejas y reducir la incertidumbre en las simulaciones.

La integración continua de datos de teledetección en el modelo hidrodinámico permitirá ajustes dinámicos de parámetros clave, mejorando la precisión y relevancia de las simulaciones en tiempo real. Además, el muestreo en campo en zonas críticas, apoyado por la colaboración comunitaria, enriquecerá la validación del modelo con datos locales y perspectivas socioambientales.

En última instancia, se generarán mapas de riesgo que identificarán áreas vulnerables, apoyando la toma de decisiones estratégicas para la protección de infraestructuras críticas y la mitigación de impactos ambientales, contribuyendo al desarrollo sostenible de la cuenca.

CONCLUSIONES

En conclusión, se espera que la investigación no solo aporte conocimientos teóricos y metodológicos al campo de la ingeniería hidráulica y la teledetección, sino que también tenga un impacto tangible en la gestión sostenible de la cuenca del río Nechí. Al proporcionar herramientas y estrategias basadas en evidencia científica sólida, la investigación contribuirá a mejorar la resiliencia de las comunidades y ecosistemas andinos frente a los desafíos ambientales y climáticos actuales y futuros.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



REFERENCIAS

Agarap, A. F. (2018). Deep Learning using Rectified Linear Units (ReLU). ArXiv. <https://arxiv.org/abs/1803.08375>

Alaniz, A. (2015). Análisis de los cambios en las coberturas de los ecosistemas de la zona central de Chile. ResearchGate. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1356.5601>

Albanwan, H., Qin, R., & Liu, J.-K. (2024). Remote Sensing-Based 3D Assessment of Landslides: A Review of the Data, Methods, and Applications. Remote Sensing, 16(3), 455. <https://doi.org/10.3390/rs16030455>

Alho, P., et al. (2009). Índices geomorfológicos para la identificación de cambios en la morfología fluvial. Geomorphology.

AproGIS. (2020). Tratamiento del ruido Speckle en las imágenes RADAR: Filtros simples y Multi-temporales. <https://aprogis.com/blogs/tratamiento-del-ruido-speckle-en-las-imagenes-radar-filtros-simples-y-multi-temporales>

Baghdadi, N., King, C., Bourguignon, A., & Remond, A. (2010). Potential of ERS and Radarsat data for surface roughness monitoring over bare agricultural fields: Application to catchments in Northern France. International Journal of Remote Sensing, 23(17), 3427–3442.

Banerjee, S., Chaudhuri, S. S., Mehra, R., & Misra, A. (2020). A Comprehensive Survey on Frost Filter and its Proposed Variants. 2020 5th International Conference on Communication and Electronics Systems (ICCES), 109–114. <https://doi.org/10.1109/ICCES48766.2020.9137869>

Bonan, G. B. (2008). Forests and climate change. Science, 320(5882), 1444–1449.

Bouget, V., Béréziat, D., Brajard, J., Charantonis, A., & Filoche, A. (2021). Fusion of Rain Radar Images and Wind Forecasts in a Deep Learning Model Applied to Rain Nowcasting. Remote Sensing, 13(2), 246. <https://doi.org/10.3390/rs13020246>

Chuvieco, E., & Huete, A. (2010). Fundamentals of Satellite Remote Sensing. CRC Press.
Ekhtari, N., et al. (2018). Estimación de Sedimentos Suspendidos usando Teledetección Multiespectral. Journal of Hydrology.

García García, L. (2012). Gestión de sedimentos en cuencas fluviales: Herramientas para el monitoreo y la planificación. Hydraulic Engineering Review.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Glaude, P. (2019). SAR Handbook: Comprehensive Methodologies for Forest Monitoring and Biomass Estimation. NASA.

Guarín Corredor, C. (2014). Uso de teledetección para la identificación de dinámicas fluviales en ríos montañosos. Environmental Monitoring and Assessment.

Lin, C., et al. (2019). Modelación del transporte de sedimentos con modelos hidráulicos bidimensionales (2D). Journal of River Basin Management.

Pinzón, M. (2019). Impacto del cambio climático en la dinámica fluvial y la sedimentación. Science of the Total Environment.

Wu, J., & Wang, X. (2007). Uso del Radar SAR para el monitoreo de sedimentos sumergidos en ríos. Journal of Applied Remote Sensing.

Zebker, H. A., & Villasenor, J. (1992). Decorrelation in Interferometric Radar Measurements. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Desarrollo de habilidades blandas en estudiantes, mediante la implementación de escenarios inmersivos en dos instituciones de educación superior de Medellín

AUTORES

José Javier Rodríguez Hoyos, Politécnico Colombiano Jaime Izasa Cadavid.

jjrodriguezh@elpoli.edu.co

Luis Fernando González Alvaran, Politécnico Colombiano Jaime Izasa Cadavid.

lfgonzaleza@elpoli.edu.co

Oscar Augusto Bedoya Carvajal, Universidad de Antioquia. oscar.bedoyac@udea.edu.co

RESUMEN

La integración de tecnologías inmersivas, como la realidad virtual (VR) y la realidad aumentada (AR), ofrece nuevas perspectivas en la enseñanza de habilidades blandas en la educación superior. Este proyecto busca determinar cómo el uso de escenarios virtuales inmersivos contribuye al desarrollo de competencias blandas en estudiantes de dos Instituciones de Educación Superior (IES) de Medellín. Mediante la implementación de entornos interactivos que simulan situaciones reales, se espera fomentar una experiencia educativa más profunda y práctica, que vaya más allá de los métodos tradicionales. El enfoque metodológico incluye el diseño de entornos de VR y AR y la evaluación de la adquisición de habilidades blandas. Se presentarán resultados esperados en términos de desarrollo de estas habilidades para mejorar la participación de los estudiantes. Esta investigación no solo busca validar la efectividad de estas tecnologías, sino también sentar bases para su adopción más amplia en la educación superior, impulsando un aprendizaje más equitativo y centrado en el estudiante.

PALABRAS CLAVE:

Realidad Virtual, Realidad Aumentada, Habilidades Blandas, Educación Superior, Tecnologías Inmersivas.

Politécnico Colombiano Jaime Izasa Cadavid © 2025
Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |
NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



INTRODUCCIÓN

El desarrollo de habilidades blandas es un aspecto clave en la formación de profesionales capaces de enfrentarse a los retos del entorno laboral contemporáneo. Estas habilidades, que incluyen la comunicación, el liderazgo, la resolución de problemas, el trabajo en equipo y la adaptabilidad, son esenciales para el éxito en equipos multidisciplinarios y para la inserción en un mercado que exige flexibilidad y capacidad de colaboración. Sin embargo, la enseñanza de estas competencias en la educación superior enfrenta retos significativos debido a la prevalencia de métodos pedagógicos tradicionales, centrados en la teoría y la evaluación estática, que no siempre permiten el desarrollo práctico de estas habilidades (Halabi, 2020; Hamilton et al., 2021)

Los Proyectos Educativos Institucionales (PEI) de las IES que conforman el G7+D, han comenzado a integrar enfoques pedagógicos que buscan superar estas limitaciones mediante prácticas de enseñanza que fomentan un aprendizaje más interactivo y participativo. Sin embargo, los resultados han sido mixtos, y el desarrollo integral de habilidades blandas sigue siendo un desafío en muchos programas educativos.

Las tecnologías inmersivas, como la realidad virtual (VR) y la realidad aumentada (AR), emergen en este contexto como soluciones innovadoras que pueden transformar la experiencia educativa, proporcionando a los estudiantes un entorno seguro para la práctica de competencias en situaciones simuladas que imitan la complejidad del mundo real. Estas tecnologías no solo facilitan la participación activa, sino que incrementa la motivación y el compromiso de los estudiantes y también reducen la brecha entre el conocimiento teórico y la aplicación práctica, factores críticos para el aprendizaje efectivo, la adquisición de habilidades prácticas que contribuyen en la preparación de los estudiantes para el mercado laboral (Sviridova et al., 2023)

Makransky & Petersen (2021) proponen que los entornos de aprendizaje inmersivos facilitan un aprendizaje profundo al potenciar la sensación de presencia y agencia, lo cual mejora la retención de habilidades y su transferencia a situaciones prácticas. Investigaciones como las de Radianti et al. (2020) destacan cómo la VR y la AR permiten la práctica y la experimentación sin los riesgos asociados a entornos físicos, ofreciendo a los estudiantes la oportunidad de enfrentar retos y tomar decisiones en escenarios realistas.

Además, estudios realizados por (Halabi, 2020; Hamilton et al., 2021) muestran que la VR tiene un impacto positivo en la enseñanza de disciplinas como la ingeniería y las ciencias de la salud, fomentando la colaboración y el pensamiento crítico. Sin embargo, la adopción de estas herramientas tecnológicas en la educación enfrenta barreras como la falta de personal capacitado y los costos de implementación (Khukalenko et al., 2022). A pesar de estos desafíos, el potencial transformador de la VR y la AR hace que sean una inversión prometedora para mejorar la formación en habilidades blandas.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Los resultados de los estudios sobre aprendizaje inmersivo subrayan la necesidad de realizar más investigaciones sobre los factores que mejoran la motivación de los estudiantes a través del aprendizaje interactivo. Estudios futuros pueden explorar cómo tecnologías inmersivas específicas pueden optimizar la participación y la retención, contribuyendo a un panorama educativo más eficaz (Sviridova et al., 2023; Wu et al., 2021).

El objetivo general de esta investigación es determinar la contribución del uso de escenarios virtuales basados en tecnologías inmersivas (VR y AR) en el desarrollo de habilidades blandas en estudiantes de dos Instituciones de Educación Superior (IES) de Medellín. Este estudio busca sentar las bases para futuras investigaciones y modelos educativos que incorporen estas tecnologías, promoviendo un aprendizaje más interactivo, motivador y orientado a las necesidades cambiantes de los estudiantes del mercado laboral actual.

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

El enfoque de la investigación será mixto, integrando métodos cuantitativos y cualitativos para capturar tanto los resultados medibles como las percepciones y experiencias de los participantes.

Los instrumentos de recolección de datos incluyen encuestas pre y post-exposición, aplicadas para evaluar la percepción de los estudiantes sobre sus habilidades blandas antes y después de participar en los escenarios de VR y AR. Se realizarán entrevistas semiestructuradas para recoger información cualitativa sobre la experiencia de los estudiantes y su percepción del impacto en el aprendizaje. Además, se llevará a cabo la observación directa, registrando los datos de participación e interacción a través de los sistemas de VR y AR para analizar el nivel de compromiso y la respuesta a las situaciones simuladas.

La investigación se desarrollará en tres fases principales: en la primera, se diseñarán y crearán los escenarios inmersivos con la colaboración de expertos en educación y desarrolladores tecnológicos para garantizar la fidelidad a situaciones académicas y profesionales reales. En la segunda fase, se implementarán estas experiencias en las IES seleccionadas, permitiendo que los estudiantes participen en sesiones interactivas y desafiantes. Finalmente, en la tercera fase, se procederá a la evaluación y análisis de datos, considerando las variables dependientes (nivel de desarrollo de habilidades blandas), las variables independientes (uso de escenarios de VR y AR) y las variables de control (características demográficas y académicas de los estudiantes, y su experiencia previa con tecnologías).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se anticipa que la implementación de estos entornos inmersivos mostrará una mejora significativa en la autopercepción de las habilidades blandas de los estudiantes. Makransky & Petersen, (2021) argumentan que la interactividad y el realismo de las tecnologías inmersivas potencian la adquisición de habilidades prácticas al permitir un aprendizaje experiencial más profundo. Del



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



mismo modo, (Sviridova et al., 2023) destacan que los estudiantes que participan en actividades de aprendizaje inmersivo tienden a mostrar mayores niveles de motivación y compromiso, lo que es crucial para el aprendizaje efectivo.

El análisis de los datos obtenidos proporcionará información sobre cómo los escenarios de VR y AR pueden integrarse de manera efectiva en los planes de estudio para maximizar el desarrollo de habilidades blandas. Esta información será útil para diseñar estrategias pedagógicas que combinen las ventajas de las tecnologías inmersivas con enfoques de enseñanza interactivos.

Los resultados esperados incluyen no solo un aumento en la capacidad de los estudiantes para comunicarse y liderar, sino también una mayor disposición para trabajar en equipo y adaptarse a situaciones complejas. Estos hallazgos podrían servir de base para futuras investigaciones y para el desarrollo de políticas educativas que promuevan la inclusión de tecnologías avanzadas en los programas de formación.

CONCLUSIONES

La implementación de tecnologías inmersivas en la educación superior representa una oportunidad significativa para mejorar la enseñanza de habilidades blandas. Este proyecto busca demostrar que el uso de escenarios de VR y AR proporciona un entorno en el que los estudiantes pueden practicar y fortalecer estas competencias de manera segura y efectiva.

También destacan la necesidad de superar los retos relacionados con la adopción de tecnologías inmersivas, como los costos de implementación y la capacitación de los docentes. Sin embargo, los beneficios potenciales de un aprendizaje más práctico y centrado en el estudiante justifican estos esfuerzos. Este enfoque no solo prepara a los estudiantes para un entorno laboral competitivo, sino que también promueve una educación más inclusiva y equitativa, al facilitar el acceso a experiencias formativas de alta calidad.

La adopción de VR y AR en la enseñanza puede fomentar una pedagogía más dinámica y adaptativa, en la que los estudiantes no solo adquieren conocimientos, sino que también desarrollan habilidades esenciales para su desarrollo profesional y personal. Este proyecto, por lo tanto, no solo tiene implicaciones para la educación superior en Medellín, sino que también puede servir como modelo para otras instituciones interesadas en integrar la tecnología inmersiva en sus procesos formativos.

REFERENCIAS

Halabi, O. (2020). Immersive virtual reality to enforce teaching in engineering education. *Multimedia Tools and Applications*, 79(3-4), 2987-3004. <https://doi.org/10.1007/s11042-019-08214-8>

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025
Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |
NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Hamilton, D., McKechnie, J., Edgerton, E., & Wilson, C. (2021). Immersive virtual reality as a pedagogical tool in education: A systematic literature review of quantitative learning outcomes and experimental design. *Journal of Computers in Education*, 8(1), 1-32. <https://doi.org/10.1007/s40692-020-00169-2>

Khukalenko, I. S., Kaplan-Rakowski, R., An, Y., & Iushina, V. D. (2022). Teachers' perceptions of using virtual reality technology in classrooms: A large-scale survey. *Education and Information Technologies*, 27(8), 11591-11613. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11061-0>

Makransky, G., & Petersen, G. B. (2021). The Cognitive Affective Model of Immersive Learning (CAMIL): A Theoretical Research-Based Model of Learning in Immersive Virtual Reality. *Educational Psychology Review*, 33(3), 937-958. <https://doi.org/10.1007/s10648-020-09586-2>

Sviridova, E., Yastrebova, E., Bakirova, G., & Rebrina, F. (2023). Immersive technologies as an innovative tool to increase academic success and motivation in higher education. En *FRONTIERS IN EDUCATION* (Vol. 8). FRONTIERS MEDIA SA. <https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1192760>

Wu, C. H., Tang, Y. M., Tsang, Y. P., & Chau, K. Y. (2021). Immersive Learning Design for Technology Education: A Soft Systems Methodology. *Frontiers in Psychology*, 12, 745295. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.745295>



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Modelo de adopción de tecnologías de inteligencia artificial para la gestión de riesgos de ciberseguridad en activos digitales del entorno empresarial.

Sergio Andrés Cardona Arbelaez, estudiante doctorado en Ingeniería e Innovación Tecnológica del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, sergio_cardona106242@elpoli.edu.co

Jorge Ernesto Espinosa Oviedo, docente e investigador del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, jeespinosa@elpoli.edu.co

RESUMEN

Este proyecto de investigación se enfoca en desarrollar un modelo de adopción de Inteligencia Artificial (IA) para la gestión de riesgos de ciberseguridad en activos digitales del entorno empresarial. Mediante una revisión sistemática de la literatura científica, el estudio analiza modelos de IA en contextos global, nacional y local, con el objetivo de crear un modelo viable, escalable y costo-eficiente que integre la IA en los procesos de ciberseguridad. Este modelo pretende mejorar la detección y respuesta ante amenazas, abordando los desafíos que la IA generativa representa para la seguridad de la información. Además, se contemplan las directrices del Marco de Ciberseguridad del NIST y la norma ISO/IEC 27001:2022 para mitigar los riesgos actuales en un contexto de creciente transformación digital.

PALABRAS CLAVE:

Ciberseguridad, Inteligencia Artificial, Protección, Privacidad de los Datos, Seguridad de la información, Aprendizaje automático, Sistemas de detección de intrusiones,

INTRODUCCIÓN

Actualmente las organizaciones en todo el mundo se enfrentan a grandes desafíos en la gestión de riesgos de ciberseguridad de sus activos digitales teniendo en cuenta el crecimiento exponencial en el volumen, variedad, velocidad y valor de los datos como un activo estratégico para apoyar la toma de decisiones e impulsar la transformación digital de los negocios. (*Ciberseguridad con inteligencia artificial (IA)* | IBM, s. f.; *Inicio - Gobierno digital*, s. f.; Morovat & Panda, 2020)

Los esfuerzos de los equipos de seguridad y auditoría en muchas ocasiones no son suficientes ante una superficie de ataque en expansión y con hackers cada vez más sofisticados que retan las

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025
Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |
NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



capacidades de las organizaciones para la detección y respuesta oportuna de mitigación de las amenazas y gestión de las vulnerabilidades para proteger los datos y los accesos de los usuarios (IBM 2024, Das, Biplab, y Rupam 2019).

La gestión efectiva de los riesgos de ciberseguridad se ha convertido en una prioridad estratégica para las organizaciones que se puede potenciar mediante la incorporación y uso de soluciones de IA que aumentan la velocidad, precisión y productividad de los equipos de seguridad de los negocios de todo tamaño y sectores de la economía (Morovat & Panda 2020, IBM 2024).

Si bien en la actualidad se viene presentando una amplia oferta de soluciones basadas en IA que pueden automatizar y mejorar la precisión en la detección y mitigación de los riesgos de ciberseguridad, aún las organizaciones no cuentan con capacidades claras para definir cuál incorporar o si se debe hacer una combinación de varias de ellas teniendo en cuenta el enfoque y especialidad que cada una de estas tecnologías ofrece para el amplio inventario de riesgos que existen actualmente asociados a los activos digitales en el entorno empresarial, así mismo que la mayor parte de estas herramientas se enfocan más en la detección que en la mitigación y/o remediación de los riesgos de ciberseguridad (Weng & Wu, 2024; *The Role of Artificial Intelligence in Cybersecurity*, s. f.; Abdullahi et al., 2022; Morovat & Panda, 2020).

Este proyecto de investigación tiene como punto de partida una revisión sistemática de la literatura científica para analizar los principales modelos de adopción de Inteligencia Artificial (IA) en la gestión de riesgos de ciberseguridad de activos digitales organizacionales. El estudio abarca los contextos global, nacional y local, con el objetivo de contribuir al conocimiento científico mediante la definición de un modelo que sea viable, escalable y costo-eficiente. La propuesta busca integrar efectivamente la IA en los procesos de gestión de riesgos de ciberseguridad, respondiendo a las necesidades actuales y futuras de la transformación digital, tanto en organizaciones como en la sociedad en general. El estudio realizará un análisis riguroso sobre los nuevos riesgos de seguridad que implica la inteligencia artificial generativa, y propondrá mecanismos para su mitigación.

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

- Revisión sistemática de la literatura sobre la gestión de riesgos de ciberseguridad habilitados por IA.
- Diseño y desarrollo de un marco conceptual basado en la revisión de la literatura científica y por medio de consultas con expertos en ciberseguridad e IA.
- Aplicar y evaluar el marco conceptual definido a casos de estudio seleccionados, analizando los resultados obtenidos y ajustándose según sea necesario.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados esperados del presente trabajo de investigación permitirán en una primera fase contar con una aproximación de la taxonomía actualizada de la gestión de seguridad de la información en el **Marco de Ciberseguridad del NIST y de la norma técnica ISO/IEC 27001:2022** y se propone incorporar los mecanismos que hagan frente al uso de la Inteligencia Artificial Generativa la cual está generando nuevos desafíos en el ámbito de la ciberseguridad..

A partir de la revisión sistemática de la literatura científica en el contexto global, nacional y local se analizarán los principales modelos de adopción de Inteligencia Artificial (IA) en la gestión de riesgos de ciberseguridad de los activos digitales organizacionales para desarrollar un modelo que sea viable, escalable y costo-eficiente integrando efectivamente la IA en los procesos de gestión de riesgos de ciberseguridad. Este modelo mejorará significativamente la detección y respuesta ante amenazas en los activos digitales del entorno empresarial, incluyendo controles específicos para mitigar los riesgos asociados con el uso de IA generativa, que representa un desafío emergente para la seguridad de la información. Así se asegurará la escalabilidad y aplicabilidad del modelo en diversos contextos operativos..

El **Marco de Ciberseguridad del NIST** y la norma técnica **ISO/IEC 27001:2022** plantean un enfoque basado en riesgos para que las organizaciones puedan comprender, gestionar y reducir sus riesgos cibernéticos protegiendo sus redes y activos de información. El Marco de ciberseguridad NIST contempla cinco funciones principales como son: *Identificar, Proteger, Detectar, Responder y Recuperar*, siendo flexible y adaptable a diferentes tipos de industrias. (*Marco de ciberseguridad del NIST*, 2019). Por su parte la **ISO/IEC 27001:2022** considerada como el estándar en seguridad de la información internacional, propone un enfoque sistemático y estructurado para la identificación, evaluación, y tratamiento de los riesgos, incluyendo los nuevos 11 controles de la versión del 2022, que tienen especial énfasis en la evolución de las amenazas y vulnerabilidades en el entorno tecnológico y de la ciberseguridad para abordar los nuevos riesgos de seguridad y privacidad de la información con un enfoque más integral (*ISO/IEC 27001, s. f.*)

En este sentido toma mucha relevancia su incorporación en la era actual que está expuesta a riesgos importantes por la adopción acelerada de la IA principalmente en el caso de la generativa en el ámbito empresarial permeado por los cambios en el entorno digital que ha conllevado a nuevas formas de trabajo como el remoto y los accesos abiertos a herramientas de IA Generativa que sin una política clara para su uso, incluso los mismos empleados podrían exponer la información de las organizaciones por fuera de esta y todo lo que esto conlleva a nivel económico, reputacional y que incluso pueden comprometer la continuidad de los negocios.

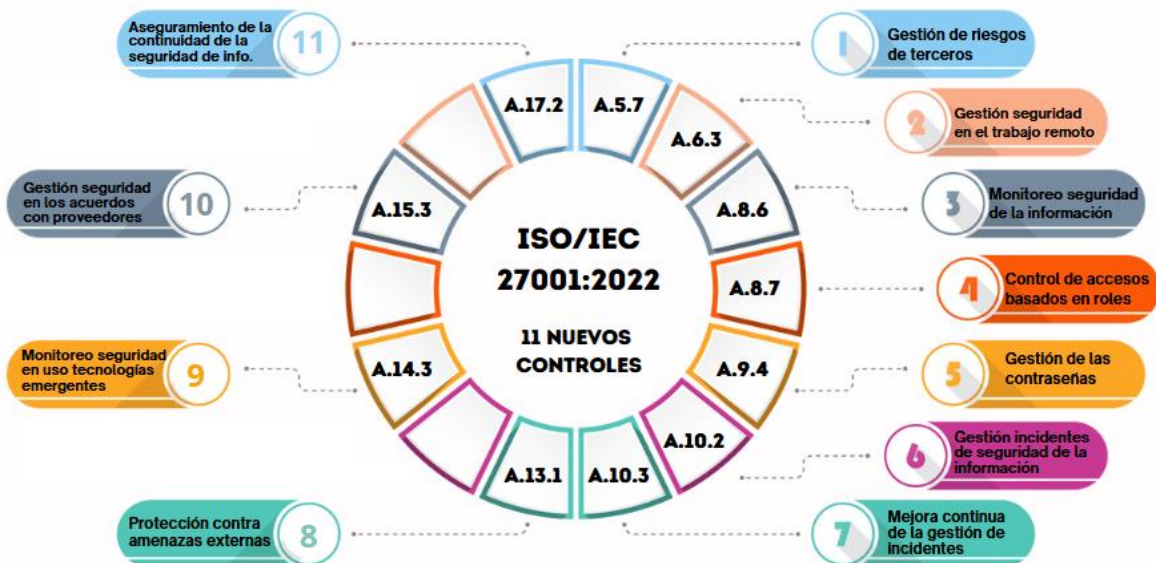
En la figura 1, se relacionan en sentido de las manecillas del reloj los 11 nuevos controles incorporados en la **ISO 27001:2022**, contemplados especialmente en el **Anexo A**, para los controles de seguridad de la información.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático

Figura 1. Nuevos controles incorporados en la ISO 27001:2022



Fuente imagen. Elaboración propia a partir de plantilla de Canva

CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio servirán de base para la actualización de los riesgos de ciberseguridad involucrando el estudio de la inteligencia artificial generativa, ya que expone nuevos riesgos y amenazas en el componente de ciberseguridad al facilitar la creación de contenido falso o manipulado (ISO/IEC 27001, s. f.).

La IA generativa introduce riesgos adicionales que requieren controles específicos para mitigar estos desafíos emergentes, asegurando así una gestión de seguridad más integral y adaptable frente a la evolución continua de las amenazas en el entorno digital.

El modelo desarrollado es escalable y adaptable, lo cual facilita su implementación en organizaciones de diferentes tamaños y sectores. Esto responde a la necesidad de un enfoque flexible en ciberseguridad que no solo considere la protección de datos y la continuidad del negocio, sino también la evolución continua de las amenazas tecnológicas en un entorno de transformación digital.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



REFERENCIAS

Abdullahi, M., Baashar, Y., Alhussian, H., Alwadain, A., Aziz, N., Capretz, L. F., & Abdulkadir, S. J. (2022). Detecting Cybersecurity Attacks in Internet of Things Using Artificial Intelligence Methods: A Systematic Literature Review. *Electronics*, 11(2), Article 2. <https://doi.org/10.3390/electronics11020198>

Faraji, M. R., Shikder, F., Hasan, Md. H., Islam, Md. M., & Akter, U. K. (2024). Examining the Role of Artificial Intelligence in Cyber Security (CS): A Systematic Review for Preventing Prospective Solutions in Financial Transactions. *International Journal of Religion*, 5(10), 4766-4782. <https://doi.org/10.61707/7rfyma13>

Rios-Campos, C., Paz, S. C. V., Vilema, G. O., Díaz, L. M. R., Zambrano, D. P. F., Zambrano, G. M. M., Viteri, J. D. C. L., Vara, F. E. O., Vallejos, P. A. A., Llontop, R. F. G., & Anchundia-Gómez, O. (2024). Cybersecurity and artificial intelligence (AI). *South Florida Journal of Development*, 5(8), e4276-e4276. <https://doi.org/10.46932/sfjdv5n8-021>

The Role of Artificial Intelligence in Cybersecurity: Automation of Protection and Detection of Threats - ProQuest. (s. f.). Recuperado 21 de octubre de 2024, de <https://www.proquest.com/openview/ebe74758eaa95b3e9ea9e2882b9cfb1d/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2032164>

Weng, Y., & Wu, J. (2024). Leveraging Artificial Intelligence to Enhance Data Security and Combat Cyber Attacks. *Journal of Artificial Intelligence General Science (JAIGS) ISSN:3006-4023*, 5(1), Article 1. <https://doi.org/10.60087/jaigs.v5i1.211>

Abdullahi, M., Baashar, Y., Alhussian, H., Alwadain, A., Aziz, N., Capretz, L. F., & Abdulkadir, S. J. (2022). Detecting Cybersecurity Attacks in Internet of Things Using Artificial Intelligence Methods: A Systematic Literature Review. *Electronics*, 11(2), Article 2. <https://doi.org/10.3390/electronics11020198>

Ciberseguridad con inteligencia artificial (IA) | IBM. (s. f.). Recuperado 21 de octubre de 2024, de <https://www.ibm.com/mx-es/ai-cybersecurity>

Inicio—Gobierno digital. (s. f.). Recuperado 9 de noviembre de 2024, de <https://gobiernodigital.mintic.gov.co/portalISO/IEC 27001:2022>. (s. f.). ISO. Recuperado 9 de noviembre de 2024, de <https://www.iso.org/standard/27001>

Marco de ciberseguridad del NIST. (2019, abril 16). Comisión Federal de Comercio. <https://www.ftc.gov/es/guia-para-negocios/protegiendo-pequenos->

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025
Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |
NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



negocios/ciberseguridad/marco-ciberseguridad-nist

Morovat, K., & Panda, B. (2020). A survey of artificial intelligence in cybersecurity. 2020 *International conference on computational science and computational intelligence (CSCI)*, 109-115.
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9458190/>

The Role of Artificial Intelligence in Cybersecurity: Automation of Protection and Detection of Threats - ProQuest. (s. f.). Recuperado 21 de octubre de 2024, de
<https://www.proquest.com/openview/ebe74758eaa95b3e9ea9e2882b9cfb1d/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2032164>

Weng, Y., & Wu, J. (2024). Leveraging Artificial Intelligence to Enhance Data Security and Combat Cyber Attacks. *Journal of Artificial Intelligence General Science (JAIGS) ISSN:3006-4023*, 5(1), Article
<https://doi.org/10.60087/jaigs.v5i1.211>



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Diseño curricular con enfoque de género para la enseñanza de inteligencia artificial en educación básica secundaria en Medellín

Juan Pablo Rivera Barrera¹ Henry Omar Sarmiento Maldonado² Carmen Amalia Camacho Sanabria³

¹ juanprivera@elpoli.edu.co Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid

² hosarmiento@elpoli.edu.co Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid

³ carmenamaliacamacho@hotmail.com

RESUMEN

La promoción de nuevos talentos para el desarrollo de IA es un asunto al que cada vez más gobiernos y diferentes industrias le están prestando atención, y los distritos administrativos de educación en algunos países están haciendo esfuerzos para masificar la educación en IA en el sistema educativo de educación básica y media. Los expertos en IA plantean como una preocupación, por un lado, el impacto de la brecha y las disparidades entre los países en cuanto al desarrollo de la inteligencia artificial, indicando que los que no tengan acceso a ella pueden quedar peligrosamente rezagados y aumentar la pobreza y dependencia de países potencia, y por otro, la importancia de eliminar las brechas de género en competencias digitales que disminuyan la baja proporción de mujeres entre los profesionales STEM que desarrollan tecnologías de IA, e instan a los países a promover la mayor participación de las niñas y mujeres en el desarrollo de aplicaciones basadas en estas tecnologías. Estas preocupaciones son fenómenos que también se evidencian en Colombia que, según UNESCO, es uno de los países que no tiene establecidas políticas públicas ni currículos para enseñanza de IA en su modelo de educación básica. En aras de contribuir a la política de reindustrialización de Colombia orientada hacia una economía del conocimiento propuesta en el plan nacional de desarrollo 2022-2026 que busca disminuir las brechas en la adopción y producción de tecnologías digitales en IA con los países desarrollados, así como mejorar las cifras de participación de las mujeres en áreas STEM, este trabajo de investigación tiene por objetivo desarrollar un currículo para la enseñanza de inteligencia artificial en educación básica secundaria en la ciudad de Medellín que promueve el surgimiento de talento humano en el área de tecnologías digitales en IA, y que fomente la participación de más mujeres y niñas en este campo del ecosistema STEM de la región.

PALABRAS CLAVE:

Educación en IA, Políticas Gubernamentales en IA, Educación STEM, STEM con Enfoque de Género, Currículo IA educación básica, Currículo IA K-12

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025
Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |
NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



INTRODUCCIÓN

La falta de mano de obra para el desarrollo de inteligencia artificial IA, es un fenómeno que enfrentan las industrias de muchos países desarrollados (Jing et al., 2022; Roopaei & Roopaei, 2024; Wu, 2022), por lo que los gobiernos de estos países empezaron a establecer estrategias que promuevan el surgimiento de talentos en desarrollo de IA entre sus nuevas generaciones de ciudadanos, mediante la propuesta de políticas públicas y la estandarización de currículos para enseñanza de IA desde la educación básica primaria y secundaria (UNESCO, 2022). Este fenómeno de falta de talentos en desarrollo de IA también viene evidenciándose en Colombia. Aunque el país se ha venido consolidando como una potencia de desarrollo de software en la región, aún enfrenta como reto la falta de mano de obra calificada para cubrir la demanda de la industria del software en desarrolladores (Michael Page, 2023). Según el informe presentado por la empresa de consultoría Michael Page e Invest in Bogotá (2023), en Latinoamérica, gracias al crecimiento industrial de la región, la relación entre la oferta de mano de obra en Tecnologías de Información, TI, y la cantidad de vacantes laborales disponibles se ha desestabilizado mostrando una marcada necesidad de más profesionales en el área. Esta firma consultora presenta en este informe que, aunque la disponibilidad de mano de obra en áreas STEM en Latinoamérica ha venido creciendo paulatinamente, aún sigue existiendo una gran diferencia entre la demanda y la oferta de profesionales con estas competencias.

Además de plantear la falta de talento humano para el desarrollo de tecnología en áreas TI, el informe de consultoría Michael Page e Invest in Bogotá (2023) muestra que del total de profesionales STEM de Colombia en etapa productiva solo el 17% son mujeres. Estas bajas cifras de participación profesional se podrían explicar desde los programas de formación que muestran que, en 2017, en Colombia solo el 27,3% de los estudiantes matriculados en el primer año de programas académicos STEM eran mujeres y, a pesar de que las cifras han ido mejorando, para el 2021, esta misma cifra fue solo de 31,5% y se ha mantenido relativamente constante estos años (Bayona Rodríguez, 2023). La baja participación de las mujeres dentro de la mano de obra de profesionales en las industrias de desarrollo tecnológico es un fenómeno que enfrentan la mayoría de países (Agrawal et al., 2024). A pesar de los avances notables en la igualdad de género aún hay desafíos persistentes que limitan el acceso de las mujeres (LEE, 2024), y, en este sentido, el consenso de Beijing sobre la inteligencia artificial y la educación realizado por UNESCO (2019), en los numerales 25 y 27 de sus conclusiones insta a los gobiernos a establecer estrategias para eliminar las brechas de género en competencias digitales (UNESCO, 2019).

En la mayoría de los casos los niños y niñas simplemente no son enfrentados al conocimiento básico de estas tecnologías IA, y en los otros casos se usan formas de introducir a los niños y niñas al área en las que suelen consolidarse estereotipos, prejuicios y sesgos que limitan las aspiraciones de los niños y especialmente de muchas niñas que podrían tener enorme potencial pero escaso apoyo y motivación, además de un primer contacto negativo con estas tecnologías que las hacen ver



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



complejas, aburridas, poco significativas y descontextualizadas (Acosta Valdeleón, 2024; Bayona Rodríguez, 2023; Castro & Rico, 2022; HongYong, 2023).

En Colombia, el plan nacional de desarrollo, PND, 2022-2026 propone para el país una política de reindustrialización orientada hacia una economía del conocimiento (DNP, 2023) pág 198. Para llegar a esto el plan de desarrollo establece la necesidad de proponer estrategias para el cierre de brechas tecnológicas para el desarrollo productivo regional en el campo de desarrollo de software y la promoción de la formación de talento en estas tecnologías digitales del área STEM. Además propone la implementación de estrategias y programas con enfoque de género e intercultural en el marco del sistema educativo desde primera infancia hasta la educación superior con incentivos y referentes que promuevan más mujeres y niñas en carreras STEM (DNP, 2023) pág. 274. Según UNESCO (2022) Colombia no cuenta con currículos de IA para enseñanza en educación secundaria. Colombia ha venido trabajando en el establecimiento de programas para fomentar la enseñanza de pensamiento computacional y desarrollo de software para toda su población desde educación básica, pero asuntos relacionados con la infraestructura, la formación docente, el acceso a herramientas curriculares son barreras que dificultan la implementación efectiva de estos programas en las escuelas (Acosta Valdeleón, 2024). Medellín, particularmente, ha establecido programas formales para enseñanza de desarrollo de software (Cano Vásquez & Ángel Uribe, 2020), pero estos programas no incluyen la enseñanza específica de IA, tampoco tienen un enfoque de inclusión de mujeres y niñas. Desde 2019 el consenso de Beijing sobre la inteligencia artificial y la educación UNESCO (2019) en los numerales 17 y 18 recomendó a los gobiernos incluir en los planes de estudio de las escuelas competencias relacionadas con IA. Además, En el numeral 19 de sus conclusiones pide a los gobiernos establecer programas para promover el desarrollo de talento local en IA “que tenga la pericia necesaria para diseñar, programar y elaborar sistemas de inteligencia artificial” UNESCO (2019). Este consenso en el numeral 33 expresa además como preocupaciones el impacto de la brecha y las disparidades entre los países en cuanto al desarrollo de la inteligencia artificial, indicando que los que no tengan acceso a ella pueden quedar peligrosamente rezagados y aumentar la pobreza y dependencia de países potencia (UNESCO, 2019).

Según Lipovec (2024), adoptar programas de alfabetización en IA en contextos de educación básica presenta numerosos retos técnicos, pedagógicos y éticos. La enseñanza de IA en niveles de educación básica exige estrategias que la hagan digerible y la lleven a un nivel suficientemente básico para que pueda ser asimilada por estudiantes niños, niñas y adolescentes, lo que representa un reto bastante complejo (Kim & Shakya, 2023; Roopaei & Roopaei, 2024). Sumado a esto, se enfrenta el reto de que los gobiernos, las escuelas y los maestros carecen de formación suficiente y conocimientos en el área, que les den fundamentos para definir competencias y currículos en IA (Cai et al., 2023; UNESCO, 2022).

A partir de las consideraciones hechas se identifica la ausencia de un currículo que habilite al sistema educativo para enseñar cómo desarrollar tecnologías basadas en IA en educación básica primaria y



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



secundaria viable y aplicable con éxito en el territorio colombiano que defina estrategias pedagógicas, metodologías, y herramientas didácticas necesarias para tal fin, así como metodologías y procedimientos para llevar el currículo para educar en el desarrollo de tecnologías de IA a las aulas de clase con un enfoque de equidad de género para mujeres y niñas. En consecuencia, se plantea la pregunta que da el norte al desarrollo de esta investigación: ¿Cómo desarrollar un currículo para enseñanza de IA en educación básica secundaria que promueva la generación de talento humano en el área de tecnologías digitales en inteligencia artificial y particularmente la participación de más mujeres y niñas en esta área del ecosistema STEM de la región? Para dar respuesta a esta pregunta este proyecto tiene por objetivo desarrollar un currículo para la enseñanza de inteligencia artificial en educación básica secundaria en la ciudad de Medellín que promueva el surgimiento de talento humano en el área de tecnologías digitales basadas en IA, mediante la definición de las competencias a desarrollar para producir estas tecnologías con una perspectiva de género centrada en mujeres y niñas que fomente su mayor participación en esta área del ecosistema STEM de la región.

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

La recolección de información se distribuye en tres categorías: Competencias IA, Currículo, Género en STEM. Estas categorías serán abordadas a partir de la definición de un marco teórico derivado de una revisión exhaustiva de literatura que oriente el establecimiento de lineamientos para el desarrollo de la investigación mixta en cuanto al componente cuantitativo (como encuestas y análisis estadístico), y al componente cualitativo (entrevistas, grupos focales y análisis de contenido). La información que se recopila en cada categoría es la siguiente:

1. Competencias IA: Establecimiento de un marco de competencias que deben ser desarrolladas por los y las estudiantes para el uso y desarrollo de tecnologías basadas en IA.
2. Currículo: Lineamientos curriculares y diseño de currículos para la enseñanza de IA en educación secundaria con especial énfasis en asuntos motivacionales para niñas y adolescentes, si los tienen, e identificando si hay políticas públicas que apoyen la implementación de estos currículos en los territorios.
3. Género en STEM: Análisis de parámetros identificados por la comunidad científica que afectan el gusto por las áreas STEM en las niñas y su particular participación en el desarrollo de tecnologías basadas en IA.

Metodología y estrategia de búsqueda para la revisión de la literatura

El algoritmo para realizar la búsqueda es el siguiente: 1. Formulación de las preguntas de investigación que delimitan las palabras de búsqueda en las bases de datos. 2. Utilización de criterios de búsqueda en bases de datos disponibles: Usando las cadenas de búsqueda en las bases de datos



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



IEEE, Science Direct, Redalyc, Sibila, y Google Académico. 3. Escaneo: Este proceso permitió evaluar la relevancia y calidad de los estudios identificados durante la búsqueda bibliográfica. Se realizó para garantizar que solo se incluyan estudios relevantes y de alta calidad en la revisión sistemática, lo que fortalece la validez y confiabilidad de los hallazgos de la revisión. Primero se hace una selección de título y resumen. 4. Selección: Después del escaneo completo de los textos, se seleccionan los estudios a ser incluidos en esta investigación. Se seleccionaron 79 documentos (19 journals, 43 conferencias, 3 tesis doctorales, 2 tesis de maestría y 12 reportes o documentos gubernamentales), más 48 páginas web. 5. Clasificación: Se clasifica la información a ser incluida en la revisión sistemática de literatura.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

¿Por qué enseñar IA en Educación Básica?

Muchos países han empezado a identificar y establecer estrategias necesarias para garantizar una inmersión sana, sostenible, productiva y feliz de sus sociedades en la nueva era de la IA, y todos ellos apuntan a que la más importante de las estrategias es la modificación de los modelos educativos de sus poblaciones y particularmente de sus nuevas generaciones, de manera que se incluya la enseñanza de IA en sus currículos formales (Kim & Shakya, 2023; UNESCO, 2022). La promoción de nuevos talentos para el desarrollo de IA es un asunto al que cada vez más gobiernos y diferentes industrias le están prestando atención, y los distritos administrativos de educación en algunos países están haciendo esfuerzos para masificar la educación en IA en el sistema educativo de educación básica y media (Wu, 2022). Es importante diferenciar entre el uso de IA para educación, que busca usar herramientas de IA como apoyo para mejorar los procesos de enseñanza y de aprendizaje (Madathil et al., 2023; Song & Wang, 2020; Zafari et al., 2022), y la alfabetización en IA, que busca educar en la identificación y uso ético y sostenible de herramientas de IA en todos los ámbitos de la sociedad (Pesek et al., 2022), por un lado, y la enseñanza para el desarrollo de tecnologías y aplicaciones basadas en IA (Wu, 2022), por otro. Este trabajo se concentra en este último aspecto de la alfabetización en IA: cómo enseñar a estudiantes de educación básica a desarrollar tecnologías basadas en IA, y de las políticas públicas necesarias para garantizar que estos procesos de enseñanza redunden en procesos efectivos de aprendizaje en las aulas y que tengan un especial componente de motivación hacia la inclusión de más mujeres y niñas en el desarrollo de IA. En este sentido, con base en la revisión bibliográfica, la información se clasifica en las tres categorías ya definidas previamente y que se presentan a continuación:

Competencias para Desarrollo de Tecnologías Basadas en IA

Según el Ministerio de Educación Nacional de Colombia define una competencia como “el Conjunto



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



de conocimientos, actitudes, disposiciones y habilidades (cognitivas, socioafectivas y comunicativas), relacionadas entre sí para facilitar el desempeño flexible y con sentido de una actividad en contextos relativamente nuevos y retadores” (MEN, 2022). Los científicos del área plantean distintas técnicas y metodologías para incluir en sus currículos de educación básica la enseñanza de IA que van desde el uso de posibles aplicaciones de la tecnología IA en situaciones problema específicas como fuente de selección de competencias a abordar en el plan de estudios (Fujita et al., 2023), pasando por el uso de gamificación (Roopaei & Roopaei, 2024), o por sistemas más elaborados desde la filosofía del conocimiento y la forma como el cerebro ordena las ideas, como el sistema de enseñanza de IA presentado por Kim y Shakya (2023), basado en gráficos de conocimiento (Kim & Shakya, 2023). Todas las propuestas revisadas convergen en el uso de un marco general de referencia para definir los currículos de IA para enseñanza en niveles de educación básica. Estos marcos de referencia han sido categorizados por UNESCO (2022) en tres marcos curriculares de IA que son la base del desarrollo de currículos de IA para este nivel educativo y se presentan a continuación (UNESCO, 2022).

1. Alfabetización en IA: competencias y consideraciones de diseño: El estudio desarrollado por Long y Magerko (2020) presenta 17 competencias y 15 consideraciones (Long & Magerko, 2020).

2. AI4K12: Cinco ideas principales para la enseñanza de IA en educación básica: En 2018, las entidades Association for the Advancement of Artificial Intelligence AAAI, la Computer Science Teachers Association, CSTA, y AI4ALL realizan una propuesta que pretende establecer directrices nacionales en los EEUU para la enseñanza de IA en educación básica primaria y secundaria (AI4K12, 2024).

3. Marco Educativo del Aprendizaje Automático, (Machine Learning): Lao (2020) propone este marco educativo que respeta los estándares básicos de competencias, EBC, del currículo para ICT en el estado de Massachussets que ha sido asumido como estándar internacional (Lao 2020).

Currículo y Política Gubernamental

“Se entiende por currículos de IA a los programas estructurados de aprendizaje que abarcan temas del área de IA y están vinculados a los resultados de aprendizaje relacionados con la IA” (UNESCO 2022, pág. 22). Muchos países están experimentando con diferentes enfoques y a diferentes ritmos. Aunque no todos los gobiernos entregan información oficial sobre el desarrollo de políticas públicas y el uso de currículos oficiales para enseñanza de IA, algunos han hecho públicos sus avances frente al respaldo gubernamental nacional o regional a los currículos que utilizan para enseñanza de IA (UNESCO, 2022).

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025

Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |

NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Currículos Gubernamentales

Con base en el mapeo de los países que han publicado la inclusión oficial de la enseñanza de IA en sus currículos de educación básica que ha hecho UNESCO (2022), junto con el análisis hecho por Kim y Shakya (2023), y explorando las páginas web de los ministerios de educación de los países reportados por la literatura que tiene o están trabajando en este tipo de currículos (Ariyaratna & Rajapakse, 2024; Kim & Shakya, 2023; UNESCO, 2022; Zafari et al., 2022), se establece un mapeo de los currículos oficiales que han sido reportados públicamente, que además cuentan con información acerca de resultados de aprendizaje específicos de IA para educación básica y media y que cuentan con un respaldo gubernamental nacional o regional para ser incluidos formalmente en los sistemas educativos. Se hace una clasificación por el nivel de solidez de establecimiento de los programas así:

1. Países con más de 5 años con políticas públicas para currículos IA: Armenia, Austria, Bélgica, China, Emiratos Árabes Unidos, India, Kuwait, Portugal, Qatar, República de Corea.
2. Países con políticas públicas para currículos IA, pero implementadas recientemente (menos de 5 años): Alemania, Arabia Saudita, Bulgaria, Jordania, Serbia.
3. Países que tiene implementaciones recientes de currículos y las políticas están en revisión o desarrollo: Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estonia, Finlandia, Francia, Holanda, Hungría, Latvia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Noruega, Polonia, Singapur, Suiza.
4. Países con currículos y políticas en desarrollo: Chipre, Croacia, Grecia, Irlanda, Italia, República Checa, Rumania.

En la imagen 1 se observa un mapa con la participación de los países en el desarrollo de currículos para enseñanza de desarrollo de tecnologías basadas en IA en secundaria. Se incluyen solo aquellos currículos de países que han reportado apoyo gubernamental en la implementación de los mismos y se clasifican de acuerdo al tiempo de implementación que llevan en las aulas de las escuelas de educación secundaria.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático

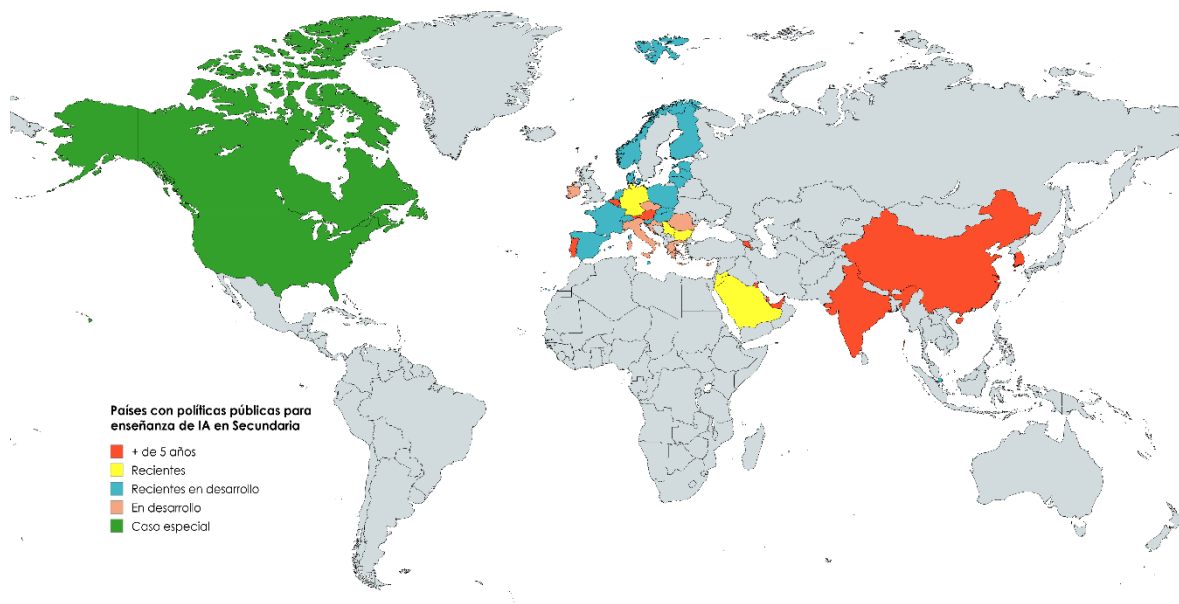


Imagen 1. Países con políticas públicas para enseñanza de IA en educación básica.

Fuente: Elaboración propia

Currículos No Gubernamentales

La industria ha venido realizando esfuerzos privados para diseñar currículos que promuevan el desarrollo de competencias en producción de tecnologías basadas en IA, en estudiantes de educación básica. Estos currículos buscan ser universales en la medida que no están vinculados a un gobierno o territorio particular, lo que implica consideraciones importantes de contextualización en los territorios en los que se quiera implementar. En la tabla 4 se presentan las propuestas curriculares que se han encontrado en la revisión bibliográfica como currículos formales no gubernamentales para enseñanza de IA. Estos currículos se encuentran publicados en línea por las diferentes compañías:

1. IBM: (IBM, 2022; Lane, 2018)
2. Microsoft: (Microsoft, 2023, 2024)
3. Intel: (Intel, 2022)
4. MIT: (MIT, 2020)
5. Carnegie Mellon University: (AI4K12, 2024)

Género En STEM

La participación de la mujer en las dinámicas sociales históricamente ha sido muy marcada por concepciones culturales. Muchos países han implementado programas y vienen haciendo esfuerzos



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



para disminuir las desigualdades y nivelar las diferencias de la participación de las mujeres en la industria tecnológica pero las cifras siguen mostrando una marcada desigualdad (Negrier et al., 2023; Sánchez-Jiménez et al., 2024; Yepes Zuluaga & Granada, 2023).

ILOSTAT (2022) (International Labour Organization) junto con otras publicaciones resultado de investigaciones frente a la participación de la mujer el mercado laboral STEM en algunos países (López et al., 2023; Michael Page, 2023; O'Connor & Liu, 2024; Sánchez-Jiménez et al., 2024), muestran que sigue existiendo un panorama de participación reducida de la mujer en carreras STEM. De los 24 países analizados, solo 6 países tienen programas para incentivar la inserción de mujeres y niñas desde la educación secundaria en áreas STEM. Las investigaciones muestran una marcada disparidad de la participación de mujeres en profesiones STEM y las cifras se hacen más alarmantes cuando se analiza su participación específica en el área de desarrollo de tecnologías basadas en IA (Young et al., 2023). Las cifras para Colombia están cercanas del promedio de la región, pero siguen siendo preocupantes (Michael Page, 2023). En Colombia, por ejemplo, del 37% de las mujeres que trabajan en áreas profesionales STEM, solo el 5% trabaja en desarrollo de IA (Yepes Zuluaga & Granada, 2023). A partir de estas observaciones, permanece latente la pregunta acerca de ¿Cuáles son los factores que provocan estas desigualdades de género en asuntos de participación en la industria de desarrollo tecnológico y especialmente la industria de desarrollo de software? La literatura científica ha resumido los asuntos que contribuyen a la brecha de género en el ámbito del desarrollo de software. Los principales motivos reportados son: Estereotipos de género y falta de modelos a seguir (Young et al., 2023), desigualdades en la educación STEM (López et al., 2023), ambientes laborales poco inclusivos (Bustamante-Mora et al., 2024; Young et al., 2023), brecha salarial de género (ILOSTAT, 2022; Yepes Zuluaga & Granada, 2023), y falta de políticas de conciliación laboral y familiar (López et al., 2023; O'Connor & Liu, 2024). Estos factores, entre otros, contribuyen a la persistente brecha de género en el ámbito del desarrollo de software, según lo reportado en diversas fuentes de la literatura científica.

CONCLUSIONES

Los resultados preliminares de la revisión bibliográfica fueron presentados y son el punto de partida para plantear la pregunta de investigación y los objetivos de este trabajo doctoral. Se identifica como vacío en esta área del conocimiento la ausencia de un currículo que habilite al sistema educativo para enseñar cómo desarrollar tecnologías basadas en IA en educación básica primaria y secundaria viable y aplicable con éxito en el territorio colombiano que defina estrategias pedagógicas, metodologías, y herramientas didácticas necesarias para tal fin, así como metodologías y procedimientos para llevar el currículo para educar en el desarrollo de tecnologías de IA a las aulas de clase con un enfoque de equidad de género para mujeres y niñas. Este currículo se identifica como necesario para promover el surgimiento de nuevos talentos en desarrollo de tecnologías basadas en IA en la región, para disminuir las brechas de género en la participación de la mujer en desarrollo de tecnologías basadas en IA, y para apoyar la intención de Colombia de migrar a una economía basada en conocimiento.

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025
Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |
NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



La revisión bibliográfica desencadena la pregunta de investigación: ¿Cómo desarrollar un currículo para educación básica secundaria que promueva la generación de talento humano en el área de tecnologías digitales en inteligencia artificial y particularmente la participación de más mujeres y niñas en esta área del ecosistema STEM de la región? Y a partir de esta pregunta se establece el objetivo general de esta investigación como: Desarrollar un currículo para la enseñanza de IA en educación básica secundaria en Medellín para promover el surgimiento de talento humano en el área de tecnologías basadas en IA y disminuir las brechas de género en esta área, mediante la definición de las competencias a desarrollar y estrategias pedagógicas que den al currículo una perspectiva de género centrada en mujeres y niñas.

Para alcanzar este objetivo general se requieren las siguientes acciones que representa, cada una, un objetivo específico de la investigación: Primero, establecer un marco de competencias a desarrollar por niños y niñas en el uso y desarrollo de tecnologías basadas en IA que de lineamientos para el diseño curricular en la enseñanza de IA en educación básica secundaria contextualizando aquellos saberes que los y las estudiantes deberían absorber en la industria local de Medellín. Segundo, caracterizar los currículos en IA mediante un mapeo de propuestas curriculares de entidades gubernamentales y no gubernamentales existentes en el mundo para establecer los elementos necesarios que contextualicen el caso Colombia tanto en asuntos curriculares como de promoción de la mayor participación de mujeres y niñas en el desarrollo de tecnologías STEM locales. Tercero, diseñar un currículo para la enseñanza de IA en escuelas públicas de la ciudad de Medellín que incluya estrategias pedagógicas y metodológicas orientadas a superar las barreras que limitan el acceso de las mujeres y niñas a la enseñanza y aprendizaje de IA y otras áreas STEM en la educación secundaria de Medellín. Y finalmente, implementar el currículo diseñando en al menos una escuela pública de la ciudad de Medellín para la identificación de elementos relevantes que permitan hacer recomendaciones específicas para reducir las disparidades de género y fomentar el interés de más mujeres y niñas en áreas STEM, con especial énfasis en IA.

REFERENCIAS

Acosta Valdeleón, W. (2024). Lineamientos para la enseñanza y el aprendizaje de STEM profundo. Una postura desde la escuela, la comunidad y el territorio. In: Universidad de La Salle.

Agrawal, S., Rath, S., Chatterjee, C., & Higgins, M. J. (2024). Do Stronger IPR Incentivize Female Participation in Innovation? Evidence from Chinese AI Patents. *National Bureau of Economic Research Working Paper Series*, No. 32547. <https://doi.org/10.3386/w32547>

AI4K12, T. A. I. A. f. K.-i. A. K. (2024). *K-12 AI Guidelines*. Retrieved October 2024 from <https://ai4k12.org/>

Ariyaratna, G. D. W. M., & Rajapakse, R. A. C. P. (2024, 4-4 April 2024). Teaching Artificial Intelligence in Junior Secondary Education Using an Authentic Approach: A Qualitative Evaluation of the Grade Six AI Learning Module in Sri Lanka. 2024 International Research Conference on Smart Computing and Systems Engineering (SCSE),

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025
Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |
NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Bayona Rodríguez, H. (2023). *STEM: una lucha en clave de género*. Ministerio de Educación Nacional, Colombia. Retrieved Octubre 2024 from <https://www.mineducacion.gov.co/portal/micrositios-institucionales/Dia-de-la-Mujer-2023/414325:STEM-una-lucha-en-clave-de-genero>

Bustamante-Mora, A., Diéguez-Rebolledo, M., Hormazábal, Y., Valdés, Y., & Vidal, E. (2024). Policies, Projects, and Initiatives for Sustainable Higher Education with Gender Equity: Literature Review and Case Study—Universidad de La Frontera. *Sustainability*, 16(12).

Cai, Y., Youngstrom, D., & Zhang, W. (2023, 1-4 Dec. 2023). Exploring Approaches for Teaching Cybersecurity and AI for K-12. 2023 IEEE International Conference on Data Mining Workshops (ICDMW),

Cano Vásquez, L. M., & Ángel Uribe, I. C. (2020). Medellín Territorio STEM+H: un diagnóstico de la Secretaría de Educación de Medellín sobre el desarrollo del enfoque en las instituciones educativas de la ciudad. In. Medellín: Universidad Pontificia Bolivariana - Alcaldía de Medellín.

Castro, E., & Rico, N. (2022). El reto de alentar a las niñas a introducirse en campos STEM. In O. Barcelona (Ed.), *Investigación en Educación Matemática* (pp. 117 - 133).

DNP, D. N. d. P. (2023). Plan Nacional de Desarrollo 2022 - 2026: Colombia, potencia mundial de la vida. In.

Fujita, Y., Ishihara, M., Ogino, T., Nakajima, T., Kambe, H., Inoue, M., & Koizumi, H. (2023, 10-13 Oct. 2023). AI Education based on Case Studies and its Practical Evaluation using Persona Method in User Experience Design. 2023 IEEE 12th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE),

HongYong, H. (2023, 2023/04/24). Development of STEM Education in China. Proceedings of the International Conference on Education, Humanities, and Management (ICEHUM 2022),

IBM. (2022, n.d.). *Open P-TECH: SkillsBuild for Students and Educators*. P-TECH. <https://www.ptech.org/open-p-tech/>

ILOSTAT. (2022). *¿Cuántas mujeres trabajan en STEM?* International Labour Organization. <https://ilostat.ilo.org/es/blog/how-many-women-work-in-stem/>

Intel. (2022). *Enseñanza de IA en el Aula*. <https://www.intel.la/content/www/xl/es/education/k12/teachers/teaching-ai.html>

Jing, S., Liu, X., Gong, X., & Zhao, H. (2022). System Dynamics-Based Analysis on Factors Influencing Artificial Intelligence Talents Training. *IEEE Journal of Radio Frequency Identification*, 6, 753-757. <https://doi.org/10.1109/JRFID.2022.3216063>

Kim, D. H., & Shakya, R. (2023). A Study on the Curriculum Design for K-12 AI Education Using Knowledge Graph. *European Journal of Science, Innovation and Technology*, 3(4), 515-531.

Lane, D. (2018, 2018). *Machine Learning for Kids*. Machine Learning for Kids. <https://machinelearningforkids.co.uk/>

Lao, N. (2020). *Reorienting Machine Learning Education Towards Tinkerers and ML-Engaged Citizens* Massachusetts Institute of Technology]. https://appinventor.mit.edu/assets/files/NatalieLao_PhD_Dissertation.pdf



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



LEE, L. d. E. e. I. E. (2024). Informe 86: El rol crucial de la Niña y la Mujer en la Ciencia. In P. U. Javeriana (Ed.). Laboratorio de Economía de la Educación, Pontificia Universidad Javeriana.

Long, D., & Magerko, B. (2020). *What is AI Literacy? Competencies and Design Considerations* Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, Honolulu, HI, USA. <https://doi.org/10.1145/3313831.3376727>

López, P., Simó, P., & Marco, J. (2023). Understanding STEM career choices: A systematic mapping. *Heliyon*, 9(6). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16676>

Madathil, N. T., Alrabaee, S., Al-kairy, M., Damseh, R., & Belkacem, A. N. (2023, 1-4 May 2023). AI in Education: Improving Quality for Both Centralized and Decentralized Frameworks. 2023 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON),

MEN, M. d. E. N. d. C. (2022). Orientaciones Curriculares Para el Área de Tecnología e Informática en Educación Básica y Media. In.

Michael Page, C. (2023). Talento IT: La Era STEM Llega a América Latina. In M. P. e. I. i. Bogotá (Ed.).

Microsoft. (2023). *MagIA Juvenil, Desarrollo de Habilidades en Programación e Inteligencia Artificial*. <https://sway.cloud.microsoft/e5vaHo6CYK2JrhFY?ref=Link>

Microsoft. (2024). *AI for Good Lab*. <https://www.microsoft.com/en-us/research/group/ai-for-good-research-lab/>

MIT. (2020). *DAILY Curriculum*. <https://raise.mit.edu/daily/>

Negrier, M., Hochstetter, J., Vásquez, F., & Martínez, R. (2023). Visibility of Women in the Software Development Life Cycle Visibilidad de las Mujeres en el Ciclo de Vida del Desarrollo de Software.

O'Connor, S., & Liu, H. (2024). Gender bias perpetuation and mitigation in AI technologies: challenges and opportunities. *AI & SOCIETY*, 39(4), 2045-2057. <https://doi.org/10.1007/s00146-023-01675-4>

Pesek, I., Nosović, N., & Krašna, M. (2022, 7-10 June 2022). The Role of AI in the Education and for the Education. 2022 11th Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO),

Roopaei, M., & Roopaei, R. (2024, 29-31 May 2024). Gamifying AI Education for Young Minds: The TransAI Adventure in Learning. 2024 IEEE World AI IoT Congress (Allot),

Song, P., & Wang, X. (2020). A bibliometric analysis of worldwide educational artificial intelligence research development in recent twenty years. *Asia Pacific Education Review*, 21(3), 473-486. <https://doi.org/10.1007/s12564-020-09640-2>

Sánchez-Jiménez, R., Guerrero-Castillo, P., Guerrero-Bote, V. P., Halevi, G., & De-Moya-Anegón, F. (2024). Analysis of the distribution of authorship by gender in scientific output: A global perspective. *Journal of Informetrics*, 18(3), 101556. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.joi.2024.101556>

UNESCO. (2019). Beijing Consensus on Artificial Intelligence and Education. In.

UNESCO. (2022). K-12 AI curricula: a mapping of government-endorsed AI curricula. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000380602>

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025
Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |
NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Wu, J. (2022, 2-3 Sept. 2022). Quality Evaluation Model of Artificial Intelligence General Education Online Course Based on AI Algorithm. 2022 International Conference on Education, Network and Information Technology (ICENIT),

Yepes Zuluaga, S. M., & Granada, W. F. M. (2023). Engineers' self-perceived employability by gender and age: Implications for higher education. *Cogent Education*, 10(2), 2287928. <https://doi.org/10.1080/2331186X.2023.2287928>

Young, E., Wajcman, J., & Sprejer, L. (2023). Mind the gender gap: Inequalities in the emergent professions of artificial intelligence (AI) and data science. *New Technology, Work and Employment*, 38(3), 391-414. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/ntwe.12278>

Zafari, M., Bazargani, J. S., Sadeghi-Niaraki, A., & Choi, S. M. (2022). Artificial Intelligence Applications in K-12 Education: A Systematic Literature Review. *IEEE Access*, 10, 61905-61921. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3179356>



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Plataforma de Aprendizaje asistida por Inteligencia Artificial y el DUA, para el desarrollo de competencias matemáticas, en estudiantes con Discapacidad Auditiva de la ciudad de Medellín

AUTORES

Frank Alexander Parra Sánchez, estudiante de doctorado. frank_parra106242@elpoli.edu.co

Henry Omar Sarmiento Maldonado hosarmiento@elpoli.edu.co

Carmen Amalia Camacho Sanabria carmenamaliacamacho@hotmail.com

RESUMEN

La agenda 2030 para el desarrollo sostenible, presenta una hoja de ruta dirigida a los diferentes países que están suscritos en ella. En este texto se incluyen temas de interés prioritario para todos los territorios, en particular, la reducción de las brechas que generan desigualdad y el fortalecimiento de la inclusión de las poblaciones que, históricamente, han sido marginadas. De los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), en este trabajo se destaca el número 4 (ODS4), en el que se plantea redoblar los esfuerzos para garantizar una educación inclusiva y equitativa de calidad, con el fin de promover oportunidades de aprendizaje permanente para todos. En este sentido, la presente propuesta doctoral pretende aportar al cumplimiento del ODS4, al focalizarse en el desarrollo de competencias matemáticas en la población sorda. Para lograrlo, se toman en cuenta los principios del Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA), con mediaciones de la Inteligencia Artificial (IA). Esta integración, de acuerdo con el Consenso de Beijing, celebrado en el 2019, permite garantizar un aprendizaje flexible, permanente y personalizado. La propuesta incluye el análisis de literatura para valorar la pertinencia y la validez de la propuesta. Los resultados preliminares sugieren la necesidad de investigaciones en el campo del diseño de PA con IA, para la población sorda.

PALABRAS CLAVE:

Diseño Universal para el Aprendizaje, Inteligencia Artificial, Población sorda.

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025
Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |
NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



INTRODUCCIÓN

El Objetivo de Desarrollo Sostenible número 4 (ODS4) del documento de la Agenda 2030, pone de manifiesto la necesidad de “garantizar una educación inclusiva y equitativa de calidad y promover oportunidades de aprendizaje permanente para todos” (ONU, 2015, p.27). Si bien en este documento se destaca el avance en cuanto al acceso a la educación y el incremento en los niveles de escolarización en los niños y niñas, se pone en evidencia los resultados en términos de una educación con calidad en las poblaciones más vulnerables. Al respecto, Rodríguez y Ferreira (2010) evidencian que, a pesar de las numerosas investigaciones encontradas en repositorios y bases de datos, son escasos los impactos de estos trabajos en el aprendizaje real de los estudiantes con algún tipo de discapacidad, puesto que, históricamente, han pasado desde la aniquilación, la caridad y el asistencialismo, hasta la llamada inclusión, que sólo es concebida como un simple “estar” en la escuela, pero con una escasa atención que posibilite un aprendizaje real y efectivo.

Por otro lado, Vélez y Manjarrés (2020) afirman que la concepción de la discapacidad ha pasado de interpretarse como la condición propia y la patología individual, donde las barreras las tiene el individuo, al enfoque contextual donde la discapacidad resulta de la interacción con el entorno que pueden ser limitantes para el aprendizaje (entornos discapacitantes). Con esto no se desconocen las limitaciones propias de cada individuo en alguna situación de discapacidad, definidas, en palabras de la UNESCO (2020), como “[...] las deficiencias físicas, mentales, intelectuales o sensoriales que, al individuo interactuar con el entorno, pueden impedir su participación plena y efectiva en la sociedad, en igualdad de condiciones con los demás” (p. 13).

Por lo anterior, se debe garantizar el derecho a la educación con equidad para asegurar que a cada alumno se le pueda proporcionar lo que necesita para aprender (Pastor, 2012). Desde este punto de vista, dentro de las investigaciones académicas se ha reflexionado sobre las potencialidades de los recursos tecnológicos para favorecer la inclusión, puesto que existen diversidad de materiales que pueden adaptarse con el fin de favorecer las diferentes formas de aprender de cada individuo. Especialmente, se reconocen los recursos multimedia, plataformas y software asistidos por la Inteligencia Artificial (IA) ya que pueden ser una posibilidad de adaptación a las necesidades de una población diversa (Sánchez, 2024).

En este campo, durante el Consenso de Beijing sobre la Inteligencia Artificial y la educación, UNESCO (2019) reconoce la importancia de la IA en la educación y la atención a la diversidad, por su carácter multidisciplinario y la posibilidad de brindar un aprendizaje permanente y personalizado. Como contraste, en la realidad de las escuelas estas herramientas y sus impactos aún siguen siendo incipientes, ya que, como lo plantea Sánchez (2024), la implementación de recursos multimedia potenciados por IA puede enfrentar barreras significativas debido a la necesidad de infraestructura tecnológica adecuada, capacitación de docentes y acceso equitativo a la tecnología por parte de los estudiantes. Particularmente, los estudiantes con discapacidad auditiva enfrentan un problema mayor, al estar en las escuelas regulares y no contar con el acompañamiento de un intérprete o solo



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



disponer de él sólo en algunos meses del año, debido a deficiencias administrativas de los entes territoriales de Colombia.

En este orden de ideas, se hace necesario el diseño de Ambientes Virtuales de Aprendizaje, con mediaciones tecnológicas, apoyadas por la IA, que brinden posibilidades de aprendizaje permanente, asequible y personalizado a niños, niñas y jóvenes, especialmente a los más vulnerables, como, por ejemplo, la población sorda. El problema en este aspecto, como lo sugieren Sánchez-Morales et al. (2020), radica en que el dominio profundo de entornos de aprendizaje con IA se encuentra en los ingenieros, pero es poco cercano en maestros de instituciones educativas. Adicionalmente, con base en la revisión preliminar de la literatura, estos recursos tecnológicos carecen de un sustento pedagógico que medie la interacción de la IA con el estudiante.

Bajo esta línea de pensamiento, la presente propuesta de tesis tiene como objetivo analizar las posibilidades de la inteligencia artificial, para el diseño de ambientes de aprendizaje, teniendo en cuenta los principios del Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA), con el fin de atender a la población con discapacidad auditiva de la ciudad de Medellín.

Para sustentar la pertinencia de esta propuesta doctoral, se presenta a continuación la revisión preliminar de la literatura, donde se analiza la contribución de la producción relacionada con el uso de la IA para el aprendizaje de estudiantes con discapacidad auditiva. En un apartado posterior, se presentan los resultados y la discusión de esta revisión, para luego enunciar las conclusiones en términos de la relevancia de la presente propuesta.

MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

En este apartado se muestran los avances preliminares de la revisión sistemática de literatura, donde se quiere conocer la producción académica en los últimos cinco años, relacionada con el uso de la IA para el diseño de PA que favorezcan el desarrollo de habilidades matemáticas en la población sorda. Para lograrlo, se ha hecho una revisión mediante un proceso de recolección de información en las principales bases de datos y repositorios de las principales universidades. En este proceso de revisión se tuvo en cuenta la metodología PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta Analyses). Para aplicar esta metodología se construyeron los términos de búsqueda y se realizaron filtros en el proceso de selección, hasta obtener un total de 66 artículos para el análisis de la búsqueda preliminar.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con el fin de analizar los trabajos publicados relacionados con el diseño de PA por la IA, para la población sorda, se tuvo en cuenta las categorías apriorísticas: sustentos teóricos y pedagógicos, alcances de la plataforma, limitaciones y la aplicación del DUA en estos ambientes.

Sustentos teórico-pedagógicos para el diseño de la plataforma



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



En este apartado se discuten los sustentos teóricos y pedagógicos de los trabajos seleccionados que orientan el diseño de las PA asistidas por la inteligencia artificial, para la población sorda. Se observa que la mayoría de las investigaciones, en el apartado de fundamentos teóricos, se limitan a la conceptualización y la explicación de los elementos presentes en cada trabajo, sin hacer una conexión profunda entre ellos y cómo, desde cada concepto, se aporta a la estructuración del proyecto para favorecer la enseñanza y el aprendizaje. En palabras de Van der Maren (1996), la escasa recontextualización de los enunciados y definiciones examinados desde otras fuentes puede correr el peligro de que los marcos teóricos se conviertan en enunciados superficiales, redundantes o, incluso, inútiles para valorar el aprendizaje de la población sorda, mediante el uso de IA. En este mismo sentido, de acuerdo con Gómez-Mendoza et al. (2010), un marco teórico se entiende como las perspectivas teóricas que surgen del examen de teorías e investigaciones existentes que el autor vuelve a enmarcar dentro del contexto de su investigación y que delimitan su objeto de estudio. Por lo tanto, la construcción del marco teórico debe, necesariamente, ser realizada con un espíritu crítico, el cual se manifiesta por un discurso argumentativo. Esta forma de concebir el marco teórico otorga al investigador puntos de referencia para organizar las observaciones, interpretarlas y, a partir de ellas, sugerir preguntas e hipótesis de investigación.

Específicamente, para la presente propuesta doctoral, en las observaciones de los marcos teóricos de los trabajos seleccionados, es recurrente encontrar definiciones de términos o conceptos como TIC, gamificación, Inteligencia Artificial, realidad virtual, discapacidad visual, inclusión, entre otros, presentados en forma de *collage* heterogéneo e inconexo de informaciones.

No obstante, los resultados anteriores pueden deberse a que los trabajos seleccionados son investigaciones desde el campo de la ingeniería, donde el objeto de estudio no se centra en el aprendizaje de la herramienta, sino en su funcionalidad. Solo un trabajo (Yuquilema-Cortés et al., 2024) se hizo con un grupo interdisciplinar de investigadores, desde los campos de la educación, la salud y la ingeniería. Así mismo, uno de los trabajos de pregrado para optar al título de Licenciada en Pedagogía de la Informática (Apugllon, 2024), quién desarrolla una “Plataforma Interactiva y Cooperativa de Apoyo al Aprendizaje” (Picaa), donde se hace un análisis un poco más detallado de los fundamentos pedagógicos y cognitivos del aprendizaje para el desarrollo de la aplicación. Los propósitos de las otras investigaciones se enfocan en la validación de la herramienta, desplazando la reflexión por el impacto en el aprendizaje.

Herramientas y técnicas de IA para el diseño de Plataformas de Aprendizaje

Para la sustentación y el diseño de la presente propuesta de investigación doctoral, es importante indagar y caracterizar las herramientas y técnicas que se han implementado en trabajos anteriores, con el fin de dar orientaciones para su selección en el diseño de la plataforma.

Las herramientas y técnicas de IA representan los pilares fundamentales para el diseño de PA y pueden ser insumos importantes para hacer plausible la aplicación de los principios del DUA.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Por un lado, las herramientas de IA incluyen el conjunto de aplicaciones y sistemas tecnológicos que, al integrarlas, potencian la construcción de funcionalidades inteligentes en las PA y, además, pueden dar versatilidad en cuanto a la variedad de representaciones del conocimiento que implica DUA. Las principales herramientas de IA para el diseño de PA son: Sistemas de recomendación, Sistemas de Tutoría Inteligente (ITS por sus siglas en inglés), Chatbots y asistentes virtuales, Análisis de Aprendizaje (Learning Analytics), Reconocimiento de voz y síntesis del lenguaje, evaluación automatizada, reconocimiento de imágenes y objetos y sistemas de detección de emociones.

Por otro lado, las técnicas de IA son los métodos subyacentes en el diseño de las plataformas, tales como el Aprendizaje Automático (Machine Learning), la minería de datos, el Procesamiento del Lenguaje Natural (NLP) y las redes neuronales. Estas técnicas permiten que las herramientas puedan comprender, analizar y generar respuestas adecuadas, según el contexto del usuario. La sinergia entre las herramientas y las técnicas posibilitan la creación de entornos de aprendizaje permanentes y adaptativos a las necesidades de los usuarios, en este caso, la población con discapacidad auditiva. Dentro de los resultados se destaca que, en la mayoría de trabajos, predomina la técnica del *Deep Learning* debido a su capacidad para analizar grandes cantidades de datos y por el reconocimiento de patrones complejos, como las imágenes y objetos. Esta capacidad hace que sea muy utilizada en entornos educativos. No obstante, es importante señalar que estas aplicaciones están orientadas a poblaciones generales, sin atender adecuadamente las necesidades de las personas, en particular, las que poseen discapacidad auditiva. Al respecto, los resultados de la investigación hecha por Ordóñez y Rodríguez (2024) muestran que los sistemas de recomendación y la minería de datos emergen como las técnicas más utilizadas en el campo de la educación, por ser esenciales para personalizar el aprendizaje y extraer patrones significativos de grandes conjuntos de datos; aunque también resalta las redes neuronales y el *Deep Learning* por ser técnicas avanzadas de análisis y predicción.

Por otro lado, dentro de los trabajos seleccionados, se muestra una prevalencia en el uso de las herramientas de reconocimiento de imágenes y objetos, debido a su capacidad para identificar patrones del movimiento de la mano en el lenguaje de señas; sin embargo, algunas aplicaciones se centran en el reconocimiento de imágenes estáticas, excluyendo aquellas que requieren gestos dinámicos. Adicionalmente, los modelos construidos detectan un número limitado de señas, como en el caso de Vásquez (2021), Muñoz y Moreno (2020) y Pinzón y Sanabria (2021) que identifican solo cinco palabras estáticas; el de Urcuqui y Jiménez (2020) y Patiño (2023) que sólo detectan las letras del abecedario, excluyendo las que requieren movimiento. Además, muchos de estos trabajos reportan dificultades en la limitada base de datos de imágenes y su calidad; así como en la iluminación de los escenarios para la detección eficiente de las señas a ser interpretadas. Estos resultados reflejan que aún queda un campo por explorar para el diseño de PA donde los estudiantes con discapacidad auditiva puedan interactuar, de manera óptima, con los recursos de IA para potenciar su aprendizaje.



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Diseño de plataformas de aprendizaje asistida por IA y los principios del DUA

Como se ha visto en los apartados anteriores, no se han encontrado trabajos que incluyan los principios del DUA en los diseños de las PA. Como también se anotó anteriormente, al ser plataformas enfocadas en la funcionalidad de la herramienta, son pocas las reflexiones en cuanto a la enseñanza y el aprendizaje de los usuarios con discapacidades auditivas. Adicionalmente, los resultados preliminares muestran un desarrollo un poco incipiente en el diseño de PA para la población sorda, por lo que faltan más investigaciones para aprovechar las potencialidades de la IA en espacios virtuales para el aprendizaje permanente y personalizado en la población sorda.

Pese a lo anterior, en la búsqueda de literatura se han encontrado algunos trabajos de revisión documental que indagan sobre las posibilidades que ofrece el uso de la IA en la educación. Por ejemplo, el trabajo de Askarova et al. (2024) en el que se hace una revisión de las soluciones impulsadas por la IA diseñadas para abordar las necesidades especiales de los estudiantes con discapacidad. En los resultados de la investigación los autores destacan algunas áreas de impacto: rutas de aprendizaje personalizadas, tecnologías de asistencia impulsadas por IA, sistemas de tutoría inteligente y aprendizaje socio-emocional. Estos elementos pueden servir de insumos para la integración de los principios del DUA en la construcción de PA asistidos por la IA.

CONCLUSIONES

Con base en los análisis anteriores, son relevantes las investigaciones en el campo de la educación que lleven al diseño de PA que promuevan la inclusión, específicamente en la población sorda quienes han padecido de exclusión dentro de los sistemas educativos. Una exclusión que deviene de la falta de recursos en las escuelas públicas de Colombia, por la ausencia de políticas públicas pertinentes, infraestructura, recursos tecnológicos, capacitación de docentes, entre otros.

Por otro lado, estos proyectos de investigación deben ser promovidos por un grupo interdisciplinar, con el fin de que no solo se diseñen las herramientas, sino también que se evalúe el impacto real en las escuelas de Colombia, en término de los aprendizajes de los estudiantes.

Bajo estas consideraciones, la presente propuesta de tesis doctoral que lleva como título “Plataforma de Aprendizaje asistida por la Inteligencia Artificial y el DUA, para el desarrollo de competencias matemáticas, en estudiantes con Discapacidad Auditiva” es pertinente al abordar un campo poco explorado. Se describe a continuación la pregunta de investigación, el objetivo general y los objetivos específicos.

Pregunta de investigación:

¿Cómo diseñar una Plataforma de Aprendizaje Asistido por Inteligencia Artificial y los principios del DUA para el desarrollo de competencias matemáticas en estudiantes con discapacidad auditiva?



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Objetivo general

Diseñar una Plataforma de Aprendizaje Asistido por Inteligencia Artificial y los principios del DUA para el desarrollo de competencias matemáticas en estudiantes con discapacidad auditiva.

Objetivos específicos

- Caracterizar herramientas que hagan uso de IA para el apoyo de procesos de aprendizaje de estudiantes con discapacidad auditiva mediante una revisión de literatura que permita identificar alcances y limitaciones a fin de establecer sus posibilidades de uso.
- Seleccionar herramientas tecnológicas y metodológicas mediante las orientaciones de los principios del Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA), para garantizar la diversificación de materiales de enseñanza y formas de representación del conocimiento.
- Desarrollar una Plataforma de Aprendizaje asistida por Inteligencia Artificial basada en los principios del Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA), integrando la caracterización de herramientas y metodologías existentes, para facilitar la accesibilidad, interactividad y adaptabilidad
- Validar la eficacia y usabilidad de la plataforma diseñada mediante pruebas piloto en una muestra de estudiantes sordos y retroalimentación experta, para analizar su impacto en el desarrollo de competencias matemáticas a partir de los datos de su uso y aprendizaje.

REFERENCIAS

Alba Pastor, C., Sánchez Serrano, J. M. y Zubillaga del Río, A. (2013). *Pautas para la introducción del Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA) en el currículo*. Proyecto DUALETIC, Universidad Complutense de Madrid. Recuperado de <https://www.cast.org/publications/universal-design-learning-guidelines>.

Apugllón Arellano, MC (2024). Propuesta de incorporación de herramientas digitales en el proceso de aprendizaje de estudiantes con discapacidad auditiva . Trabajo de titulación para optar al título de Licenciada en Pedagogía de la Informática, Universidad Nacional de Chimborazo, Ecuador. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/13045>

Askarova, S., Madiyeva, G., Mirqosimova, M., Boqiyeva, R., Nazarov, A., & Baratova, D. (2024). A Well Designed Personalized and Optimized Model System Implementation for Specific Education System. En 2024 4th International Conference on Advance Computing and Innovative Technologies in Engineering (ICACITE) (pp. 607-611). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICACITE60783.2024.10617032>

CNDH. (2020). *La Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad y su Protocolo Facultativo*. Cuarta reimpresión de la segunda edición. <https://www.cndh.org.mx/sites/default/files/documentos/2019-05/Discapacidad-Protocolo-Facultativo%5B1%5D.pdf>

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025
Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |
NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226





III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



Gómez-Mendoza, M., Deslauriers, J. y Alzate Piedrahita, M. (2010). Cómo hacer tesis de maestría y doctorado : investigación, escritura y publicación. ECOE Ediciones

Muñoz Reina, YP y Moreno, LF (2020). Implementación de un algoritmo para la clasificación automática de lenguaje de señas colombiano en video usando aprendizaje profundo. Trabajo de investigación tecnológica, Universidad Católica de Colombia.
<https://repository.ucatolica.edu.co/entities/publication/cd4d660d-f376-4f15-86f3-96c4143d88a0>

ONU (2015). (2018). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe* (LC/G.2681-P/Rev.3). Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). <https://www.cepal.org/es/publicaciones>

Ordoñez, R. Rodríguez, M. (2024). *Técnicas de Inteligencia Artificial para la Gestión del conocimiento en la educación superior: Una revisión sistemática de la literatura (SLR)*. Revista G-ner@ndo, V°5 (N°2),.1901 – 1925 <https://revista.gnerando.org/revista/index.php/RCMG/article/view/343>

Patiño Bastidas, D. A. (2023). Desarrollo de una herramienta para el aprendizaje autónomo de los fundamentos de la Lengua de Señas Colombiana para padres oyentes de hijos sordos. Universidad Piloto de Colombia. <https://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/12585>

Pinzón Bayona, G. y Sanabria Orjuela, Y. G. (2021). Desarrollo de una aplicación móvil para traductor de lenguaje de señas mediante el uso de servicios web. Universidad Católica de Colombia, Facultad de Ingeniería, Bogotá, Colombia.
<https://repository.ucatolica.edu.co/entities/publication/bb77a7ee-6e26-4d24-a824-e377dca1574e>

Rodríguez Díaz, S. y Ferreira, M. A. V. (2010). Desde la dis-capacidad hacia la diversidad funcional. Un ejercicio de dis-normalización. *Revista Internacional De Sociología*, 68(2), 289–309.
<https://doi.org/10.3989/ris.2008.05.22>

Sánchez, K. (2024). Desarrollo de recursos multimedia potenciadas por inteligencia artificial para promover la inclusión y nivelación educativa en estudiantes de primaria en la Unidad Educativa María Luisa Luque de Sotomayor [Trabajo de grado, Universidad Estatal Península de Santa Elena]. Repositorio Institucional Universidad Estatal Península de Santa Elena
<https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/12013>

Sánchez-Morales, L., Alor-Hernández, G., Rosales-Morales, V. Y., Cortes-Camarillo, C. A., y Sánchez-Cervantes, J. L. (2020). *Generating educational mobile applications using UIDPs identified by artificial intelligence techniques*. *Computer Standards & Interfaces*, 70, 103407.
<https://doi.org/10.1016/j.csi.2019.103407>

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid © 2025

Sede Medellín

Carrera 48 No. 7 – 151 | El Poblado | PBX: (+57) 604 444 76 54 - (+57) 604 319 79 00 |
NIT: 890980136-- Código Postal: 0500226



SCS206-1



III ENCUENTRO DE INGENIERÍA, INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD 2024:

Estrategias para la adaptación al cambio climático



UNESCO (2013). La convención sobre los derechos de las personas con discapacidad y su protocolo facultativo.

<https://www.cndh.org.mx/sites/default/files/documentos/2019-05/Discapacidad-Protocolo-Facultativo%5B1%5D.pdf>

UNESCO. (2019). *Consenso de Beijing sobre la inteligencia artificial y la educación*. Documento final de la Conferencia Internacional sobre la Inteligencia Artificial y la Educación, 16-18 de mayo de 2019, Beijing, República Popular China.

https://perfileseducativos.unam.mx/iisue_pe/index.php/perfiles/article/view/61303

Urcuqui Ortega, C. Y. y Jiménez Tascón, J. C. (2020). Diseño centrado en el usuario de una plataforma para la comunicación por lenguaje de señas basado en machine learning [Monografía para optar al título de Ingeniero de Sistemas]. Fundación Universitaria de Popayán, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería de Sistemas, Grupo de Investigación IMS.

Van der Maren, J.-M. (1996). *Méthodes de recherche pour l'éducation*. Bruxelles: Éditions De Boeck. Recuperado de

https://pum.umontreal.ca/catalogue/methodes_de_recherche_pour_leducation_2e_edition.

Vásquez Soto, M. J. (2021). Aplicación móvil basado en el reconocimiento de imágenes para apoyar el aprendizaje del lenguaje de señas de gestos estáticos en el Perú [Tesis para optar al título de Ingeniero de Sistemas y Computación]. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería de Sistemas y Computación.

<https://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/4061>

Vélez Latorre, L. y Manjarrés Carrizalez, D. (2020). La educación de los sujetos con discapacidad en Colombia: abordajes históricos, teóricos e investigativos en el contexto mundial y latinoamericano. Revista Colombiana De Educación, (78), 253–297. <https://doi.org/10.17227/rce.num78-9902>

Yuquilema Cortez, M. B., Arízaga Vera, F. E., Aguirre Alarcón, M. Y., & Garcia Suñiga, A. A. (2024). Impacto de la inteligencia artificial en la educación, retos y oportunidades. RECIMUNDO, 8(2), 24-34. <https://recimundo.com/index.php/es/article/view/2221>