

REVISTA

VOLUMEN 21 N. 40 - 2026

EDICIÓN ESPECIAL

MEMORIAS

II CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA CON SENTIDO SOCIAL

Una apuesta hacia el desarrollo sostenible

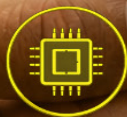
CISS 2025



AGRICULTURA,
ALIMENTACIÓN,
AMBIENTE Y
SOSTENIBILIDAD



INNOVACIÓN EN
INFRAESTRUCTURA
Y CONSTRUCCIÓN
SOSTENIBLE



TRANSFORMACIÓN
DIGITAL Y
TECNOLOGÍAS
EMERGENTES
AVANZADA



OPTIMIZACIÓN DE
PROCESOS Y
PRODUCTIVIDAD
SOSTENIBLE



MEMORIAS

II CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA CON SENTIDO

CISS 2025



BOGOTÁ D.C; COLOMBIA - VOLUMÉN 21 N. 40 - AÑO 2026

La Revista
inventum

ISSN 1909 - 2520 (impreso) - ISSN 2590-8219 (Digital)



Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO

Diagonal 81B # 72B-70. Teléfonos: 2916520 / 50 Ext. 6993

Correo electrónico: inventum@uniminuto.edu

Edición

John Fredy Avendaño Mancipe

Diseño y Diagramación

Zharick Dayanna Rodríguez Nuñez

Corrección de Estilo

Héctor Alfonso Gómez Sánchez

Los conceptos expresados en los artículos competen a sus autores, son su responsabilidad y no comprometen la opinión de la Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO. Se permite la reproducción de textos citando la fuente. Los artículos de esta edición se pueden consultar en la página web de la Revista Inventum: <https://revistas.uniminuto.edu/>

© Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO. Todos los artículos publicados en la Revista INVENTUM son seleccionados por el Comité Editorial de acuerdo con criterios establecidos. Está protegido por el Registro de Propiedad Intelectual. Se autoriza la reproducción total o parcial en cualquier medio, incluso electrónico, con la condición de ser citada clara y completa la fuente, siempre y cuando las copias no sean usadas para fines comerciales.

Publicación semestral de la Facultad de Ingeniería de la Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO, Sede Principal. Publica artículos inéditos resultados de investigación, en la modalidad de artículos de investigación científica, tecnológica o innovación; artículos de reflexión, artículos de revisión, estudios de caso, traducción o reseña de experiencias académicas con perfil social.

Edición n.º 40, año 2026

Rector UNIMINUTO

Harold Castilla Devoz, CJM.

Rector Sede Principal

Jefferson Enrique Arias Gómez

Vicerrectora General Académica

Stéphanie Lavaux

Director de Investigaciones de la Sede Principal

Juan Camilo Osorio Arias

Decano Facultad de Ingeniería

John Camilo Cifuentes Taborda

Director Departamento de Informática, Redes y Electrónica

Liliana Gómez Mesa

Coordinadora Académica Tecnología en Electrónica

Luz Stella Torres Acevedo

Director Tecnología Logística

Mónica Orozco Rodríguez

Director Ingeniería Civil

Oscar Emiro Ballesteros Parra

Director Ingeniería Industrial

Javier Lemos Tamayo

Director Ingeniería de Sistemas

Javier Augusto Ríos Suárez

Directora Ciencias Básicas

Mary Lucía Galindo Galindo

Directora Gestión Básica de la Información

Aura Patricia Munar Rodríguez

Director Ingeniería Agroecológica

Angela Patricia Salamanca Rivera

Revista INVENTUM

Director

John Camilo Cifuentes Taborda
Magíster en Ingeniería Industrial

Editor

Uriel Fernando Carreño Sayago

Comité Editorial

MEng. Wilson Alejandro Martínez
MEng. Milton Mauricio Herrera
MSc. Astrid Ximena Cortés Lozano
PhD. John Fredy Avendaño Mancipe
Dr. Jhon Jairo Monje Carvajal

Comité Científico

Dr. Narciso Barrera Bassols
(Universidad Autónoma de Querétaro, México)

Dr. Miguel A. García Ruiz
(Universidad de Algoma, Canadá)

Dr. Ricardo Matos Chaim
(Universidad de Brasilia)

Dr. Ángel Calle Collado
(Universidad de Córdoba)

Dr. Carlos Felipe Urazán Bonel
(Universidad de La Salle)

Dr. Miguel Zapata Ros
(Universidad de Murcia)

Dr. Jaime Morales Hernández
(Universidad Jesuita de Guadalajara)

Dr. Miguel Ángel Escalona
(Universidad Veracruzana)

COMITÉ CIENTÍFICO

PhD. MIGUEL ÁNGEL GARCÍA RUIZ (México y Canadá)

Se graduó en Ingeniería Informática de Sistemas y obtuvo su Maestría en Ciencias de la Computación de la Universidad de Colima, México. Doctorado en Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial del Centro de Investigación en Ciencia Cognitiva (COG) de la Universidad de Sussex, Reino Unido. Graduado del curso de realidad virtual en la Universidad de Salford, Inglaterra. Cuenta con una pasantía de técnicas gráficas en la Universidad Politécnica de Madrid, España. Instructor de cursos de Ciencias de la Computación.

Su investigación principalmente está centrada en la realidad virtual e interfaces multimodales en la Universidad de Colima. Ha publicado varios libros y artículos científicos en diversas revistas y dirigió un documental introduciendo a la realidad virtual. Fue profesor visitante en la Facultad de Ciencias Empresariales y de Tecnologías de Información de la Universidad de Ontario, Canadá, donde participó en un proyecto de investigación sobre la lucha contra las desviaciones sociales con la tecnología, y enseñó una serie de cursos de informática.

Actualmente es profesor asociado de la Facultad de Telemática de la Universidad de Colima. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores de México (SNI) Nivel I del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).

PhD. NARCISO BARRERA BASSOLS (México)

Geógrafo, antropólogo y etnoecólogo adscrito al Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental (CIGA-UNAM), en México. Con más de 60 publicaciones en revistas internacionales, libros, capítulos de libros y artículos de investigación.

Sus líneas de especialización giran en torno a los saberes locales y el manejo de la diversidad y la resiliencia paisajística en el área de tradición mesoamericana en África, América del Sur y sureste de Asia. Miembro del Comité Internacional del Programa Global de Geoparques de la UNESCO. Coordinador del Grupo de Trabajo sobre Geoparques de la Unión Geográfica Internacional (UGI).

Desde hace tres años conduce y produce un programa de radio sobre la música de ida y vuelta entre África e Iberoamérica. Museógrafo desde hace 20 años. Investigador Nacional Nivel I del CONACYT. Actualmente se desempeña como docente investigador en la Facultad de Filosofía de la Universidad Autónoma de Querétaro, México.

PhD. CARLOS FELIPE URAZÁN BONELLS (Colombia)

Ingeniero Civil y especialista en Administración de Obras de Construcción. Doctor en Gestión

del Territorio e Infraestructuras del Transporte por la Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España.

Docente investigador vinculado a la Universidad de La Salle como miembro del Centro de Investigación en Desarrollo Sustentable y Cambio Climático - CIDESCAC. Conferencista invitado en escenarios académicos a nivel nacional e internacional.

Se dedica a la investigación en los campos de: desarrollo urbano en sectores de origen informal a partir del desarrollo de vivienda e infraestructura, así como al análisis de transporte y movilidad urbana.

PhD. JAIME MORALES HERNÁNDEZ (España)

Realizó su doctorado en Agroecología en la Universidad de Córdoba, España, siendo su especialidad la Agroecología y el Desarrollo Rural Sustentable.

Es autor del libro Sociedades Rurales y Naturaleza (ITESO/UIA, 2004) y coeditor del libro Sustentabilidad rural y desarrollo local en el Sur de Jalisco (ITESO, 2006).

Ha publicado artículos en revistas científicas de España, Francia, Brasil y Estados Unidos. Autor de diversos capítulos en libros colectivos sobre el tema. Ha participado en diferentes proyectos de investigación sobre sustentabilidad rural y desarrollo local. Con financiamiento de CONACYT y junto con la Universidad Autónoma Metropolitana participó en el proyecto agricultura periurbana y sustentabilidad en la Zona Conurbana de Guadalajara. Es profesor visitante del Doctorado en Agroecología de la Universidad de Córdoba, España, que goza de reconocimiento de excelencia académica de la Unión Europea. Miembro del comité evaluador del Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología de Jalisco, México. Coordinador del Programa Formal de Investigación del CIFS y miembro de la Comisión de Investigación de ITESO.

PhD. RICARDO MATOS CHAIM (Brasil)

Graduado en Administración de Empresas y Ciencias de la Computación, Magíster y Doctorado en Ciencias de la Información de la UnB. Profesor asociado en la Universidad de Brasilia, para el curso de Ingeniería de Software. Cuenta con experiencia en la gestión y los sistemas de gobierno de la ingeniería, que operan en las siguientes áreas: materiales estratégicos para la Internet, la gestión de riesgos e incertidumbres, ingeniería de software. Investigador en IBIT / UnB y en el CEFTRU UnB (Centro de Estudios Interdisciplinarios en Transporte), donde realiza la coordinación de sus sistemas de laboratorio.

Trabajó durante dos años en proyectos de cooperación internacional como consultor para el Banco Interamericano de Desarrollo (PROCENSUL II Proyecto). En la empresa Tecnología de la Información y de la Seguridad Social - DATAPREV ocupó cargos técnicos de analista de sistemas, gerente de proyectos para internet y la externalización de los proyectos y la calidad de los sistemas de software basado en la técnica de puntos de función.

Desde el año 2000 es docente de pregrado y posgrado en Tecnología de la Información. Ha impartido cursos en el posgrado en instituciones como ENAP y UPIS en disciplinas relaciona-

das con Marketing Estratégico y Gestión de la Información, incluyendo educación a distancia, así como por la Dirección de FGV de la Fundación Getulio Vargas en Brasilia, MBA en Gestión Estratégica de los Sistemas de Información.

PhD. ÁNGEL CALLE COLLADO (España)

Profesor de sociología en el Instituto de Sociología y Estudios Campesinos (ISEC) de la Universidad de Córdoba, España, donde trabaja en temas de movimientos sociales, democracia y agroecología. Integrante de diversas redes críticas con el orden global como la plataforma ¿Quién debe a quién? Participa en cooperativas de consumo agroecológico.

Es autor de Nuevos Movimientos Globales (Ed. Popular, 2005), del poemario Utopistas y Desutópatas (Baile del Sol, 2008), y Democracia radical. Entre vínculos y utopías (Icaria, 2013).

PhD. MIGUEL ZAPATA ROS (España)

Doctor Ingeniero en Informática, en la Universidad de Alcalá. Es licenciado en Matemáticas (especialidad de Estadística, Probabilidad e Investigación Operativa) en Valencia.

Después tuvo una formación adquirida como docente en Secundaria, formador de profesores y maestros en activo a través del proyecto de innovación docente en TICs del MEC y de la CA de Murcia; profesor de la Universidad de Murcia en Psicología Educativa, del ICE. Profesor de las universidades de Murcia y de Alcalá.

En la Universidad de Murcia se dedica a la formación docente universitaria en el ICE. En la Universidad de Alcalá coordina e imparte un máster oficial sobre aprendizaje en entornos virtuales. Se desempeña como investigador del Instituto Interuniversitario de Economía Internacional y profesor honorario del Centro de Formación y Desarrollo Profesional de la Universidad de Murcia.

Edita la Revista de Educación a Distancia, la Revista de Docencia Universitaria y participa en el grupo de editores de E-revistas, portal español de revistas científicas de acceso abierto de CINDOC-CSIC, cuyo foro en Rediris coordina. Además, es miembro de INCODE, agencia consultiva de la ONU sobre educación a distancia.

PhD. MIGUEL ÁNGEL ESCALONA AGUILAR (España)

Magíster y doctor en Agroecología, Sociología y Desarrollo Rural Sustentable por la Universidad de Córdoba, España. Estudió biología en la Escuela Nacional de Estudios Profesionales, Iztacala de la UNAM, y maestría en Producción Frutícola Tropical por la Escuela Nacional de Fruticultura, además cuenta con maestría en Biotecnología de la Universidad de Colima, especialización en Agricultura y Ganadería Ecológica de la Universidad Internacional de Andalucía en España.

Ha impartido cursos de posgrado en fruticultura tropical y también ha sido profesor de Agroecología para la Organización de Estudios Tropicales de Costa Rica y de agricultura ecológica en la Universidad de Córdoba, España.

Profesor de la Maestría Agroecología: un Enfoque para la Sustentabilidad Rural, coordinado por la Universidad de Córdoba, Universidad Pablo de Olavide de Sevilla y por la Universidad Internacional de Andalucía. Ha escrito más de 10 artículos científicos en publicaciones nacionales, participado en 8 capítulos de libros y publicado tres libros, y dirigido más de 45 tesis de licenciatura.

Es miembro de los grupos de investigación del Instituto de Sociología y Estudios Campesinos (ISEC) de la Universidad de Córdoba.

CONTENIDO

Editorial.....	1
(Artículo) Modelo de transporte de residuos alimentarios a cocinas comunitarias mediante rutas logísticas optimizadas. S. Sánchez, J. Bravo, F. Henao, T. Pereira; Transportation model of food waste sources to community kitchens through optimized logistics routes.....	3
(Poster) Bioensayo de comparación de dos técnicas de producción hidropónica raíz flotante y sustrato (gravilla-hidrogel) en un prototipo de acuaponía. J.Y. Martín, J.A. Franco, D.R. Acosta, C.Manrique; Bioassay comparing two hydroponic production techniques: floating root and substrate (gravel-hydrogel) in an aquaponics prototype.....	8
(Artículo) Caracterización de arena de sílice de relaves de minas de oro para materiales de hormigón. H. Gil, J.L. Rodas, J.D. Ramírez; Silica sand characterization from gold mine tailings for concrete materials.....	11
(Artículo) La realidad virtual como herramienta para la formación en ingeniería: Desarrollo de una simulación para el proceso de calibración. J. Zuluaga, C. Castrillón, A. Piedrahita; Virtual reality as a tool for engineering education: Development of a simulation for calibration process.....	16
(Artículo) Sistema en tiempo real para la vigilancia de la calidad de los billetes interactuando: caso de uso de la máquina CashPro. J.L. Chacón, E.S. Barraza; Real-time System for surveillance of money bills quality interacting: use case scenario of the CashPro machine.....	20
(Artículo) Desarrollo de un Sistema Integral de Diagnóstico y Medición del Desempeño para la Categoría Estratégica de Comunicación e Información en la Cadena de Suministro. R.G.García, D.C. Rojas, S.A.Mayorga; Development of an Integral Diagnostic and Performance Measurement System for the Strategic Category of Communication and Information in the Supply Chain.....	24
(Poster) Construcción Ancestral y Moderna: Un Equilibrio Sostenible (Curso básico en obras civiles con enfoque para la Comunidad U 'Wa). Y. C.González, J. D.Castro, J. J.Gomes, L. C. Acosta; Ancestral and Modern Construction: A Sustainable Balance (Basic course in civil works with a focus on the U'Wa Community)	28
(Poster) Aprovechamiento del contenido energético de gases de combustión: evaluación técnico-financiera de autogeneración eléctrica en centros de cremación. V. D.Carvajal T. K. Riveros, G. M. Medina; Harnessing the energy content of combustion gases: technical and financial evaluation of self-generation of electricity in cremation centers.....	30

EDITORIAL

Presentación

La Escuela de Ingeniería de la Corporación Universitaria Minuto de Dios – UNIMINUTO, Sede Principal, presenta las memorias del II Congreso Internacional de Ingeniería con Sentido Social (CISS 2025): Una apuesta hacia el desarrollo sostenible. Este espacio académico ha reunido diversas voces, miradas y experiencias que, desde la investigación, el compromiso social y la innovación, enriquecen el diálogo sobre el rol de la ingeniería en la transformación de los territorios.

La publicación de estas memorias, así como el desarrollo del Congreso, fue posible gracias al trabajo articulado de docentes e investigadores que hicieron parte de los distintos comités del evento. En este sentido, es pertinente reconocer el liderazgo y la participación de:

- John Camilo Cifuentes Taborda - Decano de la Facultad de Ingeniería – General Chair
- Juan Camilo Osorio Arias – Director de Investigaciones Sede Principal – Scientific Chair
- John Avendaño Mancipe – Coordinador Maestría en Cambio Climático y Desarrollo Sostenible y Editor Revista INVENTUM – Publication Chair
- Mónica Orozco Rodríguez – Director de Programa Académico y Líder de la Red de Competitividad - Sponsorship/Exhibits Chair
- Liliana Gómez Mesa - Director de Programa Académico y Líder de la Red Tecnología e Información – Registration Chair
- Luz Stella Torres Acevedo - Director de Programa Académico y Líder de la Red Automatización y Sistemas Inteligentes - Academic Committee
- Maikol Santamaría Galindo - Director de Programa Académico y Líder de la Red Agricultura y Desarrollo Sostenible - Academic Committee
- Javier Augusto Ríos Suárez – Profesor de la Escuela de Ingeniería- Publicity/Public Relations Chair

- Oscar Emiro Ballesteros Parra - Director de Programa Académico y Líder de la Red Infraestructura y Construcción Sostenible - Logistic Chair

Este documento ha sido organizado en torno a cuatro ejes temáticos que estructuraron el desarrollo del Congreso: Agricultura, alimentación, ambiente y sostenibilidad; Innovación en infraestructura y construcción sostenible; Transformación digital y tecnologías emergentes avanzada; y Optimización de procesos y productividad sostenible. Para tal fin, se recopilieron los aportes significativos de cada uno de los autores dentro de los procesos de investigación, los cuales fueron sometidos a revisión por pares evaluadores para la generación de recomendaciones y ajustes respectivos como productos de calidad que contribuyen a los resultados de este evento.

Los trabajos incluidos en esta compilación representan propuestas innovadoras con un claro compromiso con las comunidades, alineadas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible promovidos por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) en su Agenda 2030. Esta publicación constituye un valioso testimonio del quehacer de la ingeniería con sentido humano, ético y transformador.

Introducción

El II Congreso Internacional de Ingeniería con Sentido Social (CISS 2025): Una apuesta hacia el desarrollo sostenible nace como parte y evolución de los eventos de la semana de Ingeniería que se viene realizando desde hace 16 años en la Facultad de Ingeniería de la Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO, que se proyecta como un escenario de encuentro nacional e internacional orientado a promover el compromiso ético, científico y social de esta disciplina en el contexto contemporáneo.

Esta segunda versión del Congreso propone como eje principal la responsabilidad social de la ingeniería con apuestas al desarrollo sostenible, abordando múltiples perspectivas académicas y profesionales dentro de los cuatro ejes temáticos: Agricultura, alimentación, ambiente y sostenibilidad; Innovación en infraestructura y construcción sostenible; Transformación digital y tecnologías emergentes avanzada; y Optimización de procesos y productividad sostenible. Estos temas no solo reflejan los principales desafíos y oportunidades dentro del campo de la ingeniería, sino que también se alinean con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030, reconociendo la necesidad de apropiación, participación e involucramiento de todos los sectores de la sociedad: gobiernos nacionales, autoridades locales, sociedad civil, negocios y sector privado, organizaciones no gubernamentales y comunidad académica

Es por esto que el II Congreso Internacional de Ingeniería con Sentido Social (CISS 2025) fortalece la apuesta de UNIMINUTO por una formación en ingeniería centrada en el servicio a la sociedad, el pensamiento crítico y la innovación con propósito desde diferentes enfoques disciplinares para abordar aspectos complejos como el cambio climático, ambiente y desarrollo sostenible, investigación y desarrollo tecnológico, innovación y transformación digital, modelos empresariales sostenibles, sistemas agroalimentarios sustentables, entre otros.

EJE TEMÁTICO 1

Agricultura, alimentación, ambiente y sostenibilidad.

Como citar este artículo: J.S. Sánchez, J. Bravo, F. Henao, T. Pereira. “(Artículo) Modelo de transporte de residuos alimentarios a cocinas comunitarias mediante rutas logísticas optimizadas” inventum, vol 21, no, 40, pp. 3 - 7, año 2026 . DOI 10.26620/uniminuto.inven-tum.21.40.2026.03-07.

Editorial: Corporación Universitaria Mi-nuto de Dios - UNIMINUTO.

ISSN:1909-2520
eISSN: 2590-8219

Línea temática: Agricultura, alimentación, ambiente y sostenibilidad.

Sesión: Alimentación y transformación social.

Juan Sebastián Sánchez-Gómez
Jessica Bravo
Frank Henao
Tanisha Pereira

(Artículo) Modelo de transporte de residuos alimentarios a cocinas comunitarias mediante rutas logísticas optimizadas

Transportation model of food waste sources to community kitchens through optimized logistics routes

RESUMEN

El desperdicio de alimentos representa un desafío significativo en Colombia, donde aproximadamente el 34% de los alimentos producidos se desperdician o pierden anualmente, lo que equivale a alimentar a alrededor de 8 millones de personas. Este estudio propone un modelo integral de gestión de residuos que conecta a los generadores de desperdicio de alimentos, como restaurantes y mercados, con los comedores comunitarios mediante rutas logísticas optimizadas. La metodología implica la caracterización de residuos, la clasificación automatizada y la optimización de rutas. Implementado en Bogotá, el sistema redirige el excedente de alimentos a 123 comedores comunitarios, beneficiando semanalmente a más de 18.000 personas vulnerables, a la vez que reduce las emisiones de gases de efecto invernadero de los vertederos. Este enfoque innovador mejora la seguridad alimentaria, promueve la sostenibilidad ambiental y fomenta la economía circular, destacando las oportunidades de escalabilidad y mejora.

Palabras clave: Desperdicio de alimentos, economía circular, optimización logística, desarrollo sostenible.

ABSTRACT

Food waste represents a significant challenge in Colombia, with approximately 34% of the food produced being wasted or lost annually, equivalent to feeding around 8 million people. This study proposes an integrated waste management model that connects food waste generators, such as restaurants and marketplaces, with community kitchens via optimized logistical routes. The methodology involves waste characterization, automated classification, and route optimization.

Implemented in Bogotá, the system redirects surplus food to 123 community kitchens, benefiting over 18,000 vulnerable individuals weekly while reducing greenhouse gas emissions from landfills. This innovative approach enhances food security, promotes environmental sustainability,



and fosters the circular economy, highlighting opportunities for scalability and improvement.

Keywords: Food waste, circular economy, logistics optimization, sustainable development.

INTRODUCCIÓN

La reducción del desperdicio de alimentos se ha convertido en un objetivo global, contemplado en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) [1]. La Agenda 2030 propone 17 ODS, pero países como Colombia no han cumplido ninguno [2] y presentan rezagos [3]. Considerando la distribución de la pérdida de alimentos por región, la región Centro-Oriente participa con un 27,7%, siendo la zona con el mayor porcentaje de pérdida de alimentos a nivel nacional, en comparación con el Caribe y la región Centro-Sur [4].

En Colombia, el 34% de los alimentos producidos no se consume, es decir, 9,76 millones de toneladas, de las cuales el 22% (6,22 millones de toneladas) se pierden y el 12% (3,54 millones de toneladas) se desperdicia. Aproximadamente el 58% (6,1 millones de toneladas) de frutas y verduras se desperdicia [5].

Podría alimentar a más de 8 millones de personas al año, equivalente a la población de Bogotá. Los negocios de comida y los establecimientos gastronómicos son las principales causas del desperdicio de alimentos, que se está convirtiendo en un grave problema ambiental y social, agravado por su crecimiento descontrolado. En Colombia, se desperdician alrededor de 9,7 millones de toneladas de alimentos al año. Se estima que, en la ciudad de Bogotá, este desperdicio asciende a 4,5 toneladas diarias [6].

Considerando la cantidad de desperdicio a nivel nacional y una población de aproximadamente 3,2 millones de personas desnutridas, se puede afirmar que 8 millones de personas podrían alimentarse con estas cifras [7].

Además, la falta de una mejor gestión de la logística del transporte contribuye a este problema. En contraste con lo anterior, la infraestructura logística para el transporte de alimentos es insuficiente y existe una debilidad en la disposición final de los productos en estos establecimientos, lo cual es una de las causas de la falta de estrategias orientadas a la economía circular [8], lo que genera un problema de conectividad y coordinación entre los actores de la cadena alimentaria y las redes de distribución para el uso de estos recursos [9].

El diagrama de Ishikawa (véase la Figura 1) representa visualmente las causas fundamentales del desperdicio de alimentos en Colombia, estructurado en cuatro categorías principales: Consumo, Logística, Transporte y Almacenamiento. Destaca estadísticas clave, como el 34 % de los alimentos producidos que no se consumen y la generación diaria de 4,5 toneladas de residuos en Bogotá. La región Centro-Oriente presenta la mayor pérdida de alimentos, con un 27,7 %.

Destaca la urgencia de abordar las ineficiencias en toda la cadena de suministro de alimentos y los problemas sistémicos que subyacen al desperdicio de alimentos, así como de orientar estrategias alineadas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Por ello, se propone un sistema logístico que permita conectar restaurantes, plazas de mercado y supermercados como generadores de residuos alimentarios con los comedores comunitarios, siendo la elección de estos últimos en función de la distancia más cercana calculada por el programa, en función de la clasificación de los residuos.

INTRODUCTION

The reduction of food waste has become a global goal, contemplated in the Sustainable Development Goals (SDGs) [1]. The 2030 Agenda proposes 17 SDGs, but countries such as Colombia have not met any of the SDGs [2] and presents lags [3]. Taking into consideration the distribution of food loss by region, the Central-East participates with 27.7%, being the area with the highest percentage of food loss at the national level, compared to the Caribbean and Central-South [4].

In Colombia, 34% of the food produced is not consumed, that is, 9.76 million Tons, of which 22% (6.22 million Tons) is lost, and 12% (3.54 million tons) is wasted. Approximately 58% (6.1 million tons) of fruits and vegetables are wasted [5].

It could feed more than 8 million people a year, equivalent to the population of Bogotá. Food businesses and gastronomic establishments are the main causes of food waste, which is becoming a great environmental and social problem, aggravated by its unregulated growth. In Colombia, about 9.7 million tons of food are wasted every year. It is estimated that, in the city of Bogotá, this non-utilization amounts to 4.5 tons per

day [6].

Taking into consideration the amount of waste at the national level and a population of approximately 3.2 million undernourished people, it can be stated that 8 million people could be fed with these figures [7].

In addition, the lack of better transportation logistics management contributes to this problem. In contrast to the above, the infrastructure in food transportation logistics is insufficient, and there is a weakness in the final disposal of products in these establishments, which is one of the causes of the lack of strategies aimed at the circular economy [8], causing a problem of connectivity and coordination between the actors of the food chain and distribution networks for the use of these resources [9].

The Ishikawa diagram (see Figure 1) visually represents the root causes of food waste in Colombia, structured into four main categories: Consumption, Logistics, Transportation, and Storage. It highlights key statistics, such as 34% of food produced not being consumed, and Bogotá generating 4.5 tons of waste daily.

The Central-East region shows the highest food loss at 27.7%. It emphasizes the urgency of addressing inefficiencies across the food supply chain and the systemic issues behind food waste and guiding strategies aligned with the Sustainable Development Goals (SDGs).

Therefore, a logistic system is proposed that will allow connecting restaurants, marketplaces, and supermarkets as generators of food waste with community kitchens, the choice of the latter being based on the closest distance calculated by the program, depending on the classification of the waste.

CONCLUSIONES

El sistema de gestión de residuos, especialmente en lugares con altos niveles de desperdicio alimentario, tiene un impacto directo en la reducción del desperdicio alimentario, contribuyendo a la reducción de la huella de carbono al evitar las emisiones generadas por la descomposición. Proporcionalmente, tiene un efecto positivo en la seguridad alimentaria, beneficiando a miles de personas que acuden al comedor social en busca de alimentos y proporcionando una fuente vital de nutrición a quienes más la necesitan. De esta

manera, el sistema no solo promueve la sostenibilidad ambiental y mitiga la inseguridad alimentaria, sino que también fomenta la economía circular mediante la redistribución y el aprovechamiento de los alimentos a través del Banco de Alimentos.

En Bogotá, el único Banco de Alimentos disponible es el centro de acopio más adecuado para gestionar la logística de la redistribución y el uso de alimentos. Sin embargo, aunque tiene una cobertura significativa dentro de la ciudad, su infraestructura de almacenamiento y distribución podría no ser suficiente para gestionar el creciente volumen de donaciones de diversas fuentes, como restaurantes, mercados distritales y grandes superficies de distribución de alimentos. Esto podría generar cuellos de botella en el proceso, dificultando la gestión eficiente de los recursos y limitando el impacto del proyecto en la reducción del desperdicio y la mejora de la seguridad alimentaria.

Promover la creación de una segunda sede del Banco de Alimentos o establecer alianzas con otras organizaciones que cumplan con la normativa vigente mejorará significativamente los procesos logísticos y de almacenamiento, maximizando así el impacto del sistema de gestión de residuos. Además, ampliar la red de donantes, como empresas productoras de alimentos y explotaciones agrícolas locales, contribuirá a aumentar los recursos disponibles y a ampliar la cobertura del sistema, beneficiando a un mayor número de comedores diarios y favoreciendo la sostenibilidad ambiental.

CONCLUSIONS

The waste management system, especially in places with high levels of food waste, has a direct impact on the reduction of food waste, contributing to the reduction of the carbon footprint by avoiding emissions generated by decomposition. Proportionally, it has a positive effect on food security, benefiting thousands of people who come to the soup kitchen in search of food and providing a vital source of nutrition for those who need it most. In this way, the system not only promotes environmental sustainability and mitigates food insecurity but also fosters the circular economy through the redistribution and utilization of food through the Food Bank.

In Bogota, the only Food Bank available is the most

suitable collection center to manage the logistics of food redistribution and utilization. However, although it has significant coverage within the city, its storage and distribution infrastructure may not be sufficient to handle a growing volume of donations from different sources, such as restaurants, district marketplaces, and large food distribution surfaces. This could create bottlenecks in the process, hindering the efficient management of resources and limiting the project's impact on reducing waste and improving food security.

Promoting the creation of a second Food Bank headquarters or establishing partnerships with other organizations that comply with current regulations will significantly improve logistics and storage processes, thus maximizing the impact of the waste management system.

In addition, expanding the network of donors, such as food-producing companies and local farms, will help increase available resources and expand the system's coverage, benefiting a greater number of daily canteens and favoring environmental sustainability.

REFERENCES

- [1] J. S. Sánchez-Gómez, "Resultados de Colombia en el índice ODS 2019: más rezagos que objetivos cumplidos," Bogotá, Oct. 2020. Accessed: Aug. 31, 2022. [Online]. Available: <http://hdl.handle.net/1992/47761>
- [2] J. S. Sánchez-Gómez, "Quality education in Colombia: From the lagging SDG 4 to the inclusive 2030 Agenda," in Proceedings of the 21th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology (LACCEI 2023), Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions, 2023. doi: 10.18687/LACCEI2023.1.1.1503.
- [3] J. S. Sánchez-Gómez, "El rezago significativo de Colombia en el ODS 5 entre 2015 y 2021," CAL Matilda, 2022.
- [4] Departamento Nacional de Planeación, "Pérdida y desperdicio de alimentos en Colombia," Estudio de la dirección de seguimiento y evaluación de políticas públicas. Departamento nacional de planeación. Recuperado de https://mrv.dnp.gov.co/Documentos%20de%20Interes/Perdida_y_Desperdicio_de_Alimentos_en_Colombia.pdf, 2016
- [5] M. M. M. Anaya and J. C. Q. Pechene, "Estado actual de los desperdicios de frutas y verduras en Colombia," in Memorias de Congresos UTP, 2017, pp. 194–201.
- [6] N. A. Soto Ramírez, "Análisis socio-ambiental de la pérdida y desperdicio de alimentos en la cadena agroalimentaria: caso central de abastos de Bogotá (Cora-bastos)," 2021.
- [7] M. P. Araujo Calderón and L. M. Abondano González, "Reducción del desperdicio de alimentos en la cadena de suministro en empresas de la industria alimenticia," 2023.
- [8] J. S. Sánchez-Gómez, P. A. Salazar Caviedes, M. T. Pereira Vindas, L. V. Leuro Nuñez, G. Garzón Lozano, and L. Flórez Fernández, "Circular system of energy use of coffee biomass," in Proceedings of the 2nd LACCEI International Multiconference on Entrepreneurship, Innovation and Regional Development (LEIRD 2022): "Exponential Technologies and Global Challenges, Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions, 2022. doi: 10.18687/LEIRD2022.1.1.200.
- [9] K. M. Beltrán Ramírez and L. V. Duarte Rincón, "Propuesta de aprovechamiento de alimentos agrícolas en la ciudad de Bogotá: Una mirada a la logística de distribución," 2021.
- [10] C. D. A. Martinez, M. L. Guarín, S. V. Castañeda, V. A. T. Muñoz, D. P. Cardona, and J. S. Sánchez-Gómez, "Transportation models and unsupervised learning methods to minimize food waste in schools of Medellín," in 2024 21st International Conference on Electrical Engineering, Computing Science and Automatic Control (CCE), IEEE, 2024, pp. 1–6.
- [11] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, "Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible," Recuperado de: <https://bit.ly/2VJx00t>, 2012.

[12] J. J. Bejarano-Roncancio and E. A. Rivera-Torres, "DETERMINACIÓN DEL CAMBIO GENERADO POR LA INTERVENTORÍA EN LA CALIDAD HIGIÉNICO-SANITARIA DE LOS ALMUERZOS SUMINISTRADOS EN EL PROYECTO" COMEDORES COMUNITARIOS" DE LA SECRETARÍA DISTRITAL DE INTEGRACIÓN SOCIAL (SDIS) DURANTE EL AÑO 2006," Revista de la Facultad de Medicina, vol. 58, no. 4, pp. 272– 282, 2010.

Como citar: J.Y. Martín, J.A. Franco, D.R. Acosta, C. Manríquez. "(Poster) Bioensayo de comparación de dos técnicas de producción hidropónica raíz flotante y sustrato (gravilla - hidrogel) en un prototipo de acuaponía." *inventum*, vol 21, no, 40, pp. 8- 10, año 2026 . DOI 10.26620/uniminuto.inven-tum.21.40.2026.8-10.

Editorial: Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO.

ISSN: 1909-2520

eISSN: 2590-8219

Línea temática: Agricultura, alimentación, ambiente y sostenibilidad.

Sesión: Ambiente y desarrollo sostenible.

Juana Yadira Martín Perico

Julio Alejandro Franco Ortega

Dania Rocio Acosta Mesa

Carolina Manrique Torres

(Poster) Bioensayo de comparación de dos técnicas de producción hidropónica raíz flotante y sustrato (gravilla-hidrogel) en un prototipo de acuaponía.

Bioassay comparing two hydroponic production techniques: floating root and substrate (gravel-hydrogel) in an aquaponics prototype.

INTRODUCCIÓN

La mejora de las técnicas para la obtención de alimentos es una necesidad inminente, dado el crecimiento poblacional y las variantes socioambientales que limitan el acceso a estos productos en términos de costos, calidad y uso de recursos, lo que se agudiza en las zonas urbanas. En este sentido, la acuaponía urbana surgió como una alternativa sostenible que combina las características de la acuicultura tradicional junto con las del cultivo hidropónico moderno, evitando el uso de pesticidas e insecticidas, que son reemplazados por elementos de biocontrol, lo que hace la producción de alimentos más saludable.

Palabras clave: acuicultura, acuaponía, hidrogel, sustrato, raíz flotante.

INTRODUCTION

The improvement of food techniques is an imminent need, given population growth and socio-environmental variants that limit access to these products in terms of costs, quality and use of resources, which is exacerbated in urban areas. In this sense, urban aquaponia emerged as a sustainable alternative that combines the characteristics of traditional aquaculture along with those of modern hydroponic culture, avoiding the use of pesticides and insecticides, which are replaced by biocontrol items, which makes the production of healthy foods.

Keywords: aquaculture, aquaponia, hydrogel, substrate, floating root.

OBJETIVO GENERAL:

Comparar las técnicas de producción hidropónica raíz flotante y el sustrato (gravilla-hidrogel), para la optimización del sistema en el control de sustancias, de suministro de agua y de productividad en un cultivo.



GENERAL OBJECTIVE:

Compare the techniques of floating root production and substrate (gravel-hydrogel), for the optimization of the system in substance control, water supply and productivity in a crop.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Implementar el bioensayo en el modelo acuapónico funcional.

- Evaluar las técnicas empleadas para analizar su productividad y rendimiento.

SPECIFIC OBJECTIVES:

- Implement bioassay in the functional aquaponic model.
- Evaluate the techniques used to analyze their productivity and performance.

CONCLUSIONES

Las pruebas estadísticas realizadas permitieron establecer que el sustrato de hidrogel empleado en sistemas acuapónicos constituye un insumo para aumentar la nutrición de las especies vegetales, dada su capacidad de retención de nutrientes, así mismo, ofrece comodidad a la raíz para desarrollarse, además, de ser una sustancia segura para la supervivencia de las especies animales y de las bacterias.

La capacidad del hidrogel para reservar agua (nutrientes) ofrece una alternativa para minimizar los recambios de agua en sistemas acuapónicos.

Los modelos matemáticos que representan el crecimiento de las plantas en un periodo de tiempo contemplado desde su inserción al cultivo (siembra) hasta su etapa madura (recolección) permitió diferenciar la productividad por técnica, así como el medio de crecimiento (sustrato y raíz flotante), lo que posibilita realizar un estimado en otro experimento, además de caracterizar los individuos y el tipo de alimentación que provee la especie de pez con el que se está alimentando el sistema.

En un sistema acuapónico, la nitrificación es un proceso imprescindible /determinante/ esencial en la transformación del amoníaco tóxico y en la producción de nitratos como nutrientes para las plantas, para lo cual deben controlarse variables como pH, temperatura y

oxígeno disuelto del agua, mantener una adecuada relación entre peces y plantas y contar con un eficiente sistema de filtración, circulación y recambio de agua.

Esta investigación indica que las carpas se pueden cultivar con éxito en combinación con lechuga en un sistema acuapónico acoplado en escenarios urbanos.

CONCLUSIONS

The statistical tests carried out allowed that the hydrogel substrate used in aquaponic systems constitutes an input to increase the nutrition of plant species, given their nutrient retention capacity, it also offers comfort to the root to also develop a safe substance for the survival of animal species and bacteria.

The hydrogel capacity to reserve water (nutrients) offers an alternative to minimize water spare parts in aquaponic systems.

The mathematical models that represent the growth of plants in a period of time contemplated from their insertion to the crop (sowing) to its mature stage (collection) allowed to differentiate productivity by technique, as well as the means of growth (substrate and floating root), which makes it possible to perform an estimate in another experiment, in addition to characterizing individuals and the type of food provided by the species of fish with which the system is feeding.

In an aquaponic system, nitrification is an essential / determining / essential process in the transformation of toxic ammonia and in the production of nitrates such as nutrients for plants, for which variables such as pH, temperature and dissolved oxygen of water, maintain an adequate relationship between fish and plants and have an efficient filtration system, circulation and replacement of water should be controlled.

This research indicates that tents can be cultivated successfully in combination with lettuce in an attacked aquaponic system in urban scenarios.

REFERENCIAS

- [1] Rodrigo Mena “Acuaponía como alternativa para la seguridad alimentaria en zonas urbanas de Cochabamba”. 2023.

[2] Naciones Unidas. “Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Edición Especial”. 2023.

[3] Emmanuel Osorto. “Producción de lechuga en acuaponía con adición de fertilizantes orgánicos líquidos y bacterias promotoras de crecimiento” (Doctoral dissertation, Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana). 2021.

[4] Juan Ortiz y Héctor Erazo. “Evaluación de variables agronómicas en cultivo de lechuga con sistema de recirculación”. 2021.

Artículo de investigación

Como citar: H. Gil, J.L. Rodas, J.D. Ramírez“(Artículo) Caracterización de arena de sílice de relaves de minas de oro para materiales de hormigón.” Inventum, vol 21, no, 40, pp. 11- 15, año 2026 . DOI 10.26620/uniminuto.inven-tum.21.40.2026.11-15.

Editorial: Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO.

ISSN:1909-2520

eISSN: 2590-8219

Línea Temática: Innovación en infraestructura y construcción sostenible.

Sesión: Diseño resiliente y adaptativo, materiales sostenibles y construcción verde.

Harveth Gil

Julián Lenis Rodas

Juan Diego Ramírez Vallejo

(Artículo) Caracterización de arena de sílice de relaves de minas de oro para materiales de hormigón.

Silica sand characterization from gold mine tailings for concrete materials

RESUMEN

El impacto ambiental de las actividades de minería de oro, en particular la generación de relaves, conlleva desafíos significativos en regiones como el Bajo Cauca, Antioquia. Este estudio busca caracterizar la arena de sílice proveniente de relaves de minas de oro y evaluar su potencial aplicación como agregado fino en la producción de concreto. Se recolectaron muestras de relaves de una mina en Zaragoza, Antioquia, y se analizaron mediante microscopía electrónica de barrido (MEB), espectroscopía de rayos X por energía dispersiva (EDS) y pruebas estándar de propiedades físicas. Los resultados revelaron que los relaves están compuestos principalmente de cuarzo, feldespato, albita y wollastonita, con morfologías de partículas angulares adecuadas para su uso en materiales de construcción. Las pruebas físicas mostraron características favorables de densidad y absorción, lo que indica potencial para sustituir agregados naturales en mezclas de concreto. Los hallazgos respaldan la valorización de los residuos mineros como parte de una estrategia de economía circular, contribuyendo a prácticas de construcción sostenibles y a una mejor gestión ambiental en las regiones afectadas por la minería.

Palabras clave: minería de oro, relaves, arena de sílice, materiales de construcción, economía circular, construcción sostenible.

ABSTRACT

The environmental impact of gold mining activities, particularly tailings generation, carries significant challenges in regions like Bajo Cauca, Antioquia. This study aims to characterize silica sand from gold mine tailings and evaluate its potential application as a fine aggregate in concrete production. Tailings samples were collected from a mine in Zaragoza, Antioquia, and analyzed through scanning electron microscopy (SEM), energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDS), and standard physical property tests. The results revealed that the tailings are composed primarily of quartz, feldspar, albite, and wollastonite, with angular particle morphologies suitable for use in construction materials. Physical testing showed favorable density and absorption characteristics, indicating potential for substituting



natural aggregates in concrete mixtures.

The findings support the valorization of mining residues as part of a circular economy strategy, contributing to sustainable construction practices and improved environmental management in mining-affected regions.

Keywords: gold mining, tailings, silica sand, construction materials, circular economy, sustainable construction.

INTRODUCCIÓN

La minería de metales produce grandes cantidades de materiales de desecho [1]. Los relaves son desechos mineros producidos a partir de diferentes procesos, como la extracción y el tratamiento físico y químico de minerales y menas [1].

En América Latina, Colombia fue el sexto productor líder de oro en 2019. Las operaciones de minería artesanal y de pequeña escala representaron la mayor parte de la producción de oro del país. La minería de oro en Colombia es un proceso diverso en términos de productos, técnicas y métodos [2].

El tamaño de la operación varía según el proceso, como la minería subterránea y a cielo abierto. La mineralización de oro también está asociada con vetas de cuarzo en secciones metasedimentarias de la Cordillera central y pórfidos de oro y cobre en la Cordillera occidental. La Figura 1 muestra la producción de oro de Colombia de 1990 a 2019 [2].

La producción promedio de oro en los últimos 10 años es de aproximadamente 52,38 toneladas. Suponiendo que para producir 1 kg de oro es necesario producir 1.000 toneladas de mineral, y considerando la relación de 3 t de roca estéril/t de mineral [3], se obtendrían, en promedio, 157.138 toneladas de roca estéril.

Los materiales de desecho de la minería de oro se vierten en estanques de relaves, pilas o bajo el agua [4]. Los relaves pueden tener diversas composiciones químicas y mineralógicas y experimentar una evolución geoquímica según las técnicas de procesamiento de minerales y las condiciones climáticas [3].

La disposición de materiales pone de relieve la necesidad de gestionar y controlar adecuadamente los relaves geoquímicos y mineralógicos para tomar decisiones a largo plazo sobre la gestión de residuos [5].

La disposición inadecuada de residuos ha generado riesgos, como el drenaje ácido de minas (DAM). El posible uso de residuos mineros en aplicaciones de ingeniería civil se ha convertido en un tema de creciente interés a nivel regional, nacional e internacional. Estudios científicos han demostrado la viabilidad de incorporar residuos mineros en estrategias de economía circular, en particular en el sector de la construcción [6], [7].

En un estudio reciente, un investigador del Centro de Formación Minero Ambiental (CFMA) de El Bagre, Antioquia, publicó un artículo que presenta diversas alternativas para el aprovechamiento de suelos degradados y relaves mineros en la región del Bajo Cauca, como su uso como agregados finos y gruesos en procesos de mezcla de concreto [8].

Se identificó un alto potencial para los residuos mineros en mezclas de concreto y bloques de tierra comprimida. En 2021, se desarrollaron geopolímeros a partir de suelos degradados y relaves mineros, con posibles aplicaciones en morteros de construcción [9]. Se encontró que los geopolímeros tienen el potencial de reemplazar al cemento en mezclas de morteros de construcción. Además, los agregados finos en la mezcla también pueden ser sustituidos por residuos mineros sólidos después de un proceso de clasificación de tamaño de partícula.

El hormigón generalmente incluye agregados gruesos y finos, pero los relaves mineros típicamente se han usado solo como reemplazos parciales o totales de los agregados finos debido a su tamaño de partícula fina, típicamente menor a 1 mm de diámetro

[10]. Las propiedades físicas de los relaves mineros han impactado significativamente la trabajabilidad, densidad, estabilidad dimensional, resistencia y durabilidad del hormigón. Generalmente, los relaves mineros usados como reemplazo parcial de agregados o cemento perjudican la trabajabilidad de morteros frescos y concreto debido al aumento del área superficial específica.

Sin embargo, remover las fracciones más finas de los relaves mineros cuando se usan como sustituto del cemento reduce el efecto negativo en la trabajabili-

dad [11]. Por otro lado, el uso de relaves mineros como agregados a menudo resulta en una mayor resistencia a la compresión a una relación agua-cemento constante. La razón principal de esto es que el tamaño de partícula más fino de los relaves mineros ayuda a llenar los poros del mortero o concreto.

Los esfuerzos para aprovechar estos residuos mineros deben ir acompañados de procesos fisicoquímicos y mecánicos que garanticen su correcto uso en aplicaciones estructurales. El objetivo es reciclar residuos contaminantes perjudiciales para el aire, el suelo y el agua en contextos como la región del Bajo Cauca antioqueño, donde existe una clara evidencia de impactos significativos en la salud humana y el medio ambiente.

Esta investigación busca evaluar las propiedades físicas y químicas de los residuos mineros mediante pruebas de laboratorio estándar y microscopio electrónico de barrido (MEB) integrado con energía (EDS) para el análisis morfológico y elemental.

INTRODUCTION

Mining metals produce large quantities of waste materials [1]. Tailings are mining waste produced from different processes, such as extraction and physical and chemical treatment of minerals and ores [1]. In Latin America, Colombia was the sixth leading producer of gold in 2019. Artisanal and small-scale mining operations accounted for most of the country's gold production. Gold mining in Colombia is a diverse process in terms of products, techniques, and methods [2]. The size of the operation varies depending on the process, such as underground and open-pit mining. Gold mineralization is also associated with quartz veins in metasedimentary sections of the central Cordillera and gold-copper porphyries in the western Cordillera. Figure 1 exhibits Colombia's gold production from 1990 to 2019 [2]. The average production of gold in the last 10 years is about 52.38 tons. Assuming that to produce 1 kg of gold, it is necessary to produce 1000 tons of ore, and considering the ratio of 3 t waste rock/t ore [3], it would make, on average, 157,138 tons of waste rock.

Gold mining waste materials are discharged in tailing ponds, piles, or underwater [4]. Tailings can have various chemical and mineralogical compositions and undergo geochemical evolution depending on mineral

processing techniques and weathering conditions [3]. Material disposal highlights the need to properly manage and control geochemistry and mineralogy tailings to make long-term waste management decisions [5].

Improper waste disposal has resulted in hazards, including acidic mine drainage (AMD). The potential utilization of mine waste in civil engineering applications has emerged as a subject of increasing interest at regional, national, and international levels. Scientific studies have demonstrated the feasibility of incorporating mine waste into circular economy strategies, particularly within the construction sector [6], [7].

In a recent study, a researcher from the Environmental Mining Training Center (CFMA) in El Bagre, Antioquia, published an article presenting various alternatives for the utilization of degraded soils and mine tailings in the Bajo Cauca region, such as their use as fine and coarse aggregates in concrete mixing processes [8].

A high potential was identified for mining waste in concrete mixtures and compressed earth blocks. In 2021, geopolymers were developed from degraded soils and mine tailings, with potential applications in construction mortars [9]. It was found that geopolymers have the potential to replace cement in construction mortar mixtures. Moreover, the fine aggregates in the mix can also be substituted with solid mining waste after a particle size classification process.

Concrete generally includes coarse and fine aggregates, but mine tailings have typically been used only as partial or total replacements for fine aggregates due to their fine particle size, typically less than 1 mm in diameter [10]. The physical properties of mine tailings have significantly impacted the workability, density, dimensional stability, strength, and durability of concrete. Generally, mine tailings used as a partial replacement for aggregates or cement harm the workability of fresh mortars and concrete due to increased specific surface area.

However, removing the finer fractions of the mine tailings when used as a cement substitute reduces the negative effect on workability [11]. On the other hand, the use of mine tailings as aggregates often results in increased compressive strength at a constant water-to-cement ratio. The main reason for this is that the finer particle size of the mine tailings helps fill the mortar or concrete pores.

Efforts to utilize these mining-derived residues must be accompanied by physicochemical and mechanical processes that ensure their proper use in structural applications. The objective is to recycle pollutant

waste harmful to air, soil, and water in contexts such as the Bajo Cauca region of Antioquia, where there is clear evidence of significant impacts on human health and the environment. This research aims to evaluate mining waste's physical and chemical properties through standard laboratory testing and scanning electron microscope (SEM) integrated with energy (EDS) for morphological and elemental analysis.

CONCLUSIONES

Este estudio demuestra la viabilidad de utilizar relaves de minas de oro ricas en sílice de Zaragoza, Antioquia, como alternativa sostenible a los agregados finos naturales en la producción de concreto. Las principales conclusiones son las siguientes:

Los relaves analizados presentaron densidad y propiedades de absorción de agua adecuadas que cumplen con los requisitos de los agregados finos en concreto, lo que los hace viables para aplicaciones estructurales.

Los análisis de SEM y EDS confirmaron el predominio de cuarzo, feldespato, albita y wollastonita, minerales comúnmente compatibles con las matrices de concreto y que contribuyen a su resistencia y durabilidad.

Los relaves presentaron partículas de formas angulares debido al procesamiento mecánico durante la extracción de oro, lo que podría mejorar el entrelazado de las partículas y el rendimiento mecánico del hormigón.

La reutilización de relaves mineros ofrece una estrategia de gestión de residuos responsable con el medio ambiente, contribuye a la mitigación de la contaminación y apoya el desarrollo sostenible en las regiones mineras.

Las investigaciones futuras deberían explorar el rendimiento mecánico de las mezclas de hormigón que incorporan estos relaves y evaluar su durabilidad a largo plazo y su comportamiento frente a la lixiviación para garantizar la integridad estructural y la seguridad ambiental.

CONCLUSIONS

This study demonstrates the feasibility of utilizing silica-rich gold mine tailings from Zaragoza, Antioquia, as a sustainable alternative to natural fine aggregates

in concrete production. The main conclusions can be drawn:

The analyzed tailings exhibited appropriate density and water absorption properties that align with the requirements for fine aggregates in concrete, making them viable for structural applications.

SEM and EDS analyses confirmed the predominance of quartz, feldspar, albite, and wollastonite—minerals commonly compatible with concrete matrices and contribute to strength and durability.

The tailings displayed angular particle shapes due to the mechanical processing during gold extraction, which may enhance particle interlocking and improve the mechanical performance of concrete.

Reusing mine tailings offers an environmentally responsible waste management strategy, contributes to mitigating pollution, and supports sustainable development in mining regions.

Future research should explore the mechanical performance of concrete mixes incorporating these tailings and assess their long-term durability and leaching behavior to ensure structural integrity and environmental safety.

REFERENCES

- [1] M. Edraki, T. Baumgartl, E. Manlapig, D. Bradshaw, D. M. Franks, and C. J. Moran, "Designing mine tailings for better environmental, social and economic outcomes: a review of alternative approaches," *J. Clean. Prod.*, vol. 84, pp. 411–420, 2014.
- [2] O. J. R. Baena, "THE MINING INDUSTRY IN COLOMBIA. A GENERAL OVERVIEW," *Gorn. Nauki Tekhnologii Min. Sci. Technol. Russ.*, no. 1, pp. 3–11, 2017.
- [3] T. Norgate and N. Haque, "Using life cycle assessment to evaluate some environmental impacts of gold production," *J. Clean. Prod.*, vol. 29, pp. 53–63, 2012.
- [4] A. M. T. Simonsen, S. Solismaa, H. K. Hansen, and P. E. Jensen, "Evaluation of mine tailings' potential as supplementary cementitious materials based on chemical, mineralogical and physical characteristics," *Waste Manag.*, vol. 102, pp. 710–721, 2020.

- [5] M. Lemos et al., “Mineralogical and geochemical characterization of gold mining tailings and their potential to generate acid mine drainage (Minas Gerais, Brazil),” *Minerals*, vol. 11, no. 1, p. 39, 2020.
- [6] A. Z. Khalifa et al., “Advances in alkali-activation of clay minerals,” *Cem. Concr. Res.*, vol. 132, p. 106050, 2020.
- [7] S. Pourakbar and B. K. Huat, “A review of alternatives traditional cementitious binders for engineering improvement of soils,” *Int. J. Geotech. Eng.*, vol. 11, no. 2, pp. 206–216, 2017.
- [8] S. M. A. Torres, J. D. C. Castro, and M. A. G. Botero, “Alternativas de aprovechamiento de residuos de la industria minera de El Bajo Cauca Antioqueño en el sector de la construcción,” *Rev. EIA*, vol. 18, no. 36, pp. 5–5, 2021.
- [9] J. A. L. Rodas, Á. A. Vásquez, F. V. Cardona, J. C. Castro, and M. A. G. Botero, “Desarrollo de morteros de construcción con geopolímeros obtenidos a partir de suelos degradados por la minería en El Bajo Cauca Antioquia,” *Rev. UIS Ing.*, vol. 22, no. 3, pp. 17–28, 2023.
- [10] M. Gou, L. Zhou, and N. W. Y. Then, “Utilization of tailings in cement and concrete: A review,” *Sci. Eng. Compos. Mater.*, vol. 26, no. 1, pp. 449–464, 2019.
- [11] S. Pyo, M. Tafesse, B.-J. Kim, and H.-K. Kim, “Effects of quartz-based mine tailings on characteristics and leaching behavior of ultra-high performance concrete,” *Constr. Build. Mater.*, vol. 166, pp. 110–117, 2018.
- [12] L. X. Ariza Torres and T. A. Camargo Melo, “Guía metodológica para el muestreo de suelos contaminados con mercurio por minería del oro en Colombia,” 2019.]
- [13] P. N. Nayanthara, J. Rajapakse, C. Gallage, S. S. S. D. Biyanvilage, and T. Rowles, “Laboratory investigation on the transitional behaviour of tailings from a gold mine site in Australia,” *Results Eng.*, vol. 24, p. 103481, 2024.
- [14] M. L. Oliveira et al., “Brazilian coal tailings projects: advanced study of sustainable using FIB-SEM and HR-TEM,” *Sustainability*, vol. 15, no. 1, p. 220, 2022.

Artículo de investigación

Como citar este artículo: J. Zuluaga, C. Castrillón, A. Piedrahita“(Artículo) La realidad virtual como herramienta para la formación en ingeniería: Desarrollo de una simulación para el proceso de calibración.” Inventum, vol 21, no, 40, pp. 16- 19, año 2026 . DOI 10.26620/uniminuto.inventum.21.40.2026.16-19.

Editorial: Corporación Universitaria Mi-nuto de Dios - UNIMINUTO.

ISSN:1909-2520
eISSN: 2590-8219

Línea temática: Transformación digital y tecnologías emergentes avanzada.

Sesión: Innovación tecnológica y tendencias emergentes.

Juan Zuluaga
Carlos Castrillón
Alberto Piedrahita

(Artículo) La realidad virtual como herramienta para la formación en ingeniería: Desarrollo de una simulación para el proceso de calibración.

Virtual reality as a tool for engineering education: Development of a simulation for calibration process.

RESUMEN

Este trabajo busca explorar la contribución de la realidad virtual (RV) en la formación de profesionales para desempeñarse en procesos industriales, en el cual, se simula en RV un método de calibración de termohigrómetros, a través de la comparación entre medios isotérmicos de temperatura y humedad relativa.

Palabras clave: Realidad Extendida (RX), Inteligencia Artificial (IA), Machine Learning (ML), Realidad Mixta (MR), Realidad Virtual (VR), Realidad Aumentada (AR).

ABSTRACT: This work seeks to explore the contribution of virtual reality (VR) in the training of professionals to perform in industrial processes, in which, a method for calibration of thermohygrometers is simulated in VR, through the comparison between isothermal means of temperature and relative humidity.

Keywords:

Extended Reality, Artificial Intelligence, Machine Learning, Mixed Reality, Virtual Reality, Augmented Reality.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la Realidad Extendida (RX a partir de ahora) es una tecnología emergente que ofrece interacción con entornos simulados para representar la realidad. A su vez, la RX se subdivide en tres aspectos: Realidad Virtual (RV en adelante) que se refiere a la simulación completa de entornos sin tener en cuenta elementos de la vida real; Realidad

Aumentada (RA en adelante) que busca aprovechar elementos del mundo real para proyectar elementos 3D de forma no inmersiva; y por último, Realidad Mixta (RM en adelante) que propone la sinergia entre elementos del mundo real y elementos de mundos digitales. Esta reconstrucción



de mundos digitales a partir de entornos reales puede contribuir a diferentes campos del conocimiento. En este artículo se estudia la contribución de la realidad virtual en procesos de enseñanza y aprendizaje para entornos industriales, donde se habilita a los participantes a interactuar con entornos virtuales que simulan la realidad de forma inmersiva y segura.

En concreto, la Realidad Virtual (RV) ha demostrado ser una potente herramienta para complementar procesos educativos, como la simulación de procesos industriales para mejorar las competencias industriales del profesional.

Gracias al uso de nuevas tecnologías, como la RV o incluso los smartphones, es posible simular escenarios virtuales parcial o totalmente. A modo de ejemplo, mediante un smartphone se puede escanear un código QR para proyectar un modelo 3D en la pantalla del dispositivo, permitiendo la visualización de elementos tridimensionales. Del mismo modo, las gafas de RV permiten experimentar un mayor grado de inmersión resultando una tecnología útil en diferentes contextos educativos, ya sea en la educación no formal o en la formación industrial [1].

Otra de las ventajas de la tecnología de RX es la posibilidad de simular escenarios según las necesidades del usuario, adaptándose a una gran variedad de contextos en función de los requerimientos.

Esto no sólo ayuda a reducir la dependencia de un lugar físico, sino que también reduce directamente los riesgos asociados a este tipo de actividades (por ejemplo, la manipulación de equipos caros o de alto riesgo). Además, en campos como la medicina, la ingeniería o la química, los estudiantes pueden practicar procedimientos críticos de alto riesgo en este tipo de entornos controlados con un impacto mínimo en términos de riesgo, lesiones o daños materiales [2][3].

Además, los estudios corroboran que el uso de tecnologías relacionadas con la RX en procesos de educación/formación mejora la retención de conocimientos y genera motivación en los participantes al proporcionar experiencias de aprendizaje inmersivas, interactivas y memorables [3].

Una ventaja clave de este tipo de tecnología es su capacidad para optimizar recursos. Al reducir la necesidad de infraestructura física y equipamiento especializado, las instituciones pueden reducir sus inversiones en infraestructura y equipamiento, a la vez que ofrecen mayor flexibilidad para acceder a contenidos y prácticas en espacios distintos a un laboratorio, generando una experiencia similar. Esto democratiza el acceso a la educación, y también fomenta una mayor apropiación de dichos espacios por parte de los participantes, que pueden experimentar y aprender a su propio ritmo [2].

En resumen, la Realidad Extendida es una alternativa de formación, donde como herramienta transformadora genera oportunidades en los participantes para la educación, ofreciendo seguridad, accesibilidad y efectividad para la formación y el aprendizaje. Además, su desarrollo e implementación no sólo reduce costos y riesgos, sino que permite una alternativa en los procesos pedagógicos, y ayuda a preparar a los estudiantes con alternativas para resolver los retos del futuro con mayor confianza y competencia.

INTRODUCTION

Currently, Extended Reality (XR from now on) is an emerging technology that offers interaction with simulated environments to represent reality. XR in turn is subdivided into three aspects: Virtual Reality (VR from now on) which refers to the entire simulation of environments without taking into account elements of real life; Augmented Reality (AR from now on) which seeks to take advantage of elements of the real world to project 3D elements in a non-immersive way; and finally, Mixed Reality (MR from now on) which proposes the synergy between elements of the real world and elements of digital worlds. This reconstruction of digital worlds from real environments can contribute to different fields of knowledge. In this article, we study the contribution of virtual reality in teaching and learning processes for industrial environments, where participants are enabled to interact with virtual environments that simulate reality in an immersive and safe way.

In particular, Virtual Reality (VR) has proven to be a powerful tool to complement educational processes,

such as the simulation of industrial processes in order to improve the professional's industrial skills.

Thanks to the use of new technologies, such as VR or even smartphones, it is possible to simulate virtual scenarios partially or completely. As an example, using a smartphone a QR code can be scanned in order to project a 3D model on the device's screen, allowing the visualization of 3D elements. Similarly, VR glasses allow experiencing a higher degree of immersion resulting in a useful technology in different educational contexts, either in non-formal education or in industrial training [1].

Another advantage of XR technology is the ability to simulate scenarios as needed by the user, adapted to a wide variety of contexts according to requirements. This not only helps to reduce dependence on a physical location, but also directly reduces the risks associated with these types of activities (e.g., handling expensive or high-risk equipment).

In addition, in fields such as medicine, engineering or chemistry, students can practice critical, high-risk procedures in such controlled environments with minimal impact in terms of risk, injury or property damage [2] [3]. In addition, studies corroborate that the use of XR-related technologies in education/training processes improves knowledge retention.

and generates motivation for participants by providing immersive, interactive and memorable learning experiences [3].

A key advantage of this type of technology is its ability to optimize resources. By reducing the need for physical infrastructure and specialized equipment, institutions can reduce their investments in infrastructure and equipment, while offering greater flexibility to access content and practices in spaces other than a laboratory, generating a similar experience. This democratizes access to education, and also encourages greater appropriation of such spaces by participants, who can experiment and learn at their own pace[2].

In summary, Extended Reality is a training alternative,

where as a transformative tool it generates opportunities in the participants for education, offering security, accessibility and effectiveness for training and learning. Furthermore, its development and implementation not only reduces costs and risks, but also enables an alternative in pedagogical processes, and helps to prepare students with alternatives to solve the challenges of the future with greater confidence and competence.

CONCLUSIONES

Este estudio muestra que la realidad virtual es una tecnología con gran potencial en el sector educativo, permitiendo otras metodologías de enseñanza para los educadores. En este sentido, la Realidad Extendida (XR) se posiciona como una tecnología disruptiva en el ámbito educativo, ofreciendo entornos seguros, accesibles y altamente efectivos para la formación y el aprendizaje.

El trabajo en curso presentado pretende analizar en el futuro su viabilidad en el aprendizaje con grupos focales: estudiantes, profesores y profesionales de la metrología.

CONCLUSIONS

This study shows that virtual reality is a technology with great potential in the educational sector, allowing other teaching methodologies for educators. In this sense, Extended

Reality (XR) is positioned as a disruptive technology in the educational field, offering safe, accessible, and highly effective environments for training and learning. The presented work in progress intends to analyze in the future its feasibility in learning with focus groups: students, teachers, and metrology professionals.

REFERENCES

- [1] P. Milgram and F. Kishino, "A taxonomy of mixed reality visual displays," *IEICE Trans. Inf. Syst.*, vol. E77-D, no. 12, pp. 1321- 1329, Dec. 1994.
- [2] J. N. Bailenson, *Experience on Demand: What Virtual Reality Is, How It Works, and What It Can Do*. New York, NY, USA: W.W. Norton & Company, 2018.

[3] H. M. Huang, U. Rauch, and S. S. Liaw, "Investigating learners' attitudes toward virtual reality learning environments: Based on a constructivist approach," *Comput. Educ.* vol. 145, 2020, Art. no. 103729.

[4] [4] P. Figueroa and V. N. Gomez Cubillos, "Definitions Mixed Reality, Extended Reality and Metaverse for all," Universidad de los Andes Colombia, 2023. [Online]. Available: <https://www.coursera.org/learn/realidad-extendida-y-metaversopara-todos/>.

[5] R. Wolniak, "The Design Thinking method and its stages," *Syst. Wspomag. w Inżyn. Prod.* vol. 6, no. 6, pp. 247-255, 2017.

[6] Y. Zhao, A. M. M. P. Llorente, and M. C. S. Gómez, "Digital competence in higher education research: A systematic literature review," *Comput. Educ.* vol. 168, 2021, Art. no. 104212.

[7] J. Radianti et al., "A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda," *Comput. Educ.* vol. 147, 2020, Art. no. 103778.

[8] G. Makransky, T. S. Terkildsen, and R. E. Mayer, "Adding immersive virtual reality to a science lab simulation causes more presence but less learning," *Learn. Instr.* vol. 60, pp. 225-236, 2019.

Artículo de investigación

Como citar este artículo: J.L. Chacón, E.S. Barraza“(Artículo) Sistema en tiempo real para la vigilancia de la calidad de los billetes interactuando: caso de uso de la máquina CashPro” Inventum, vol 21, no, 40, pp. 20 - 23, año 2026 . DOI 10.26620/uniminuto.inven-tum.21.40.2026.20-23.

Editorial: Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO.

ISSN:1909-2520
eISSN: 2590-8219

Línea temática: Optimización de procesos y productividad sostenible.

Sesión: Automatización industrial y control.

José Luis Chacón Bueno

Edgardo Samuel Barraza Verdesoto

(Artículo) Sistema en tiempo real para la vigilancia de la calidad de los billetes interactuando: caso de uso de la máquina CashPro.

Real-time System for surveillance of money bills quality interacting: use case scenario of the CashPro machine.

RESUMEN

El proyecto propone un sistema para la monitorización y el análisis en tiempo real de las máquinas de validación de billetes. El objetivo es proporcionar una solución tecnológica eficiente y segura que permita a los usuarios acceder a datos en tiempo real, facilitando el acceso a los datos de las máquinas mediante un protocolo personalizado. Esta solución optimizará los procesos, reduciendo el tiempo y los costes asociados a las tareas manuales e ineficientes. La investigación es una tipología descriptiva aplicada, con máquinas CashPro como población y utilizando un protocolo propietario y personalizado. El resultado es un diseño de software detallado que podría implementarse en diversas aplicaciones, desde la monitorización hasta la gestión financiera.

ABSTRACT

The project proposes a system for real-time monitoring and analysis of money bill validation machines. The objective is to provide an efficient and secure technological solution that allows users to access real-time data by facilitating access to data from money bill validation machines through a customized protocol. This solution will optimize processes, reducing the time and costs associated with manual and inefficient tasks. The research is an applied descriptive typology, with CashPro machines as the population and utilizing a proprietary and customized protocol. The result is a detailed software design that could be implemented in various applications, from monitoring to financial management.

INTRODUCCIÓN

El Internet de las Cosas (IoT) ha incorporado rápidamente los protocolos industriales a la vida cotidiana. Esto se está logrando mediante la introducción de máquinas de uso común capaces de comunicarse entre sí. Protocolos como DDS (Servicio de Distribución de Datos) se han centrado en



la distribución de datos a través de redes mediante la publicación/suscripción a mensajes. Según Semle [1], DDS es una solución eficaz para las comunicaciones máquina a máquina en tiempo real.

Otro protocolo es ZigBee, un protocolo de comunicación inalámbrica que establece una red en malla entre dispositivos, lo que les permite comunicarse mediante señales de radio de baja potencia. Cada dispositivo puede actuar como un enrutador, lo que significa que puede recibir y reenviar mensajes a otros dispositivos en la red.

Según Komilov [2], ZigBee es una tecnología inalámbrica estándar confiable, segura y fácil de usar. Algunas características notables son su bajo consumo de energía, lo que la hace adecuada para dispositivos alimentados por batería, y su capacidad para establecer redes en malla que permiten la comunicación entre dispositivos a través de múltiples rutas. La arquitectura ZigBee se utiliza comúnmente para monitorear redes médicas. Se establece un centro de control completo para la gestión y el seguimiento de los pacientes, compuesto por un centro de control de datos de información y una red de control de recursos de red (Wang, 2022).

Otros protocolos como AMQP, Bluetooth, LoRaWAN y KNX también están inundando áreas como la domótica, las grandes superficies comerciales, las zonas rurales y otros contextos, convirtiendo la comunicación en una herramienta ideal para cualquier aspecto de la vida diaria [3] [4] [5] [6]. Además, algunas máquinas se dedican a tareas específicas e incorporan protocolos personalizados que requieren implementaciones especializadas para los requisitos del contexto.

La falta de interoperabilidad entre dispositivos y plataformas es un problema recurrente, ya que muchas organizaciones dependen de dispositivos electrónicos para capturar y procesar datos en tiempo real, lo que genera ineficiencias en la recopilación y el análisis de datos. Esta situación se traduce en largos tiempos de respuesta, errores humanos en la interpretación de la información y altos costos operativos.

Algunas máquinas disponibles en la industria y para aplicaciones comerciales incluyen protocolos amplia-

mente utilizados y fáciles de implementar gracias a su código abierto, pero otras pueden ser propietarias. Los protocolos pueden ser cableados, como KNX [7], o inalámbricos, como Zigbee, LoRaWAN u otros [4] [8].

Algunos protocolos propietarios o dedicados cuentan con soluciones comerciales, pero muchos son costosos, están diseñados para entornos específicos o carecen de la flexibilidad para adaptarse a nuevas necesidades. Además, la falta de estandarización en la comunicación entre dispositivos con diferentes protocolos dificulta la integración de tecnologías.

Este proyecto busca subsanar esta deficiencia mediante el diseño de una aplicación que permite el acceso a los datos de un validador de billetes y resuelve las necesidades técnicas y/o comerciales de este caso específico utilizando el protocolo nativo de la máquina.

INTRODUCTION

The IoT has rapidly brought industrial protocols into everyday life. This is being achieved by introducing commonly used machines capable of communicating with each other. Protocols such as DDS (Data Distribution Service) have been focused on data distribution over networks by publishing/subscribing to messages. According to Semle [1], DDS is an effective solution for machine-to-machine in real-time communications.

Another protocol is ZigBee, a wireless communication protocol that establishes a mesh network between devices, allowing them to communicate using low-power radio signals. Each device can act as a router, meaning it can receive and forward messages to other devices on the network. According to Komilov [2], ZigBee is a standard wireless technology that is reliable, secure, and easy to use. Some notable features are its low power consumption, which makes it suitable for battery-powered devices, and its ability to establish mesh networks that allow communication between devices over multiple paths. ZigBee architecture is commonly used to monitor medical networks. A complete control center is established for patient management and monitoring, consisting of an information data control center and a network resource control network (Wang, 2022).

Other protocols such as AMQP, Bluetooth, LoRaWAN, and KNX are also flooding into areas such as home automation, large retail stores, rural areas, and other contexts, making communication a perfect tool for any aspect of daily life [3] [4] [5] [6]. Additionally, some machines are dedicated to specific tasks and incorporate custom protocols that require specialized implementations for the context requirements.

The lack of interoperability between devices and platforms is a recurring problem because many organizations rely on electronic devices to capture and process data in real-time, generating inefficiencies in data collection and analysis. This situation translates into long response times, human error in interpreting information, and high operational costs.

Some machines available in industry and for commercial applications include widely used protocols that are easy to implement because they are open source, but others may be proprietary. Protocols can be wired, such as KNX [7], or wireless, such as Zigbee, LoRaWAN, or others [4][8]. Some proprietary or dedicated protocols have commercial solutions, but many are expensive, designed for specific environments, or lack the flexibility to adapt to new needs. Furthermore, the lack of standardization in communication between devices with different protocols makes technology integration difficult.

This project seeks to close this gap by designing an application that allows access to data from a bill validator and solves technical and/or commercial needs for this specific case using the machine's native protocol.

CONCLUSIONES

Este proyecto propone una solución eficaz para controlar los billetes en circulación, garantizar la seguridad financiera y optimizar la gestión del efectivo mediante tecnologías avanzadas y metodologías ágiles.

El desarrollo de este sistema integra tecnologías modernas y protocolos de comunicación eficaces para mejorar la gestión y la monitorización de las máquinas de validación de billetes. La solución propuesta satis-

face las necesidades operativas y establece una base escalable para futuras mejoras. La planificación técnica y el cumplimiento de los requisitos son fundamentales para el éxito del proyecto, posicionándolo como una herramienta clave para la toma de decisiones estratégicas.

Los protocolos estandarizados garantizan la fiabilidad e interoperabilidad del sistema, mientras que el diseño centrado en el usuario facilita la accesibilidad y la eficiencia. Este proyecto destaca la importancia de la planificación técnica y el cumplimiento de los requisitos para el éxito de sistemas tecnológicos complejos, posicionándolo como una herramienta clave para la gestión de datos en tiempo real y la toma de decisiones estratégicas.

El sistema de monitorización y control para las máquinas de validación de billetes integra tecnologías modernas y estándares de seguridad para garantizar un funcionamiento eficiente y fiable. La arquitectura propuesta permite la escalabilidad y el crecimiento del sistema, garantizando un alto rendimiento y facilidad de uso. Este documento proporciona un marco detallado para la implementación del sistema y la mejora continua.

CONCLUSIONS

This project proposes an effective solution for controlling money bills in circulation, ensuring financial security and optimizing cash management through advanced technologies and agile methodologies.

The development of this system integrates modern technologies and effective communication protocols to improve the management and monitoring of money bill validation machines.

The proposed solution complies with the operational needs and establishes a scalable foundation for future improvements. Technical planning and compliance with requirements are critical to the project's success, positioning it as a key tool for strategic decision-making.

Standardized protocols ensure system reliability and interoperability, while the user-centered design facilitates accessibility and efficiency. This project highlights the importance of technical planning and compliance

with requirements for the success of complex technological systems, positioning it as a key tool for real-time data management and strategic decision-making.

The monitoring and control system for money bill validation machines integrates modern technologies and safety standards to ensure efficient and reliable operation. The proposed architecture allows for scalability and growth of the system, ensuring high performance and ease of use. This document provides a detailed framework for system implementation and continuous improvement.

REFERENCES

- [1] A. Semle, Protocolos IoT para considerar, Aadeca Revista, pp. 34, 2016.
- [2] D. R. Komilov, Application of Zigbee technology in IOT, International Journal of Advance Scientific Research, vol. 3, no 09, pp. 343-349, 2023.
- [3] M. Küppers, M. Schuba, G. Neugebauer, T. Hoener and S. Hack, Security Analysis of the KNX Smart Building Protocol. In Proceedings of the 18th International Conference on Availability, Reliability and Security (ARES '23). Association for Computing Machinery, pp 1-7, 2023.
- [4] E. A. Bonilla Cadena, , Redes de sensores inalámbricos para IoT: monitoreo del nivel de energía de la señal recibida en un nodo LoRaWAN (Bachelor's thesis, Quito: EPN), 2023.
- [5] P. Santiago Pelaz, Diseño y desarrollo de un concentrador de información utilizando el protocolo BLE (Bluetooth Low Energy), 2022.
- [6] E. J. Guananga Narváez and W. R. Vivas Díaz, Comparación de protocolos de comunicación para internet de las cosas (IoT) (Bachelor's thesis), 2022.
- [7] R. Fernández Rodríguez, Domotización de vivienda unifamiliar mediante tecnología KNX, 2024.
- [8] X. Wang, Zigbee Wireless Communication Technology and Its Application. In Proceedings of the 7th International Conference on Cyber Security and Information Engineering (ICCSIE'22), pp. 149-153. As-

sociation for Computing Machinery, 2022.

Artículo de investigación

Como citar este artículo: R.G.García, D.C. Rojas, S.A.Mayorga“(Artículo) Desarrollo de un sistema Integral de Diagnóstico y Medición del Desempeño para la Categoría Estratégica de Comunicación e Información en la Cadena de Suministro” Inventum, vol 21, no, 40, pp. 24 - 27, año 2026 . DOI 10.26620/uniminuto.in-ven-tum.21.40.2026.24-27.

Editorial: Corporación Universitaria Mi-nuto de Dios - UNIMINUTO.

ISSN:1909-2520
eISSN: 2590-8219

Línea temática: Optimización de procesos y productividad sostenible.

Sesión: Automatización industrial y control.

Rafael Guillermo García Cáceres
Daniela Catalina Rojas-Torres
Santiago Aguirre-Mayorga

(Artículo) Desarrollo de un Sistema Integral de Diagnóstico y Medición del Desempeño para la Categoría Estratégica de Comunicación e Información en la Cadena de Suministro.

Development of an Integral Diagnostic and Performance Measurement System for the Strategic Category of Communication and Information in the Supply Chain.

RESUMEN

Este estudio aborda la falta de herramientas eficaces para gestionar la categoría estratégica de Comunicación e Información (C&I) dentro de la cadena de suministro (CS). Su objetivo es avanzar en la estructuración de problemas y decisiones en la gestión de la CS mediante el desarrollo de un marco holístico para la toma de decisiones. Se propone una herramienta innovadora para medir el rendimiento de la categoría C&I, facilitando su evaluación, diagnóstico e implementación de estrategias para mejorar su productividad y sostenibilidad.

Palabras clave: Comunicación e Información (C&I), cadena de suministro (CS).

ABSTRACT

This study addresses the lack of effective tools to manage the strategic category of Communication and Information (C&I) within the supply chain (SC). It aims to advance the structuring of problems and decisions in CS management by developing a holistic decision-making framework. An innovative tool is proposed to measure the performance of the C&I category, facilitating its evaluation, diagnosis and the implementation of strategies to improve its productivity and sustainability.

Keywords: Communication and Information (C&I), supply chain (SC).

INTRODUCCIÓN

La cadena de suministro ha sido un pilar competitivo desde la década de 1970, definiéndose como un conjunto de actividades que garantizan la agilidad y la eficiencia en la fabricación, distribución y entrega al consumidor final. La gestión estratégica de la SC implica la capacidad de adaptar y modificar el entorno organizacional para alcanzar sus objetivos.



Sin embargo, la medición del desempeño estratégico en C&I sigue siendo un desafío, dada la falta de instrumentos adecuados para analizar su impacto en la eficiencia operativa y la optimización de los procesos de negocio. El desarrollo de un sistema integral para diagnosticar y medir el desempeño de C&I se justifica por la creciente necesidad de optimizar la toma de decisiones estratégicas dentro de la SC.

Las organizaciones requieren herramientas para evaluar la alineación de sus estrategias de comunicación con sus objetivos operativos y de negocio. En este contexto, este estudio ofrece un enfoque innovador para cerrar esta brecha en la literatura existente. Los conceptos teóricos y las metodologías previas utilizadas en la evaluación estratégica de la SC se resumen en la tabla 1. Decisiones a nivel estratégico y sus relaciones.

Por otra parte, se identifican las principales teorías que sustentan la gestión estratégica en C&I y sus propias decisiones y se presentan en la Tabla 2 estudios previos sobre modelos de medición del desempeño en este campo. Teorías y constructos teóricos que sustentan la gestión estratégica de CS.

Riopel et al. (2005) caracterizó 48 decisiones logísticas fundamentales en su informe, 7 de las cuales son estratégicas. Los autores crearon un esquema que permite identificar las relaciones de precedencia entre todas las decisiones. Las decisiones se representan mediante círculos y las categorías estratégicas mediante rectángulos. La Figura 1 muestra las categorías estratégicas con las respectivas relaciones entre sus decisiones. Se observa que el diseño de la red C&I (7) es la decisión menos influyente a nivel estratégico, dado su nulo impacto en el encadenamiento de decisiones estratégicas. Sin embargo, como se muestra en la Figura 2, influye en el desarrollo de algunas decisiones tácticas. Figura 2. Relaciones de influencia entre la red C&I de la categoría funcional y las decisiones tácticas de la SC.

INTRODUCTION

The supply chain has been a competitive pillar since the 1970s, being defined as a set of activities that ensure agility and efficiency in manufacturing, distribu-

tion and delivery to the final consumer. Strategic SC management implies the ability to adapt and modify the organizational environment to achieve its objectives. However, the measurement of strategic performance in C&I remains a challenge, given the lack of adequate instruments to analyze its impact on operational efficiency and optimization of business processes. The development of a comprehensive system for diagnosing and measuring C&I performance is justified by the growing need to optimize strategic decision-making within CS.

Organizations require tools to assess the alignment of their communication strategies with their operational and business objectives. In this context, this study offers an innovative approach to closing this gap in the existing literature. Theoretical concepts and previous methodologies used in the strategic evaluation of the CS are summarized in the table 1. Strategic-level decisions and their relationships

On the other hand, the main theories underlying strategic management in C&I and its own decisions are identified and previous studies on performance measurement models in this field are presented in the Table 2. Theories and theoretical constructs underpinning the strategic management of CS.

Recognizing that Riopel et al (2005) characterized 48 fundamental logistical decisions in their report, 7 of which are at the strategic level. The authors made a scheme that allows to identify the precedence relationships between all decisions.

The decisions are represented by circles and the strategic categories by rectangles. Figure 1 shows the strategic categories with the respective relationships between their decisions. It can be seen that the C&I network design (7) is the least influential decision at the strategic level given its null impact on the chaining of strategic decisions, however, as shown in Figure 2, it influences the development of some tactical decisions. Figure 2. Relationships of influence between the functional category C&I network and the SC tactical decisions.

CONCLUSIONES

El estudio proporciona un marco de medición del desempeño para la categoría C&I en CS, basado en indicadores clave de desempeño (KPI). Se espera que este enfoque mejore la eficiencia y la colaboración en CS, permitiendo una toma de decisiones más informada y alineada con los objetivos estratégicos de las organizaciones. La herramienta desarrollada ofrece un enfoque práctico para evaluar y optimizar las estrategias de comunicación en CS.

Se recomienda que las investigaciones futuras se centren en la integración de más teorías y enfoques tecnológicos para optimizar la gestión de la CS. Además, se sugiere la realización de estudios longitudinales para evaluar el impacto a largo plazo de la herramienta propuesta.

CONCLUSIONS

The study provides a performance measurement framework for the C&I category in CS, based on key performance indicators (KPIs). This approach is expected to improve efficiency and collaboration within CS, enabling more informed decisionmaking aligned with the organizations' strategic objectives. The developed tool offers a practical approach to evaluate and optimize communication strategies within the CS.

It is recommended that future research focus on integrating more theories and technological approaches to optimize CS management. In addition, it is suggested that longitudinal studies be implemented to evaluate the long-term impact of the proposed tool.

REFERENCES

[1] Riopel et al. (2005) on strategic decisions in CS.

[2] Shannon & Weaver (1949) on information theory.

[3] Reichheld & Markey (2011) on user satisfaction metrics.

[4] Gunasekaran & Ngai (2004) on the integration of information systems in CS.

[5] Laudon & Laudon (2020) on information systems management and its impact on strategic decision making.

[6] Viagi et al. (2023). The use of information technology and communication: workflow system for greater integration of supply chain.

[7] Lee (2005). Measuring supply chain integration: a social network approach.

[8] Tkalac et al (2021). Measuring internal communication satisfaction: validating the internal communication satisfaction questionnaire.

[9] Vos, M. (2009). Communication quality and added value: a measurement instrument for municipalities.

[10] Roffia & Dabić (2024). The role of management control and integrated information systems for the resilience of SMEs.

[11] Wang (2024). The Impact of Communication Skills on Work Performance in Team Collaboration.

[12] Badenhorst-Weiss & Brevis-Landsberg (2013). Developing measures for the evaluation of information flow efficiency in supply chains.

[13] Lee et al (2002). AIMQ: a methodology for information quality assessment.

[14] Conte et al (2016). The impact of time limitation: Insights from a queueing experiment.

[15] Pennekamp et al (2023). An interdisciplinary survey on information flows in supply chains.

[16] Reichheld & Markey (2011). The Ultimate Question 2.0: How Net Promoter Companies Thrive in a Customer-Driven World.

[17] Moore & McKenna (1999). Crossing the chasm: Marketing and selling high-tech products to mainstream customers.

[18] Rocha et al (2022). Measuring and evaluating organizational innovation capacity and performance from systemic and sustainability-oriented perspective.

[19] Lannoye et al (2012). Evaluation of power system flexibility

[20] Barad (1998). Flexibility performance measurement systems-a framework for design.

[21] Xu et al (2020). Boosting Retailer Revenue by Generated Optimized Combined Multiple Digital Marketing Campaigns.

[22] Ferrentino & Boniello (2020). Customer satisfaction: a mathematical framework for its analysis and its measurement.

[23] Jasti et al (2019). Development, implementation and assessment of a comprehensive strategic plan in a school of pharmacy.

[24] Pipino et al (2002). Data quality assessment. Communications of the ACM.

[25] Davenport (1993). Process Innovation: Reengineering Work through Information Technology.

Como citar este artículo: Y. C. González, J. D. Castro, J. J. Gomes, L. C. Acosta. "(Artículo) Desarrollo de un sistema Integral de Diagnóstico y Medición del Desempeño para la Categoría Estratégica de Comunicación e Información en la Cadena de Suministro." *Inventum*, vol 21, no, 40, pp. 28-30, año 2026 . DOI 10.26620/uniminuto.inven-tum.21.40.2026.28-30.

Editorial: Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO.

ISSN:1909-2520
eISSN: 2590-8219

Línea Temática: Optimización de procesos y productividad sostenible.

Sesión: Educación en ingeniería y formación profesional.

Yuly Carolina González Mendoza

Julián David Castro Sánchez

Juan Jose Gomes Huertas

Laura Camila Acosta Niño

(Poster) Construcción Ancestral y Moderna: Un Equilibrio Sostenible (Curso básico en obras civiles con enfoque para la Comunidad U 'Wa)

Ancestral and Modern Construction: A Sustainable Balance (Basic course in civil works with a focus on the U'Wa Community)

INTRODUCCIÓN

La comunidad indígena U'WA ha desarrollado una arquitectura vernácula a lo largo del tiempo, valiéndose como fuente principal de los recursos naturales y garantizando una integración armónica con la naturaleza. Sin embargo, el mundo ha venido actualizándose en los procesos constructivos, que ahora son regidos por normas técnicas y estándares de seguridad, lo que ha desplazado en gran medida prácticas autóctonas de estos pueblos. El proyecto busca fusionar procesos ontológicos, incorporando regulaciones sismorresistentes vigentes sin perder la esencia de sus respuestas psicosociales del entorno. A través de un enfoque que combina sostenibilidad, normatividad y disponibilidad de recursos locales, se busca establecer un modelo constructivo que respete la identidad cultural, optimice la seguridad estructural del resguardo indígena.

Palabras clave: Comunidad Uwa, ancestral, Sostenible, resguardo, vernáculo.

INTRODUCTION

The U'WA indigenous community has developed a vernacular architecture over time, using natural resources and guaranteeing harmonic integration with nature. However, the world has been updated in construction processes, which are now governed by technical standards and security standards, which has largely displaced native practices of these peoples. The project seeks to merge ontological processes, incorporating in force seismorentic regulations without losing the essence of their psychosocial responses in the environment.

Through an approach that combines sustainability, regulations and availability of local resources, it seeks to establish a constructive model that respects cultural identity, optimizes the structural security of the indigenous protection.



Keywords: Uwa community, ancestral, sustainable, shelter, vernaculus.

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un curso teórico-práctico que capacite a los participantes en técnicas constructivas modernas, integrando saberes ancestrales y garantizando el cumplimiento de normativas vigentes en ingeniería civil.

GENERAL OBJECTIVE

Develop a theoretical-practical course that enables participants in modern construction techniques, integrating ancestral knowledge and guaranteeing compliance with current regulations in civil engineering.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Brindar formación teórica sobre normativas de construcción y materiales de ingeniería.
- Realizar prácticas en campo para aplicar conocimientos en mezclas de concreto, nivelación de terreno e instalación de sistemas hidrosanitarios.
- Fomentar el intercambio de conocimientos entre expertos y la comunidad para rescatar y adaptar técnicas ancestrales a la construcción actual.
- Evaluar el aprendizaje y la aplicabilidad de los conocimientos adquiridos mediante ejercicios prácticos y seguimiento de avances.

SPECIFIC OBJECTIVES

- Provide theoretical training on construction regulations and engineering materials.
- Perform field practices to apply knowledge in concrete mixtures, land leveling and installation of hydro-sanitary systems.
- Promote the exchange of knowledge between experts and the community to rescue and adapt ancestral techniques to the current construction.
- Evaluate the learning and applicability of the knowledge acquired through practical exercises and monitoring of advances.

CONCLUSIONES

La combinación de técnicas constructivas ancestrales con metodologías modernas permite desarrollar edificaciones más sostenibles y culturalmente significativas.

• El curso facilitó la apropiación de conocimientos técnicos por parte de la comunidad, garantizando el cumplimiento de normativas sin perder la identidad constructiva tradicional.

• Las actividades teórico-prácticas resultaron clave para el aprendizaje, ya que permitieron a los aborígenes aplicar los conocimientos en un contexto real.

CONCLUSIONS

The combination of ancestral construction techniques with modern methodologies allows to develop more sustainable and culturally significant buildings.

• The course facilitated the appropriation of technical knowledge by the community, guaranteeing compliance with regulations without losing traditional constructive identity.

• The theoretical-practical activities were key to learning, since they allowed aborigines to apply knowledge in a real context.

REFERENCIAS

- [1] J. C. Salas Montoya, Arquitectura vernácula U'wa: Arquitectura vernácula de la comunidad indígena U'wa como representación pragmática de su acervo cultural. Territorio U'wa, Colombia: Universidad de La Salle, Facultad de Ciencias del Hábitat, 20252006.
- [2] D. G. Velandia Rojas y D. A. Berbesi Gómez, Diseño de un modelo de Casa del Pensamiento y Formación para la comunidad indígena U'wa ubicada en el resguardo Angostura, en el municipio de Tame, Arauca. Bogotá D.C., Colombia: Universidad La Gran Colombia, Facultad de Arquitectura, Programa Académico de Arquitectura, 6 de diciembre de 2019.

Como citar este artículo: V. D. Carvajal T. K. Riveros, G. M. Medina“(Poster) Aprovechamiento del contenido energético de gases de combustión: evaluación técnico-financiera de autogeneración eléctrica en centro de cremación” Inventum, vol 21, no, 40, pp. 31- 34, año 2026. DOI 10.26620/uniminuto.inventum.21.40.2026.31-34.

Editorial: Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO.

ISSN:1909-2520
eISSN: 2590-8219

Línea Temática: Optimización de procesos y productividad sostenible.

Sesión: Materiales, energía, sostenibilidad y aplicaciones.

Valeria Duarte Carvajal
Tellus Krisstal Riveros Fabra
Giovanni Morales Medina

(Poster) Aprovechamiento del contenido energético de gases de combustión: evaluación técnico-financiera de autogeneración eléctrica en centros de cremación.

Harnessing the energy content of combustion gases: technical and financial evaluation of self-generation of electricity in cremation centers.

INTRODUCCIÓN

La electricidad es una necesidad fundamental para el sostenimiento y el constante desarrollo de la sociedad a nivel mundial. En Colombia, la demanda del sector eléctrico aumentó 6,02% anual en el mes de junio de 2023 con respecto al año 2022, alcanzando un valor de 6.581,46 GWh/mes [1]. La matriz eléctrica está constituida por generación hidroeléctrica, 68,3%, generación termoeléctrica, 30,7%, energía eólica, 0,1%, energía solar, 0,1% y cogeneración eléctrica, 0,9% [2].

Si bien, esta distribución hace que la matriz eléctrica nacional sea limpia, respecto al promedio mundial [3], el compromiso de Colombia con el acuerdo de París motiva la búsqueda de estrategias de descarbonización [4]; aún se tiene un aporte significativo por generación termoeléctrica. Una posible fuente de energía no convencional es el aprovechamiento del calor generado por los hornos de cremación para la generación de electricidad. Este aprovechamiento se ha implementado recientemente en algunos lugares como en Reino Unido, Dinamarca y Suecia [5].

Según estudios realizados en los países mencionados anteriormente, el calor producido durante las cremaciones podría llegar a suministrar energía suficiente para alimentar 1500 televisores por una hora [6]. Asimismo, los estudios reportan que la recuperación de la inversión depende del tiempo de operación de los hornos crematorios; en operación continua la inversión se recuperaría en 5 años, mientras que en operación batch (8 h/día) se recuperaría en un lapso de 15 a 20 años [5].

Por su parte, Colombia cuenta con 90 hornos crematorios distribuidos por todo el territorio, con una capacidad de procesamiento promedio de 9 cuerpos/horno/día [7].

Considerando el valor de 375 kW/horno/día de recuperación energética



reportado por Beatrice et al. (2023), Colombia tendría un potencial de recuperación de 147,825 GWh/año. Sin embargo, considerando la eficiencia promedio de un ciclo Rankine de 31,43% [8], la energía recuperada correspondería a 46,46 GWh/año, energía eléctrica suficiente para abastecer una población de 34.689 viviendas durante un año, teniendo en cuenta que se consumen 1.339,37 kWh/año/vivienda [9].

Para la aplicación práctica de la recuperación de energía de estos gases de combustión, una evaluación técnico-financiera es requerida para establecer la viabilidad de su aplicación en el contexto colombiano. Debido a la novedad de este aprovechamiento, no se han encontrado estudios técnico-financieros en la literatura abierta consultada.

Con base a lo anterior, el presente documento expone los resultados más relevantes de un estudio técnico-financiero para la generación eléctrica a partir de los gases de combustión de hornos crematorios. Para ello, se analizaron diferentes alternativas, siendo el Ciclo Orgánico de Rankine (ORC) el método de recuperación de calor seleccionado. La pregunta de investigación correspondió a, ¿en cuáles escenarios resulta factible el aprovechamiento de los gases de combustión de hornos de cremación para la generación eléctrica?

Palabras clave: Cremación, horno crematorio, calor residual, ciclo de Rankine, ciclo orgánico de Rankine, turbina DAWT, generación eléctrica, fluido orgánico, gases de combustión.

INTRODUCTION

Electricity is a fundamental need for the sustainability and continued development of society worldwide. In Colombia, electricity sector demand increased by 6.02% annually in June 2023 compared to 2022, reaching 6,581.46 GWh/month [1]. The electricity matrix is made up of hydroelectric generation (68.3%), thermoelectric generation (30.7%), wind energy (0.1%), solar energy (0.1%), and cogeneration (0.9%).

[2] While this distribution makes the national electricity matrix clean compared to the global average [3], Colombia's commitment to the Paris Agreement motivates the pursuit of decarbonization strategies [4].

Thermoelectric generation still makes a significant contribution.

A possible non-conventional energy source is the use of the heat generated by cremation furnaces for electricity generation. This use has been recently implemented in some places such as the United Kingdom, Denmark and Sweden [5].

According to studies conducted in the aforementioned countries, the heat produced during cremations could supply enough energy to power 1,500 televisions for one hour [6]. Furthermore, studies report that the recovery of the investment depends on the operating time of the crematory ovens; in continuous operation the investment would be recovered in 5 years, while in batch operation (8 h/day) it would be recovered in a period of 15 to 20 years [5].

For its part, Colombia has 90 crematory ovens distributed throughout the territory, with an average processing capacity of 9 bodies/oven/day [7].

Considering the value of 375 kW/oven/day of energy recovery reported by Beatrice et al. (2023), Colombia would have a recovery potential of 147,825 GWh/year. However, considering the average efficiency of a Rankine cycle of 31.43% [8], the recovered energy would correspond to 46.46 GWh/year, sufficient electrical energy to supply a population of 34,689 homes for one year, taking into account that 1,339.37 kWh/year/home are consumed [9].

For the practical application of energy recovery from these combustion gases, a technical-financial evaluation is required to establish the feasibility of its application in the Colombian context. Due to the novelty of this use, no technical-financial studies have been found in the open literature consulted.

Based on the above, this document presents the most relevant results of a technical-financial study for the generation of electricity from crematory furnace flue gases. To this end, different alternatives were analyzed, with the Organic Rankine Cycle (ORC) being the heat recovery method selected. The research question was: under which scenarios is it feasible to harness crematory furnace flue gases for electricity generation?

Keywords: Cremation, crematory furnace, waste heat, Rankine cycle, organic Rankine cycle, DAWT turbine, power generation, organic fluid, flue gases.

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un estudio de viabilidad técnico-financiera del aprovechamiento energético de los gases generados en hornos de cremación.

GENERAL OBJECTIVE

To conduct a technical and financial feasibility study for the energy utilization of gases generated in cremation furnaces.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar un proceso de generación de electricidad a nivel conceptual, teniendo en cuenta un flujo de gases de combustión promedio, ecuaciones de balance, diferentes aspectos técnicos y normas ingenieriles, así como un análisis de riesgos, definiendo la viabilidad técnica de la iniciativa.
- Evaluar los indicadores financieros VPN, TIR y ROI sobre un flujo de caja a 20 años, mediante aproximaciones de costos de inversión y costos de capital, estableciendo la viabilidad financiera del proceso.
- Explorar diferentes escenarios financieros para la generación eléctrica a partir de los gases de combustión en hornos crematorios, definiendo el escenario que presente un mejor desempeño.

SPECIFIC OBJECTIVES

- Design a conceptual electricity generation process, considering average flue gas flow, balance equations, various technical aspects and engineering standards, as well as a risk analysis, defining the technical feasibility of the initiative.
- Evaluate the financial indicators NPV, IRR, and ROI on a 20-year cash flow, using investment cost and capital cost approximations, establishing the financial viability of the process.
- Explore different financial scenarios for generating

electricity from flue gases in crematory furnaces, defining the scenario that presents the best performance.

CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos, se concluye que es viable recuperar el calor residual de los gases de combustión para generación eléctrica, aplicando el método del ciclo orgánico de Rankine, recuperando una parte significativa de la energía térmica liberada en estos gases.

CONCLUSIONS

Based on the results obtained, it is concluded that it is feasible to recover residual heat from combustion gases for electricity generation using the organic Rankine cycle method, recovering a significant portion of the thermal energy released in these gases.

REFERENCIAS

- [1] XM, Comunicaciones, En junio, la demanda de energía en Colombia aumentó 6.02% en comparación con el mismo mes del año anterior, 2023.
- [2] Corficolombiana, R. C. Paniguana y A. Duarte Pérez, Generación eléctrica en Colombia y su transición hacia fuentes renovables no convencionales, 2021.
- [3] D. Otero, El sector eléctrico explica menos del 5% de las emisiones en Colombia, Más Colombia, 2022.
- [4] República de Colombia, Estrategia climática de largo plazo de Colombia E2050 para cumplir con el acuerdo de París, 2021.
- [5] L. Heredero, «Reciclar energía de la muerte,» 29 Abril 2011. [En línea]. Available: https://www.bbc.com/mundo/noticias/2011/04/110429_verde_reciclar_energia_crematorio_lh.
- [6] N. Wolchover, Burning deceased humans will produce electricity, 2011.
- [7] Sistema de Información ambiental de Colombia SIAC, Cantidad de hornos crematorios por autoridad ambiental, 2020.

[8] J. M. M. Flores, J. H. T. Campos, A. M. Sánchez, J. A. Z. Bustos y M. N. J. José, «OPTIMIZACIÓN PARAMÉTRICA MULTI-OBJETIVO DE CICLOS DE POTENCIA RANKINE, UTILIZANDO TÉCNICAS DE DISEÑO DE EXPERIMENTOS DE TAGUCHI,» Pistas Educativas, vol. 41, nº 134, pp. 1250-1272, 2019.

[9] Alcaldía Mayor de Bogotá; Secretaría de Planeación, Indicadores de consumo de agua y energía eléctrica 2020, 2021.

[10] CALTEC, «CALTEC,» [En línea]. Available: http://www.caltec.com.ar/folletos/et_crematorios_jet2020ok.pdf. [Último acceso: 2024].