

CAMPUS

Revista Campus
Lima, Perú
V- XXVIII
Nº 36 / PP.153 - 306
julio - diciembre 2023
Issn: 1812-6049

usmp.edu.pe/campus



USMP
UNIVERSIDAD DE
SAN MARTÍN DE PORRES

Facultad de
Ingeniería y
Arquitectura



Rector	José Antonio Chang Escobedo
Vicerrector Académico	Raúl Eduardo Bao García
Decano	Luis Cárdenas Lucero
Editor	Luis Celi Saavedra

CAMPUS

Revista de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura



Rector	José Antonio Chang Escobedo
Vicerrector Académico	Raúl Eduardo Bao García
Decano	Luis Cárdenas Lucero
Editor	Luis Celi Saavedra

CAMPUS

Revista de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura

| Campus | Lima, Perú | V. XXVIII | No. 36 | PP. 153-306 | julio-diciembre | 2023 | ISSN (impreso): 1812-6049 | ISSN (en línea): 2523-1820 |



Dirección electrónica:
<http://usmp.edu.pe>

DIRECTOR DE LA REVISTA CAMPUS

Luis Celi Saavedra
Universidad de San Martín de Porres, Perú

EDITOR GENERAL

Víctor Anthony García Rivera
University Laval, Centre for Optics, Photonics and Laser, Canada

EDITORES ASOCIADOS

Danilo Manzani
Universidad de Sao Paulo, Brasil

Rosalvina Campos Pérez
Universidad Nacional Federico Villarreal, Perú

CONSEJO EDITORIAL

Perla Velasco-Elizondo
Universidad Autónoma de Zacatecas, México

Carlos Vázquez Rivas
Universidad de Puerto Rico, Recinto de Río Piedras,
Puerto Rico

George Argota Pérez
Universidad de La Habana, Cuba

Humberto Cervantes Maceda
Universidad Autónoma Metropolitana, México

Luis Castro Careaga
Universidad Autónoma Metropolitana, México

Nils Murrugarra Llerena
University of Pittsburgh, Estados Unidos

Luis Hernán García Paucar
Aston University, Inglaterra

Maritza Catalina Condori Bustamante
Universidad de Sao Paulo, Sao Paulo, Brasil

John Tredinnick-Rowe
University of Plymouth-United Kingdom

Martín Moisés Soto Córdova
Universidad de Ciencias y Humanidades, Perú

Carlos Andrés Mugruza Vasallo
Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, Perú

Luis Carrasco Venegas
Universidad Nacional del Callao, Perú

Raquel Rosario Caro Zaldívar
Universidad Nacional Federico Villarreal, Perú

Luz Castañeda Pérez
Universidad Nacional Federico Villarreal, Perú

José Alberto Iannacone Oliver
Universidad Ricardo Palma, Perú

Andrés Ramos Salas
Universidad de San Martín de Porres, Perú

Gladys Irma Charca Ramos
Universidad Tecnológica del Perú, Perú

Norma León Lescano
Universidad de San Martín de Porres, Perú

Alexander Gorina Sánchez
Universidad de Oriente, Cuba

TECNOLOGÍA INFORMÁTICA
Milagros Quispe Rodríguez

TRADUCCIÓN
Julio Herrera Campos

Periodicidad: 2 números al año

Correspondencia y solicitudes: Av. La Fontana 1250- Urbanización Santa Patricia-La Molina -Lima 12
Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de San Martín de Porres, Lima, Perú
Teléfono: 511- 208600 anexo 1146 Correo: revistacampus@usmp.pe
Hecho el depósito legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2016-02094

Editado por: Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Av. La Fontana 1250- Urbanización Santa Patricia-La Molina
-Lima 12

CAMPUS

Contenido

Control de accesos en seguridad de la información: Una revisión sistemática de las técnicas actuales 163 JEAN PACHECO JOSUE CHAVEZ ALBERTO MENDOZA DE LOS SANTOS	Prototipo de vagina artificial de conejo mediante la innovación 3D en la producción de carne 243 BETSY JAZMÍN CARHUACHIN MARCELO ANA MARÍA DELGADILLO MOSQUERA MANUEL TIMANA SANDOVAL MARILYN AURORA BUENDÍA MOLINA ALFONSO VIGO QUIÑONES ERICKSON ÁLVARO RUIZ FIGUEROA
Patrimonio inteligente y sistemas de información..... 177 NORMA LEÓN LESCANO EIRIKU YARNAO TERESA ATENCIO ROBLES LORELEY SALAMONE CALDERÓN	Algoritmos del cifrado para protección de datos biométricos..... 259 MARVIN CHAVEZ-FERREL ALBERTO MENDOZA-DE LOS SANTOS
Evaluación de la efectividad de sistemas de extracción de humos en soldadura por arco 193 FRANCISCO JAVIER ROJAS ALEJANDRO AUGUSTO FELIPE ZINGG ROSSEL ISAAK RAFAEL VÁSQUEZ ROMERO MARILYN AURORA BUENDÍA MOLINA	Transformación biodegradable mediante tratamiento ambiental con minerales en la laguna de la Huacachina, Ica-Perú: Estudio piloto ... 271 GEORGE ARGOTA PÉREZ
Boucherie modificado: Una alternativa para preservar bambú en la amazonía ecuatoriana..... 203 ANDREA SALOMÉ JARAMILLO BENAVIDES JORGE BATRES FREDDY LLULLUNA	Evaluación de la integral térmica como factor ambiental para el cultivo de lechugas hidropónicas en el sistema de raíz flotante en la localidad de Lima..... 279 RAFAEL CHUQUICONDOR VILLAFUERTE DONATO POMAR HUAMALIANO VIOLETA LEONOR ROMERO CARRIÓN JULIÁN CCASANI ALLENDE OSIAS POMAR HUAMALIANO LEONARDO DANTE ACUÑA DELGADO
Análisis Judd-Ofelt del sistema vítreo Teo ₂ -Zno dopados con Re ³⁺ (Re=Yb, Tm, Er)..... 219 J. CHACALIAZA - RICARDI G. LOZANO C. J.L. CLABEL H. C.V. LANDAURO V.A.G. RIVERA E. MAREGA JR.	Ingeniería de la economía circular mediante un análisis sistemático desde la ciencia abierta 297 DENISSE MILAGROS PAREDES COTOHUANZA GEORGE ARGOTA PÉREZ
Análisis de sentimiento de los mensajes de Twitter respecto a la empresa KFC del primer trimestre en Hispanoamérica 2022 229 RUSO ALEXANDER MORALES GONZALES JOSÉ ANTONIO GUZMÁN VALDIVIA JOSÉ ALFREDO HERRERA QUISPE	

Control de accesos en seguridad de la información: Una revisión sistemática de las técnicas actuales

Information security access: A systematic review of current techniques

Recibido: octubre 04 de 2023 | Revisado: octubre 30 de 2023 | Aceptado: noviembre 25 de 2023

JEAN PACHECO¹
JOSUE CHAVEZ¹
ALBERTO MENDOZA DE LOS SANTOS¹

RESUMEN

En el dinámico escenario de la ciberseguridad actual, la gestión efectiva de accesos a sistemas y datos críticos es fundamental para salvaguardar la integridad y confidencialidad de la información. Este artículo presenta una revisión sistemática de las técnicas de control de accesos más prominentes en los últimos cinco años (2019-2023), con el objetivo de proporcionar una visión actualizada de las tendencias en seguridad de la información. La revisión, basada en una meticulosa selección de artículos de Scopus, SciELO, IEEE y Google Académico, se adhiere a la metodología PRISMA para garantizar una revisión sistemática rigurosa y completa. Se identificaron y evaluaron técnicas avanzadas como CP-ABE, ABAC, RBAC, ACE-BC, ABSE, entre otras, que representan avances significativos en el control de accesos y la protección de la información sensible. Los resultados obtenidos destacan la importancia crítica de estas técnicas en la seguridad de la información, proporcionando un panorama claro de las herramientas más eficaces en la protección de activos digitales. En última instancia, esta revisión no solo informa sobre las últimas tendencias, sino que también impulsa futuras investigaciones en el ámbito del control de accesos y la seguridad de la información.

Palabras clave: control de acceso, seguridad de la información, ciberseguridad

ABSTRACT

In today's dynamic cybersecurity scenario, effective management of access to critical systems and data is essential to safeguard the integrity and confidentiality of information. This article presents a systematic review of the most prominent access control techniques in the last five years (2019-2023), with the aim of providing an updated view of trends in information security. The review, based on a meticulous selection of articles from Scopus, SciELO, IEEE and Google Scholar, adheres to the PRISMA methodology to ensure a rigorous and complete systematic review. Advanced techniques such as CP-ABE, ABAC, RBAC, ACE-BC, ABSE, among others, were identified and evaluated, which represent significant advances in access control and the protection of sensitive information. The results obtained highlight the critical importance of these techniques in information security, providing a clear overview of the most effective tools in the protection of digital assets. Ultimately, this review not only informs the latest trends but also drives future research in the area of access control and information security.

Keywords: Access control, information security, cybersecurity

¹ Escuela de Ingeniería de Sistemas,
Universidad Nacional de Trujillo,
Trujillo, Perú

Autor de correspondencia:
jcpachecog@unitru.edu.pe

© Los autores. Este artículo es publicado por la Revista Campus de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de San Martín de Porres. Este artículo se distribuye en los términos de la Licencia Creative Commons Atribución No-Comercial – Compartir-Igual 4.0 Internacional (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), que permite el uso no comercial, distribución y reproducción en cualquier medio siempre que la obra original sea debidamente citada. Para uso comercial contactar a: revistacampus@usmp.pe.

<https://doi.org/10.24265/campus.2023.v28n36.01>

Introducción

En el contexto de seguridad de la información, existen muchas estrategias que pueden ayudar a salvaguardar la información sensible, las cuales tienen una relevancia aún más importante considerando la digitalización actual. Entre las formas de proteger la información se encuentra el control de acceso, el cual se refiere a un conjunto de medidas que tienen como objetivo proteger determinados recursos de usuarios no autorizados.

En el presente artículo de revisión sistemática, nos centramos en examinar la variedad de medidas existentes para la implementación de un control de acceso, analizando cuáles son los factores diferenciales de cada una de estas. También exploramos cuáles de estas técnicas son las más utilizadas, y el motivo por el que se tiene una mayor preferencia a favor de algunas, analizando el contexto en el que fueron implementadas.

Método

Para la elaboración del presente artículo se llevó a cabo una revisión sistemática de la literatura científica, siguiendo las bases establecidas por la metodología PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses), y haciendo uso del diagrama de flujo que esta metodología propone (Quispe et al., 2021). Este proceso nos permitió establecer la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuáles son las estrategias más utilizadas para la gestión del control de accesos y cómo se han aplicado en el contexto de seguridad de la información?

Fundamentación de la metodología

Una revisión sistemática es un resumen claro y estructurado de la información disponible orientada a responder una pregunta específica, y se caracteriza por describir el proceso de elaboración transparente y comprensiblemente (Moreno et al., 2018). Este proceso hace uso de una metodología clara y sistematizada, con el fin de reducir sesgos en la identificación, selección, síntesis y resumen de los estudios (Quispe et al., 2021). Los pasos a seguir para la elaboración de una revisión sistemática según (Moreno et al., 2018) son: Planteamiento de la pregunta estructurada, búsqueda en base de datos, selección de artículos, extracción de datos, análisis críticos y estadísticos, y finalmente, la exposición de los resultados.

Por otro lado, la metodología PRISMA hace referencia a pautas que buscan orientar a los autores en la planificación de revisiones sistemáticas mediante un conjunto de ítems de inclusión, con la finalidad de proporcionar la justificación y el enfoque metodológico a la investigación (Quispe et al., 2021).

Proceso de recolección de información

Continuando con los pasos recomendados por (Moreno et al., 2018), realizamos una búsqueda de información estableciendo como términos clave a las palabras “control de acceso”, “seguridad de la información” y “técnicas” para alcanzar un mayor nivel de precisión, abarcando de esta manera a la pregunta de investigación en su totalidad.

Para el desarrollo de la presente revisión, establecimos como fuente de búsqueda a

las bases de datos Scopus, IEEE Xplore, SciELO y al motor de búsqueda Google Académico.

Criterios de inclusión y exclusión

De acuerdo a (Moreno et al., 2018), se deben establecer criterios de inclusión y exclusión que permitan analizar críticamente a los artículos y obtener aquellos que respondan claramente a nuestra pregunta de investigación planteada.

En base a ello y a los propósitos de nuestra investigación, establecimos los siguientes criterios de inclusión y exclusión.

Criterios de inclusión

- Se incluyeron solo documentos de tipo artículo y conference paper.
- Se adjuntaron artículos publicados en inglés y español.
- Se incorporaron publicaciones solo desde el año 2018 al 2023.

Criterios de exclusión

- Se excluyeron las publicaciones que pertenezcan a áreas no relevantes a nuestra investigación.
- Se descartaron las publicaciones que no sean de acceso libre.
- Se apartaron los artículos repetidos.

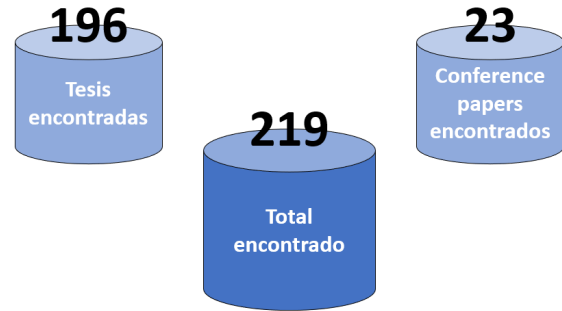
Catálogos y bases de datos

La búsqueda realizada para la elaboración de nuestra revisión sistemática nos dio un total de 219 publicaciones originales, divididas entre las siguientes fuentes: Scopus (119), IEEE Xplore (95), SciELO (2), Google Académico (3); las

cuales nos brindaron tanto artículos como conference papers, tal y como se muestra en la siguiente figura.

Figura 1

Resultados de la búsqueda



Para la obtención de estos resultados, se realizaron las siguientes consultas para cada una de las fuentes:

Scopus:

TITLE-ABS-KEY (control AND access AND security AND information AND techniques) AND PUBYEAR > 2018 AND PUBYEAR < 2024 AND (LIMIT-TO (OA, "all")) AND (LIMIT-TO (SUBJAREA, "ENGI") OR LIMIT-TO (SUBJAREA, "COMP"))AND(LIMIT-TO(DOCTYPE, "ar") OR LIMIT-TO (DOCTYPE, "cp")) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE, "English")) AND (LIMIT-TO (EXACTKEYWORD, "Access Control") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD, "Information Security"))

IEEE Xplore:

(control AND access AND security AND information AND techniques)

SciELO:

(control AND access AND security AND information AND techniques)

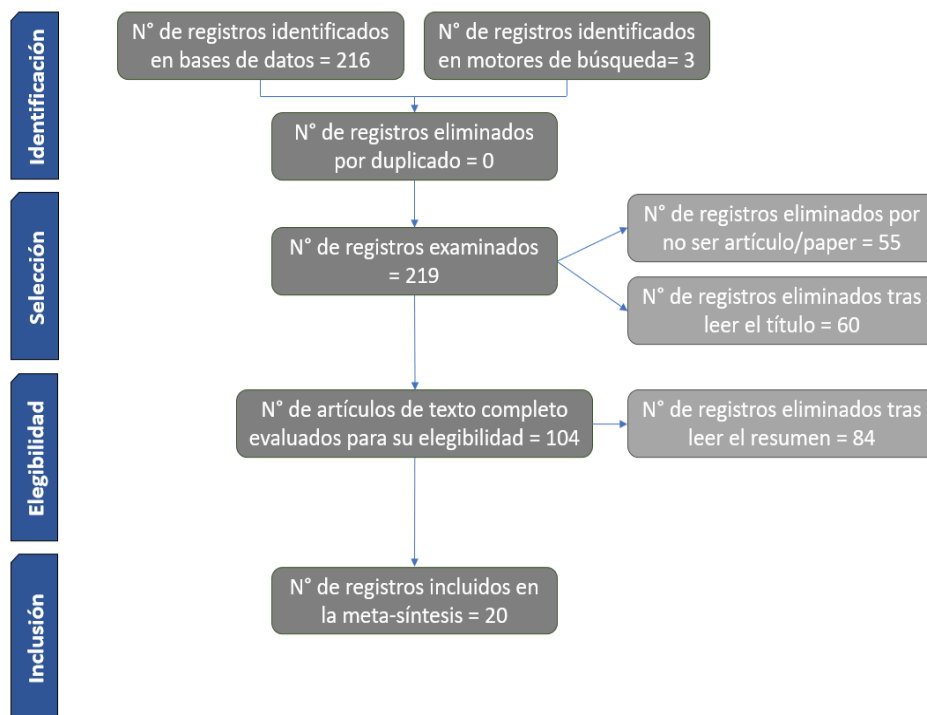
Google Académico:

Control Access and security information and techniques

Una vez realizadas las consultas mencionadas, aplicamos nuestros criterios de inclusión y exclusión a las publicaciones obtenidas, tal y como se muestra en el

siguiente flujograma sugerido por la metodología PRISMA, también conocido como diagrama de flujo de selección de artículos (Moreno et al., 2018).

Figura 2
Flujograma PRISMA



Resultados

Habiendo aplicado los criterios de inclusión y exclusión a los resultados

obtenidos (Figura 2), rescatamos un total de 20 publicaciones, de las cuales rescatamos ALGO, tal y como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 1
Publicaciones seleccionadas para la revisión.

N	TÍTULO	AUTORES	AÑO	RESULTADO	TÉCNICA / TECNOLOGÍA
1	EVOAC-HP: An Efficient and Verifiable Outsourced Access Control Scheme with Hidden Policy	Haobin Ma, Dehua Zhou, Peng Li, Xiaoming Wang.	2023	EVOAC-HP es un sistema de control de acceso que usa cifrado para proteger datos médicos. Tiene cinco etapas e implica a certificadores, dueños de datos, usuarios y proveedores de servicios en la nube. También se sugieren aplicaciones fuera de la medicina.	Utiliza la técnica de atributo de control de acceso basado en políticas (CP-ABE).

2	Applying Access Control Enabled Blockchain (ACE-BC) Framework to Manage Data Security in the CIS System	Abdullah Alharbi.	2023	Destacan la relevancia del intercambio de datos de ciberseguridad y cómo el marco ACE-BC asegura esta transmisión. Se menciona la importancia de un control de acceso distribuido y se introduce un sistema basado en blockchain para esto. También se hacen alusiones a otras medidas de seguridad como el aprendizaje federado y la arquitectura de seguridad de datos en la nube.	Utilizan la técnica de Access Control Enabled Blockchain (ACE-BC)
3	Secured and Privacy-Preserving Multi-Authority Access Control System for Cloud-Based Healthcare Data Sharing	Reetu Gupta, Priyesh Kanungo, Nirmal Dagdee, Golla Madhu, Kshira Sagar Sahoo, N. Z. Jhanjhi, Mehedi Masud, Nabil Sharaf Almallki, Mohammed A. AlZain.	2023	Describen un sistema de control de acceso seguro y privado para compartir datos de salud en la nube. Utiliza técnicas de cifrado y encriptación basada en atributos según políticas para permitir un control detallado y adaptable para usuarios de diferentes tipos de dominios. También se destaca su capacidad de escalar y resistir ataques de colusión.	Utiliza la técnica de encriptación basada en atributos según políticas (CP-ABE).
4	PICO: Privacy-Preserving Access Control in IoT Scenarios through Incomplete Information	Sciancalepore Savio, Zannone Nicola.	2022	PICO es un marco para el control de acceso en IoT que prioriza la privacidad. Facilita la compartición de datos basándose en riesgos de divulgación de atributos. También permite evaluar políticas de acceso con información incompleta y calcular riesgos.	La tecnología o técnica de control de acceso utilizada es PICO
5	DSMAC: Privacy-Aware Decentralized Self-Management of Data Access Control Based on Blockchain for Health Data	Hafida Saidi, Nabila Labraoui, Ado Adamou Abba Ari, Leandros Maglaras, Joel Herve Mboussam Emati.	2022	El DSMAC es un sistema innovador que utiliza blockchain para gestionar el acceso descentralizado a datos médicos. Emplea contratos inteligentes y un modelo de identidad auto-soberana para proteger la privacidad de los pacientes y darles control sobre quién accede a su información médica.	Utilizan las técnicas de Control de Acceso Basado en Roles (RBAC) y Control de Acceso Basado en Atributos (ABAC)
6	Blockchain Privacy Data Access Control Method Based on Cloud Platform Data	Biyang Sun, Qian Dang, Yu Qiu, Lei Yan, Chunhui Du, Xiaoqin Liu	2022	El artículo propone un sistema de protección de privacidad para datos multidimensionales en la IoT en la nube. Emplea cifrado homomórfico EBGN y cifrado de atributos para un control de acceso detallado, asegurando la seguridad de los datos y simplificando operaciones. La investigación confirma mejoras en privacidad y reducción de riesgo de acceso no autorizado.	Utiliza la técnica de control de acceso basada en el cifrado de atributos con políticas de texto cifrado (CP-ABE).
7	An Efficient and Secure Certificate-Based Access Control and Key Agreement Scheme for Flying Ad-Hoc Networks	Muhammad Asghar Khan, Insaf Ullah, Neeraj Kumar, Omar Sami Oubbati, Ijaz Mansoor Qureshi, Fazal Noor, Fahim Ullah.	2021	Proponen un esquema de control de acceso y acuerdo de clave para Redes Ad-hoc de Drones Voladores (FANETs). Utiliza Criptografía de Curva Hiperelíptica y una función hash resistente a colisiones. Este enfoque asegura la calidad de servicio en redes multi-salto y se adapta a las limitaciones de recursos de los drones	La tecnología o técnica Criptografía de Curva Hiperelíptica (HECC).

8	BFR-SE: A Block-chain-Based Fair and Reliable Searchable Encryption Scheme for IoT with Fine-Grained Access Control in Cloud Environment	Hongmin Gao, Shoushan Luo, Zhaofeng Ma, Xiaodan Yan, Yanping Xu.	2021	Muestran una solución innovadora para la privacidad y confiabilidad en el almacenamiento de datos de IoT en la nube. Utiliza un esquema de búsqueda encriptada con tecnologías como cifrado basado en políticas de atributos, filtros de Bloom y blockchain. Garantiza equidad y confiabilidad, con control de acceso preciso y buen rendimiento.	La técnica de control de acceso utilizada es el “Cifrado Basado en Políticas de Atributos” (ABSE).
9	A Block-chain-Based Medical Data Sharing Mechanism with Attribute-Based Access Control and Privacy Protection	Yingwen Chen, Linghang Meng, Huan Zhou, Guangtao Xue.	2021	Usan Hyperledger Fabric, una tecnología blockchain, para compartir datos médicos de forma segura. Se aplica K-anonimato para proteger la identidad y cifrado de búsqueda de palabras clave para la privacidad. Un contrato inteligente facilita el control de acceso. Análisis respalda la viabilidad y escalabilidad del sistema.	El artículo utiliza una técnica de control de acceso basada en atributos (ABAC, por sus siglas en inglés).
10	AES-CP-IDABE: A privacy protection framework against a DoS attack in the cloud environment with the access control mechanism	Sonali Chandel, Geng Yang, Sumit Chakraborty.	2020	Hablan de AES-CP-IDABE, un nuevo modelo de cifrado para proteger la privacidad de datos en la nube. Utiliza doble cifrado con ABE y AES. El acceso se controla con firmas digitales basadas en la identificación del usuario y claves de seguridad, y detecta ataques DoS monitoreando direcciones IP. Este modelo mejora el rendimiento y detección de ataques respecto al ABE convencional. Se sugiere adaptarlo para entornos multiusuario basados en roles en la nube en futuras mejoras.	El artículo utiliza la técnica de control de acceso basada en firmas digitales junto con atributos de usuario para proteger los datos en la nube.
11	EDES-ACM: Enigma diagonal encryption standard access control model for data security in cloud environment	Sameer, Harish Rohil.	2020	Nos muestran el framework EDES-ACM para la seguridad de datos en la nube. Utiliza el algoritmo EDES para controlar el acceso. Involucra firmas de grupo y encriptación. La supervisión y revocación de usuarios son parte del sistema. Destaca por su enfoque en seguridad y eficiencia, con planes de integrar blockchain en el futuro.	El artículo utiliza la técnica de control de acceso Enigmatic Diagonal Encryption Standard (EDES).
12	Intelligent Role-Based Access Control Model and Framework Using Semantic Business Roles in Multi-Domain Environments	Rubina Ghazal, Ahmad Kamran Malik, Nauman Qadeer, Basit Raza, Ahmad Raza Shahid, Hani Alquhayz.	2020	Proponen el marco de control de acceso “Intelligent RBAC (I-RBAC)” para asegurar datos y recursos en entornos multi-dominio. Utiliza roles basados en ocupaciones reales y agentes inteligentes. Se demuestra su eficacia con pruebas de implementación de tiempo lineal. También se destaca el uso de ontologías y políticas de seguridad en la gestión de conocimientos.	Utilizan la tecnología de control de acceso basada en roles, conocida como “Role-Based Access Control (RBAC)”.

13	Key-enforced access control and performance analysis of DES and RSA cryptography in cloud computing	Y. Kiran Kumar, R. Mahammad Shafi.	2019	Enfatizan la importancia de la seguridad en la nube para proteger datos sensibles. Aborda el desafío de gestionar claves criptográficas en entornos de nube. Destaca la necesidad de que los dueños de datos mantengan el control del acceso a sus datos. Se sugiere un enfoque basado en claves. También se evalúa el rendimiento de diferentes algoritmos de cifrado. En resumen, se destaca la importancia de asegurar datos sensibles en la nube con técnicas de control de acceso y cifrado eficaces.	La tecnología de control de acceso utilizada es el “Control de Acceso Basado en Claves”.
14	Fine-grained data access control with attribute-hiding policy for cloud-based IoT	Jialu Hao, Cheng Huang, Jianbing Ni, Hong Rong, Ming Xian, Xuemin Shen.	2019	Presentan un esquema de control de acceso para IoT basado en CP-ABE que protege la privacidad al ocultar atributos. Introduce un mecanismo de posicionamiento difuso para facilitar la localización eficiente. Se confirma su eficacia en seguridad y rendimiento con bajo costo computacional y de almacenamiento, evitando revelar información sensible a destinatarios no autorizados.	La técnica de control de acceso utilizada es Ciphertext-policy attribute-based encryption (CP-ABE).
15	Privacy-Preserving Data Sharing Using Multi-Layer Access Control Model in Electronic Health Environment	Shekha Chenthar, Khanda-kar Ahmed, Frank Whitaker.	2019	Abordan el intercambio de información de salud a través de Electronic Health Data (EHD). Propone el Modelo de Control de Acceso de Múltiples Capas (MLAC) para establecer un sistema seguro de EHR que permita a los pacientes compartir datos protegidos. Emplea el mecanismo de control de acceso PR-ABAC y la técnica de Procedencia para garantizar la integridad de los datos.	La técnica de control de acceso utilizada es el modelo de doble capa llamado “Pseudo-Role Attribute based access control (PR-ABAC)”.
16	Blockchain-Based Access Control Model to Preserve Privacy for Personal Health Record Systems	Thein Than Thwin, Sangsuree Vasupongayya.	2019	Proponen un sistema de registros de salud personales (PHR) basado en blockchain para asegurar la integridad de la información. Ofrece control de acceso detallado, consentimiento revocable, auditabilidad y resistencia a la manipulación. Un análisis de seguridad confirma su eficacia en la protección de la privacidad e integridad, superando en rendimiento a enfoques existentes.	La tecnología de control de acceso utilizada es “proxy reencryption” (re cifrado proxy).
17	Efficient, Traceable and Privacy-Aware Data Access Control in Distributed Cloud-Based IoD Systems	Zhuo Ma, Jiawei Zhang.	2023	Abordan la protección de datos sensibles de vehículos aéreos no tripulados (UAVs) en un entorno distribuido e integrado con IoT y tecnologías 6G. Propone el esquema BPADAC, basado en blockchain, para el intercambio de datos de UAVs en la nube. Emplea técnicas de Atributos Basados en Cifrado Político (CP-ABE) para un acceso detallado y distribuido, asegurando la prestación del servicio y la privacidad de las políticas de acceso. También incluye trazabilidad de usuarios y almacenamiento distribuido con Distributed Hash Table (DHT).	Utilizan técnicas de Atributos Basados en Cifrado Político (CP-ABE).

18	The Cloud we Share: Access Control on Symmetrically Encrypted Data in Untrusted Clouds	Alexandros Bakas, Hai-Van Dang, Antonis Michalakis, Alexandr Zaliztko.	2020	Presentan “The Cloud we Share”, un esquema híbrido de cifrado (SSE y ABE) para entornos de nube. Aborda el desafío de almacenamiento seguro de datos en crecimiento. Integra lo mejor de ambas técnicas y aprovecha Intel SGX para un control de acceso independiente de las primitivas criptográficas.	La tecnología de control de acceso utilizada es Intel SGX (Software Guard Extensions).
19	Security-Aware Information Dissemination With Fine-Grained Access Control in Cooperative Multi-RSU of VANETs	Xuejiao Liu, Wei Chen, Yingjie Xia.	2020	Describen la seguridad en la difusión de información en redes vehiculares ad hoc, específicamente en comunicaciones de vehículos a infraestructura. Propone un esquema de difusión con control de acceso detallado en estaciones cooperativas. Utiliza encriptación CP-ABE para garantizar confidencialidad y reencryptación proxy para la obtención de información en vehículos de alta velocidad.	El artículo utiliza la técnica basada en políticas de atributos (CP-ABE).
20	Enhanced security-aware technique and ontology data access control in cloud computing	Gangasandra Mahadevaiah Kiran, Narasimhaiah Nalini.	2020	Presentan un mecanismo (SA-ODAC) para seguridad y control de acceso a datos en almacenamiento en la nube, especialmente en el ámbito médico. Combina una técnica de concienciación de seguridad (SAT) con cifrado y fragmentación de archivos, y un control de acceso basado en ontologías (ODAC). Utiliza un esquema de compartición de secretos para gestionar las claves de SAT, logrando mayor eficiencia que técnicas convencionales.	El estudio utiliza la técnica de control de acceso basada en ontologías (ODAC).

Las publicaciones obtenidas y listadas en la tabla anterior, tienen diferentes lugares de origen, los cuales se ordenaron

gráficamente por países en la siguiente figura.

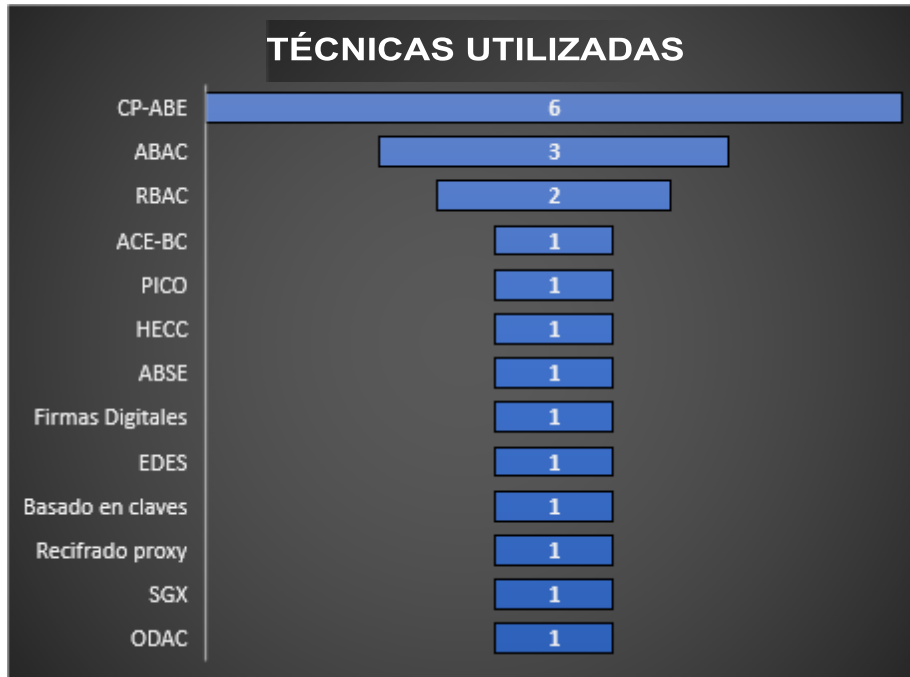
Figura 3
Artículos por país de origen



Las técnicas utilizadas en cada una de las publicaciones obtenidas también se ordenaron gráficamente, de modo que

se pueda apreciar cuáles son las técnicas más utilizadas de acuerdo a los resultados encontrados.

Figura 4
Técnicas de control de acceso más utilizadas



Discusión

Técnica de atributos de control de acceso basado en políticas (CP-ABE)

Esta técnica consiste en asignar a cada usuario un conjunto de atributos en términos de claves secretas, las cuales se asignan según su cargo y el nivel de acceso que deben tener de acuerdo a las políticas establecidas por las autoridades de atributos de la organización, permitiendo el descifrado solo a aquellos que posean el conjunto de atributos que coincida con dicha política (Gupta et al., 2023).

Por otro lado, esta técnica tiene como defecto que deja expuesto el texto cifrado en el servidor de nube, por lo que, si alguien llega a acceder a él, no obtendría

directamente los datos, pero sí podría observar las políticas que son necesarias para poder acceder a la información encriptada (Hao et al., 2019).

Técnica de control de acceso basada en atributos (ABAC)

Es una técnica de control de acceso similar a CP-ABE, que considera atributos, objetos, permisos y entorno como entradas; determina si otorgar autorización o no al objeto examinando si este contiene los atributos adecuados (Chen et al., 2021). Sin embargo, a diferencia de CP-ABE, esta técnica no encripta la información, sino que solo deniega el acceso a los usuarios que no tengan los atributos necesarios.

Técnica de control de acceso basada en roles (RBAC)

Esta técnica se basa en establecer roles a los que se les asignarán los permisos de acceso una vez creados,. A los usuarios se le asignan los roles correspondientes a la organización, para que de esta manera puedan acceder a la información adecuada (Ghazal et al., 2020). La desventaja de esta técnica es que los accesos son muy estáticos, de manera que no se podrían asignar permisos particulares que no pertenezcan a un rol específico.

Técnica Blockchain habilitada para control de acceso (ACE-BC)

Esta técnica se centra en el cifrado basado en atributos del usuario, en la cual el mecanismo de control de acceso es el encargado de limitar el acceso de usuarios no autorizados (Alharbi, 2023), de manera similar a la técnica CP-ABE. La diferencia radica en que la técnica de cifrado, en este caso, es blockchain, lo cual según (Alharbi, 2023) mejora el índice de confidencialidad considerablemente.

Marco de control de accesos PICO

PICO es el nombre de un marco que utiliza IoT para el control de acceso, el cual preserva la privacidad en escenarios IoT haciendo uso de información incompleta (Sciancalepore & Zannone, 2022). Este marco permite a los dispositivos evaluar los riesgos de privacidad asociados con las políticas de divulgación, y así determinar hasta qué punto se puede divulgar.

Técnica de criptografía de curva hiperelíptica (HECC)

Esta técnica consiste en un control de acceso basado en certificados y un

esquema de acuerdo de claves, los cuales serán validados para la descryptación de la información según su nivel de acceso (Khan et al., 2021).

Técnica de cifrado basada en política de atributos (ABSE)

El modelo propuesto por (Gao et al., 2021) consiste en un algoritmo de cifrado de búsqueda basado en atributos, en el que se combinan blockchain y el filtro Bloom para establecer un esquema de cifrado confiable.

Técnica de control de acceso de firmas digitales

Esta técnica propuesta por (Chandel et al., 2020) está basada en la encriptación ABE, es decir por atributos. El punto diferencial en esta técnica es que la encriptación se realiza a través de firmas digitales, de manera que los usuarios puedan validar su identidad para descifrar la información que les corresponda según sus atributos.

Técnica enigmático estándar de cifrado diagonal (EDES)

Este modelo propuesto busca encriptar la información almacenada en la nube eficazmente, haciendo uso de estándares de encriptación diagonal basado en un generador de claves (Sameer & Rohil, 2020), buscando de esta manera que la información de la nube no sea un punto vulnerable para la información de una organización.

Técnica de control de acceso basado en claves

Al igual que la EDES, el enfoque de esta técnica se centra en los entornos de la nube;

sin embargo, esta última busca gestionar claves criptográficas para mantener protegidos los datos sensibles almacenados (Kumar & Mahammad, 2019), eliminando las vulnerabilidades con las que conviven técnicas como la CP-ABE.

Técnica de control de acceso recifrado proxy

Mediante el proxy se busca en esta técnica establecer políticas de control de acceso detalladas y que permitan decisiones de revocación de consentimiento, tal y como lo usaron en su modelo los autores (Thein & Vasupongayya, 2019).

Técnica de control de acceso usando SGX

SGX es una tecnología de seguridad desarrollada por Intel que cuenta con un entorno aislado para el descifrado de archivos, la cual los autores (Bakas et al., 2020) usan para su modelo de cifrado, diseñando un mecanismo de revocación de accesos basándose únicamente en enclaves SGX.

Técnica de control de acceso basada en ontologías (ODAC)

Esta técnica propuesta por (Kiran & Nalini, 2020) se centra en el control de acceso a los datos de unidad de almacenamiento en la nube, manteniendo una política de permisos para los usuarios, y a su vez ayudándose de la técnica de reconocimiento seguro (SAT) para el autenticado del acceso a dichos datos.

Conclusiones

El control de acceso a los datos significa un gran desafío para todas las

organizaciones que busquen invertir en la seguridad de su información sensible. Teniendo en cuenta la evidencia, podemos afirmar que existe una variedad de técnicas que cumplen un papel trascendental al controlar qué usuarios pueden acceder a cierta información, lo cual responde a nuestra pregunta de investigación planteada inicialmente: ¿Cuáles son las estrategias más utilizadas para la gestión del control de accesos y cómo se han aplicado en el contexto de seguridad de la información?

La revisión sistemática de los artículos seleccionados revela una preferencia mayoritaria que favorece a la técnica de atributos de control de acceso basado en políticas (CP-ABE), siendo esta la más utilizada de todas las encontradas. Debido a su especificidad en cuanto a los atributos que debe tener un usuario para descifrar cierta información, es que esta técnica se ha vuelto tan adaptable para una gran cantidad de organizaciones; es por ello que incluso otras técnicas solo son una versión mejorada de esta, lo cual resalta aún más su relevancia en cuanto a control de accesos se refiere.

También es importante resaltar la eficacia de la técnica de control de acceso basada en atributos (ABAC), ya que de igual manera resulta bastante práctica y flexible al tener un enfoque similar a la CP-ABE, lo cual justifica su preferencia al permitir denegar el acceso a los usuarios que no tengan los atributos requeridos.

Por otro lado, la RBAC sugiere agrupar estos permisos en roles, y luego asignar estos últimos a los usuarios, resultando bastante organizado para las grandes empresas que cuentan con una gran cantidad de empleados, facilitándoles la

agrupación por roles de sus empleados en lugar de asignarles permisos individualmente, he ahí el motivo de ser la tercera técnica preferida.

Cabe resaltar que, las demás técnicas también resultan útiles en sus respectivos enfoques; sin embargo, a pesar de su potencial, son propuestas nuevas y aún están por asentarse en el contexto de control de accesos, debido a ello es que aún no son muy conocidas ni utilizadas por las organizaciones a pesar de significar una mejora de las técnicas más asentadas.

Para finalizar, esperamos que el presente artículo de revisión sistemática sirva de impulso para futuras investigaciones científicas, brindando un contexto amplio y actualizado acerca de las técnicas utilizadas para el control de accesos en seguridad de la información. Además, deseamos que estos hallazgos sean de utilidad para profesionales y expertos en la rama de seguridad de la información, así como para las organizaciones que deseen informarse acerca de las técnicas que pueden implementar para la gestión de control de accesos en su empresa.

Referencias

- Alharbi, A. (2023). Applying Access Control Enabled Blockchain (ACE-BC) Framework to Manage Data Security in the CIS System. <https://doi.org/10.3390/s23063020>
- Bakas, A., Dang, H.-V., Michalas, A., & Zalikto, A. (2020). The Cloud we Share: Access Control on Symmetrically Encrypted Data in Untrusted Clouds. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3038838>
- Chandel, S., Yang, G., & Chakravarty, S. (2020). AES-CP-IDABE: A Privacy Protection Framework against a DoS Attack in the Cloud Environment with the Access Control Mechanism. <http://dx.doi.org/10.3390/info11080372>
- Chen, Y., Meng, L., Zhou, H., & Xue, G. (2021). A Blockchain-Based Medical Data Sharing Mechanism with Attribute-Based Access Control and Privacy Protection. <https://doi.org/10.1155/2021/6685762>
- Chenthara, S., Ahmed, K., & Whittaker, F. (2019). Privacy-Preserving Data Sharing using Multi-layer Access Control Model in Electronic Health Environment. <http://dx.doi.org/10.4108/eai.13-7-2018.159356>
- Gao, H., Luo, S., Ma, Z., Yan, X., & Xu, Y. (2021). BFR-SE: A Blockchain-Based Fair and Reliable Searchable Encryption Scheme for IoT with Fine-Grained Access Control in Cloud Environment. <https://doi.org/10.1155/2021/5340116>
- Ghazal, R., Malik, A., Qadeer, N., Raza, B., Shahid, A., & Alquhayz, H. (2020). Intelligent Role-Based Access Control Model and Framework Using Semantic Business Roles in Multi-Domain Environments. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2965333>
- Gupta, R., Kanungo, P., Dagdee, N., Madhu, G., Sahoo, K., Jhanjhi, N. Z., . . . AlZain, M. (2023). Secured

- and Privacy-Preserving Multi-Authority Access Control System for Cloud-Based Healthcare Data Sharing. <https://doi.org/10.3390/s23052617>
- Hao, J., Huang, C., Ni, J., Rong, H., Xian, M., & Shen, X. (2019). Fine-Grained Data Access Control with Attribute-Hiding Policy for Cloud-Based IoT. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2019.02.008>
- Khan, M., Ullah, I., Kumar, N., Oubbati, O., Qureshi, I., Noor, F., & Ullah, F. (2021). An Efficient and Secure Certificate-Based Access Control and Key Agreement Scheme for Flying Ad-hoc Networks. <https://doi.org/10.1109/TVT.2021.3055895>
- Kiran, G., & Nalini, N. (2020). Enhanced security-aware technique and ontology data access control in cloud computing. <https://doi.org/10.1002/dac.4554>
- Kumar, K., & Mahammad, S. (2019). Key-Enforced Access Control and Performance Analysis of DES and RSA Cryptography in Cloud Computing. <http://www.doi.org/10.35940/ijeat.A9995.109119>
- Liu, X., Chen, W., & Xia, Y. (2020). Security-Aware Information Dissemination With Fine-Grained Access Control in Cooperative Multi-RSU of VANETs. <https://doi.org/10.1109/TITS.2020.3034223>
- Ma, H., Zhou, D., Li, P., & Wang, X. (2023). EVOAC-HP: An Efficient and Verifiable Outsourced Access Control Scheme with Hidden Policy. <https://doi.org/10.3390/s23094384>
- Ma, Z., & Zhang, J. (2023). Efficient, Traceable and Privacy-Aware Data Access Control in Distributed Cloud-Based IoD Systems. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3272484>
- Moreno, B., Muñoz, M., Cuellar, J., Domancic, S., & Villanueva, J. (2018). Revisión Sistemática: definición y nociones básicas. <http://dx.doi.org/10.4067/S0719-01072018000300184>
- Quispe, A., Hinojosa, Y., Miranda, H., & Sedano, C. (2021). Serie de Redacción Científica: Revisión Sistemática. <http://cmhnaaa.org.pe/ojs/index.php/rcmhnaaa/article/view/906>
- Saidi, H., Labraoui, N., Ado, A., Maglaras, L., & Mboussam, J. (2022). DSMAC: Privacy-aware Decentralized Self-Management of data Access Control based on blockchain for health data. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3207803>
- Sameer, & Rohil, H. (2020). EDES-ACM: Enigma Diagonal Encryption Standard Access Control Model for Data Security in Cloud Environment. <https://dx.doi.org/10.14569/IJACSA.2020.0110841>
- Sciancalepore, S., & Zannone, N. (2022). PICO: Privacy-Preserving Access Control in IoT Scenarios through Incomplete Information. <https://doi.org/10.1145/3477314.3508379>

Sun, B., Dang, Q., Qiu, Y., Yan, L., Du, C., & Liu, X. (2022). Blockchain Privacy Data Access Control Method Based on Cloud Platform Data. <https://doi.org/10.1109/CONECCT55679.2022.9865845>

Thein, T., & Vasupongayya, S. (2019). Blockchain-Based Access Control Model to Preserve Privacy for Personal Health Record Systems. <https://doi.org/10.1155/2019/8315614>

Patrimonio inteligente y sistemas de información

Inyelligent heritage and information systems

Recibido: noviembre 2 de 2023 | Revisado: noviembre 15 de 2023 | Aceptado: noviembre 0de 2023

NORMA LEÓN LESCOANO¹
EIRIKU YARNAO¹
TERESA ATENCIO ROBLES¹
LORELEY SALAMONE CALDERÓN¹

RESUMEN

Los sistemas de información para apoyar el patrimonio inteligente están impulsados por tecnologías emergentes que recopilan, organizan y brindan acceso a inmensas cantidades de información. El objetivo de esta investigación es realizar una revisión bibliográfica para encontrar la relación entre los sistemas de información, patrimonio inteligente y educación en ingeniería de sistemas. El método de investigación es cualitativo descriptivo, se consultaron 27 artículos, los cuales involucran las tres variables de investigación. Las conclusiones de la revisión muestran que el patrimonio cultural adopta tecnología emergente para preservar, difundir, reconstruir el patrimonio. además, gestionar la información cultural, duplicar la visualización real a visualización virtual guardando a la fidelidad cultural, la ingeniería de sistemas propone nuevos métodos y modelos para cubrir esta necesidad, la universidad colabora con las instituciones a cargo del resguardo patrimonial, adquiere tecnología, actualiza su oferta educativa, para contribuir con profesionales con capacidad de crear sistemas de información inteligente aplicable al patrimonio cultural.

Palabras clave: patrimonio inteligente, sistemas de información, ingeniería de sistemas, enseñanza

ABSTRACT

Information systems to support smart heritage are driven by emerging technologies that gather, organize and provide access to large amounts of information. The objective of this research is to carry out a literature review to find the relationship between information systems, smart heritage and systems engineering education. The research method is qualitative descriptive, 27 articles which involve the three research variables were consulted. The conclusions of the review show that cultural heritage adopts emerging technologies to preserve, promote and reconstruct cultural heritage. Furthermore, managing cultural information, duplicating real visualization to virtual visualization while maintaining cultural fidelity, systems engineering proposes new methods and models to cover this need, the university in cooperation with the institutions in charge of heritage protection, acquires technology, updates its educational offering, to contribute with professionals who are capable of creating intelligent information systems applicable to cultural heritage.

Keywords: smart heritage, information systems, systems engineering, teaching

1 Laboratorio de Investigación de Software y Tecnologías Interactivas - LABSTI
Universidad de San Martín de Porres,
Lima - Perú

Autor de correspondencia:
nleonl@usmp.pe

© Los autores. Este artículo es publicado por la Revista Campus de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de San Martín de Porres. Este artículo se distribuye en los términos de la Licencia Creative Commons Atribución No-Comercial – Compartir-Igual 4.0 Internacional (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), que permite el uso no comercial, distribución y reproducción en cualquier medio siempre que la obra original sea debidamente citada. Para uso comercial contactar a: revistacampus@usmp.pe.

<https://doi.org/10.24265/campus.2023.v28n36.02>

Introducción

Los sistemas de información (SI) comprenden la interacción entre personas, procesos, datos y tecnología de la información para recopilar, almacenar, procesar y distribuir información necesaria para soportar la funcionalidad organizacional (Bañuls & Salmerón, 2011). Las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) aunadas a los SI, habilitan la creación de nuevos productos, servicios y nuevos modelos de negocios (Laudon & Laudon, 2012).

La evolución tecnológica y la transformación digital están permitiendo a las ciudades adquirir inteligencia, permitiendo un cambio cultural en la interacción de las personas y los SI. La interacción es muy dinámica, cambia entre espacios físicos y digitales de manera imperceptible, convirtiendo la sociabilidad y la experiencia diaria en un espacio híbrido, altamente interactivo capaz de agregar valor a la vida de las personas y a las tareas cotidianas (Foth et al., 2011). Los SI están evolucionando para cubrir esta necesidad de interacción propia de las ciudades que van adquiriendo inteligencia.

El patrimonio cultural, exige a los sistemas de información cubrir las necesidades de interacción de la nueva realidad citadina. El uso de tecnologías como el Internet de las cosas (IoT), la visualización geoespacial en 3D, realidad virtual, realidad aumentada, 5G y computación en la nube, ayudan a preservar, gestionar y difundir el patrimonio cultural, permitiendo monitorización y gestión de los flujos de visitantes; recopilación de datos y creación de aplicaciones para apoyo en la

toma de decisiones, a fin de salvaguardar e inmortalizar el patrimonio cultural (Zubiaga et al., 2019)

Los centros de enseñanza universitaria, están involucrados en el uso de las nuevas tecnologías, tanto para el servicio como para la enseñanza del alumnado. La ingeniería de sistemas integra tecnología y sistemas de información a sus métodos y teorías, de este modo, permite al estudiante analizar, diseñar, implantar sistemas informáticos para mejorar la eficiencia en la empresa, ciudades y patrimonio. Además, de integrar a instituciones y empresas como aliados, para pasar de la teoría a la práctica, lo que permite nuevos métodos de enseñanza, nuevas capacidades en los estudiantes y nuevas oportunidades de innovación en el país. El Perú tiene una amplia herencia cultural, esto representa una amplia cartera de casuística para aplicar la ingeniería de sistemas en beneficio de salvaguardar el patrimonio cultural.

Este artículo presenta una revisión bibliográfica de los sistemas de información aplicados al patrimonio inteligente.

Se discute como la evolución de los sistemas de información permite soporte al patrimonio inteligente, influye en las estrategias de enseñanza de la Ingeniería de sistemas.

Esta investigación se divide en las siguientes secciones: Método, en dónde se describe el método de la investigación realizada. Resultados, se muestran los resultados encontrados. Discusión, donde se discuten las variables de investigación y finalmente la presenta la conclusión del trabajo.

Método

Se realizó la revisión bibliográfica en cinco etapas. Las herramientas que se usaron fueron: bases de datos científicas para buscar la información, Zotero como herramienta de gestión bibliográfica, VOZviewer y Excel Map para los gráficos.

Inicio

Se define el tema de investigación e identifica las variables, o palabras clave, involucradas en la investigación, en este caso “Sistemas de Información y Patrimonio inteligente”, variable 1=

Sistemas de Información; Information Systems; Variable 2= Patrimonio inteligente, Smart Heritage; Variable 3 = educación superior, Smart University.

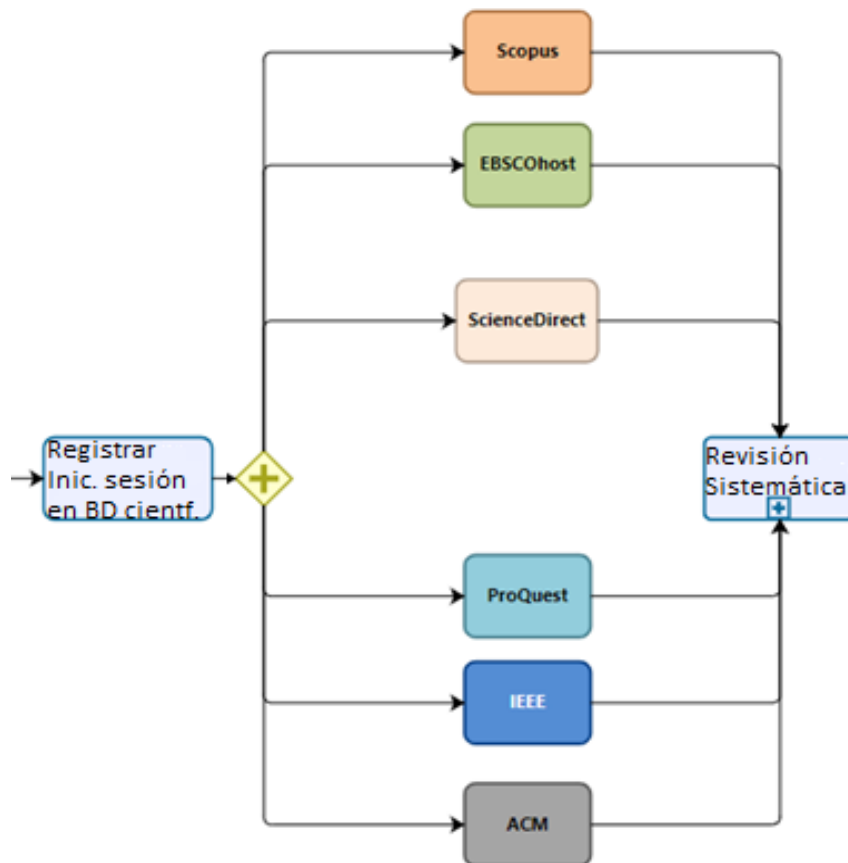
Búsqueda en bases de datos científicos

Esta actividad tiene cinco sub actividades:

- a. Registro en las bases de datos científicas Se hizo uso de la base de datos de índices Scopus, y las bases de datos documentales EBSCOhost, ScienceDirect, ProQuest, IEEEExplore Library y ACM Digital Library, Figura 1.

Figura 1

Bases de datos científicas usadas en la investigación documental



- b. Búsqueda inicial de artículos en cada base de datos, se inicia la búsqueda por las variables 1,2 y 3.

Se inició la búsqueda en Scopus. Se colocó las variables iniciales, Tabla 1, luego se procede a leer los

resúmenes de cada artículo, en caso el artículo esté alineado al objetivo

de la búsqueda se agrega a una en la lista.

Tabla 1

Búsqueda inicial

V1	Conector	V2	Número de artículos
“Information Systems”	AND	“Smart Heritage”	(1)
“Information Systems “	AND	“Virtual Heritage”	(20)
“Information Systems “	AND	“Smart University”	(17)

c. Adjuntar el artículo a la biblioteca digital, en este caso al gestor bibliográfico Zotero, se lee el contenido del artículo, se Identifican los diversos sinónimos respecto de las palabras clave, se añade

las etiquetas con las palabras clave en Zotero Figura 2, se crea y actualiza la tabla de sinónimos con las etiquetas, Tabla 2. Este paso es recursivo para todas las bases de datos que se revisan.

Figura 2

Añadir etiquetas

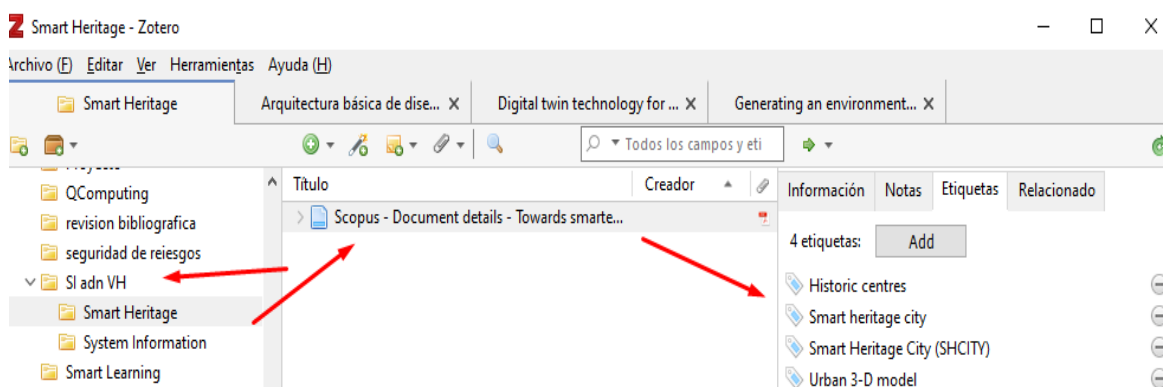


Tabla 2

Sinónimos de palabras clave

Palabras calve en español	Sinónimos de palabras clave en español
Sistemas de Información	Information Systems, Networks, Technology, Geographic Information System (GIS), Metaverse System, Virtual reality Systems, IoT Management Information System.
Patrimonio Inteligente	Smart Heritage, Smart heritage city, Cultural Heritage, Smart Heritage City (SHCITY), Urban 3-D model, virtual 3D reconstruction, Virtual Building Environment, and Virtual heritage., Smart community, Smart cities, Smart cultural heritage, Smart environments, Cultural heritage, Virtual cultural heritage. IOT Heitage, Augmented reality, Virtual reality, Digital technology.
Aprendizaje	Smart campus, Learning Smart, Smart University Digital University, University 4.0, Information technologies for iniversities, Smart University Immersive Virtual Learning

d. Crear las cadenas de búsqueda para cada base de datos, se usó operadores booleanos (AND, OR, NOT), la sintaxis puede variar de

manera mínima por cada base de datos. Para incrementar la búsqueda con los sinónimos, se usó OR, para concatenar las variables, se usó

AND y para excluir se usó NOT.
La Tabla 3 muestra algunas cadenas,

por temas de espacio no se muestran todas.

Tabla 3

Operadores Booleanos Concatenadores (Búsqueda Avanzada) (AND, OR, NOT)

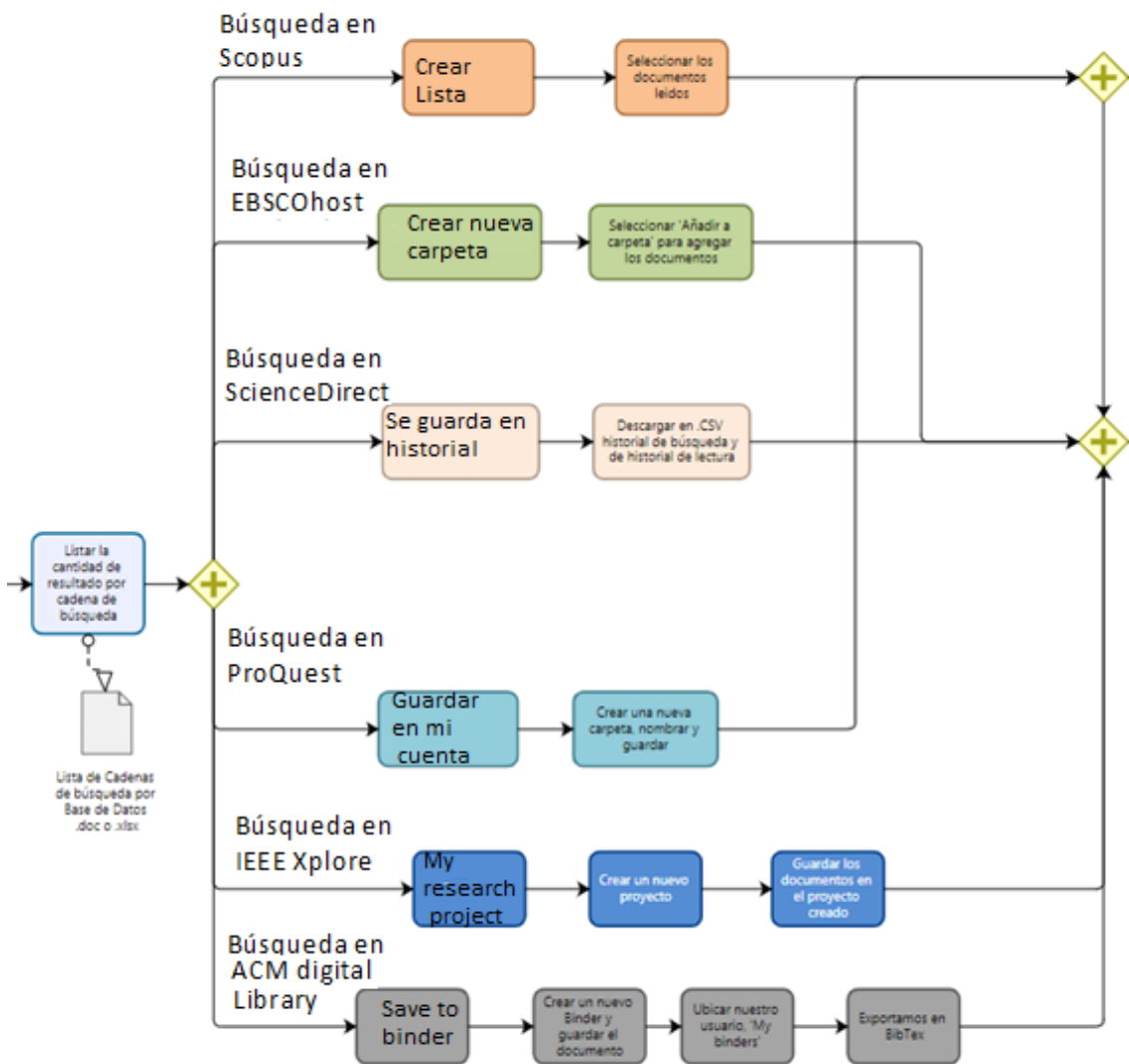
CONCATENADORES	BASES DE DATOS
AND, OR, NOT	SCOPUS Information Systems AND Smart Heritage (1)
	IEEE Information Systems AND Smart Heritage AND education (12)
	Information Systems AND Smart Heritage AND education AND NOT serious games (11)
	ACM “Information System” AND “smart cultural” (4)

e. Crear una lista con los resultados de las búsquedas en cada base de datos,

las listas contendrán los artículos validados, Tabla 4.

Figura 3

Crear listas de documentos válidos

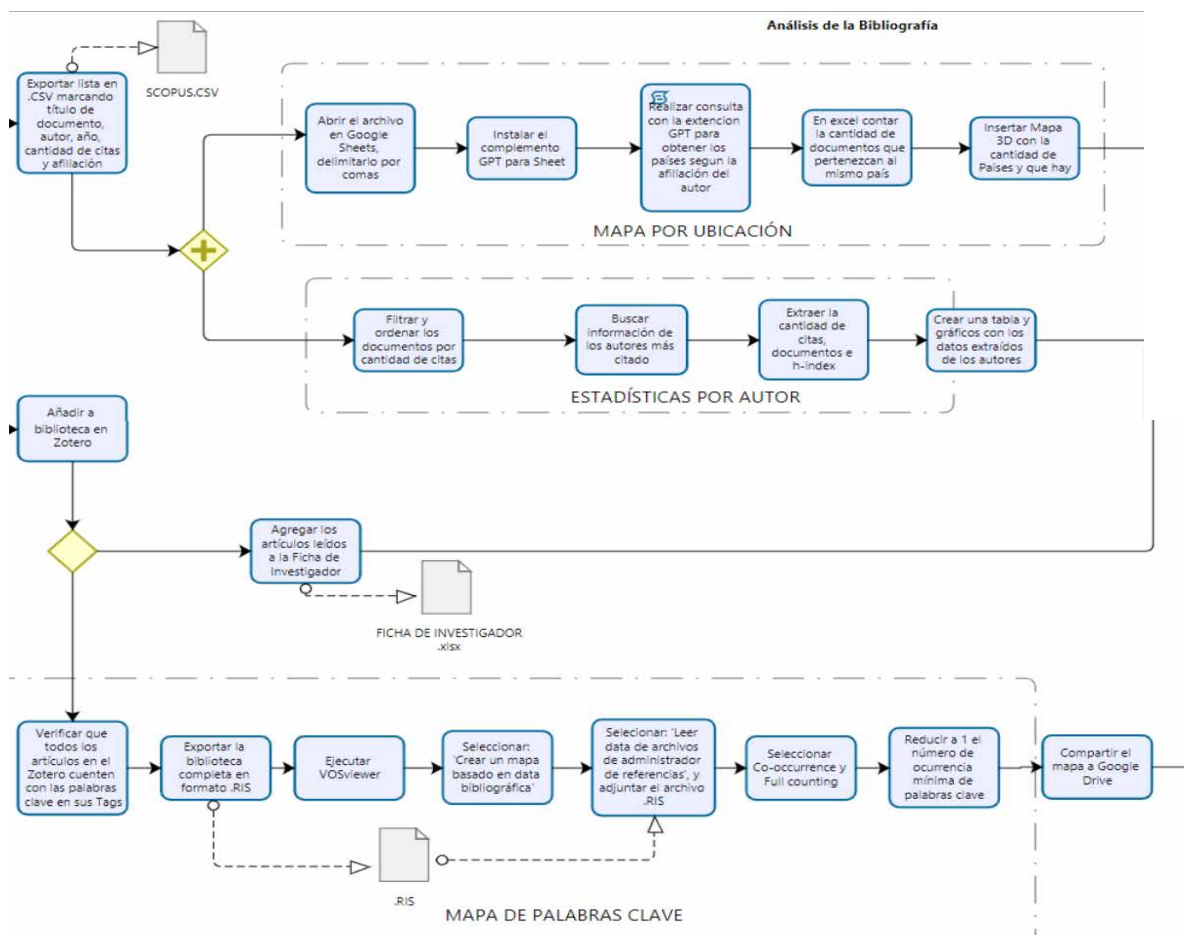


Análisis cuantitativo

Se realiza el análisis de los resultados aplicando diversas herramientas para obtener gráficos, esquemas y mapas

que reflejen la tendencia por países de publicación, citas por autor y mapa de palabras clave. La Figura 4 muestra el proceso seguido en esta investigación.

Figura 4
Proceso para análisis cuantitativo LABSTI



Publicaciones por países

Los países en los que se ha publicado sobre Sistemas de Información, Patrimonio Inteligente y educación en ingeniería de sistemas son el Reino Unido con cuatro publicaciones y 523 citas respecto a las variables ciudades inteligentes, patrimonio cultural y sistemas de información. En segundo lugar, China con nueve publicaciones y 158 citas, respecto a las variables ciudades inteligentes, patrimonio cultural, sistemas

de información y educación inteligente. En tercer lugar, se encuentra USA con cinco publicaciones y 197 citas para las variables, sistemas de información e informática urbana. Luego sigue en orden Canadá, Grecia, Italia, países del Medio Oriente y Perú.

El mayor número mayor de citas lo tienen los artículos con las variables, ciudades inteligentes, patrimonio cultural y sistemas de información, con 523 citas, Figura 5.

Figura 5
Publicación por países

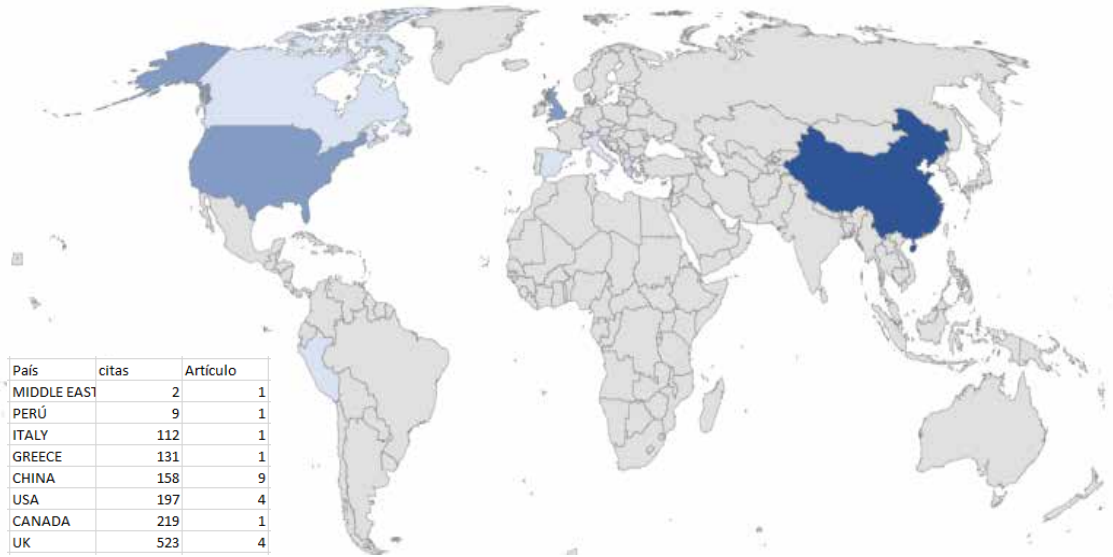
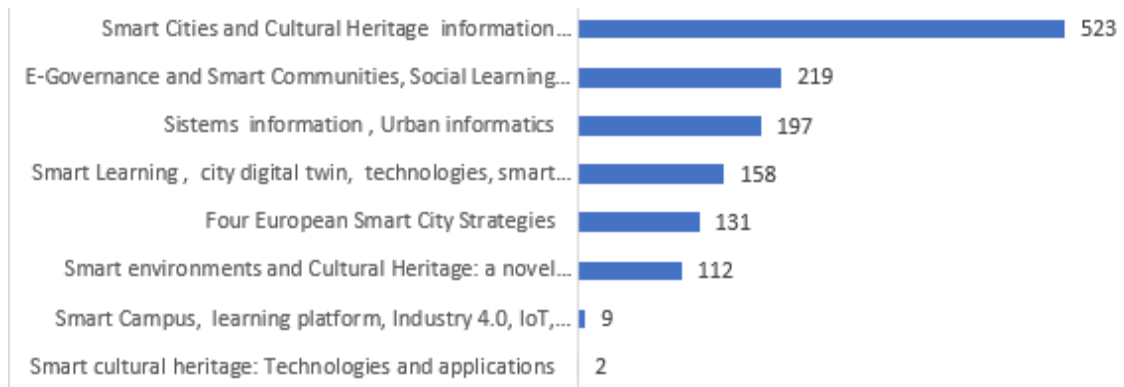


Figura 6
Citas por artículo



Número de artículos por año

Las publicaciones revisadas e incluidas en esta investigación por año se muestran en Figura 7. En el 2001 se toma en cuenta un artículo sobre comunidades inteligentes y se analiza las tendencias tecnológicas y su impacto en el conocimiento comunitario. Luego se examina un artículo del año 2010 sobre las tendencias del patrimonio cultural impactado por las nuevas tecnologías. En el 2011 se analizan cuatro artículos, en donde se analiza la inteligencia en la ciudades y el patrimonio, además del cambio cultural tecnológico de las personas, en el 2012 se analiza las características de los sistemas

de información y en los artículos del 2014 y 2015 y 2016 se identifica como la informática urbana condiciona la evolución del patrimonio cultural; en el 2017 se analiza artículos sobre aprendizaje inteligente en el contexto de las ciudades inteligentes, en el 2018 se analiza el cambio en la formación del profesional para afrontar las necesidades del patrimonio cultural ante las nuevas tecnologías, en el 2019, 2020 , 2023 se analizan artículos sobre la tecnología en la cultura y las estrategias de campus inteligente de las universidades y la transformación de los sistemas de información para soportar el patrimonio cultural.

Figura 7
Artículos por año

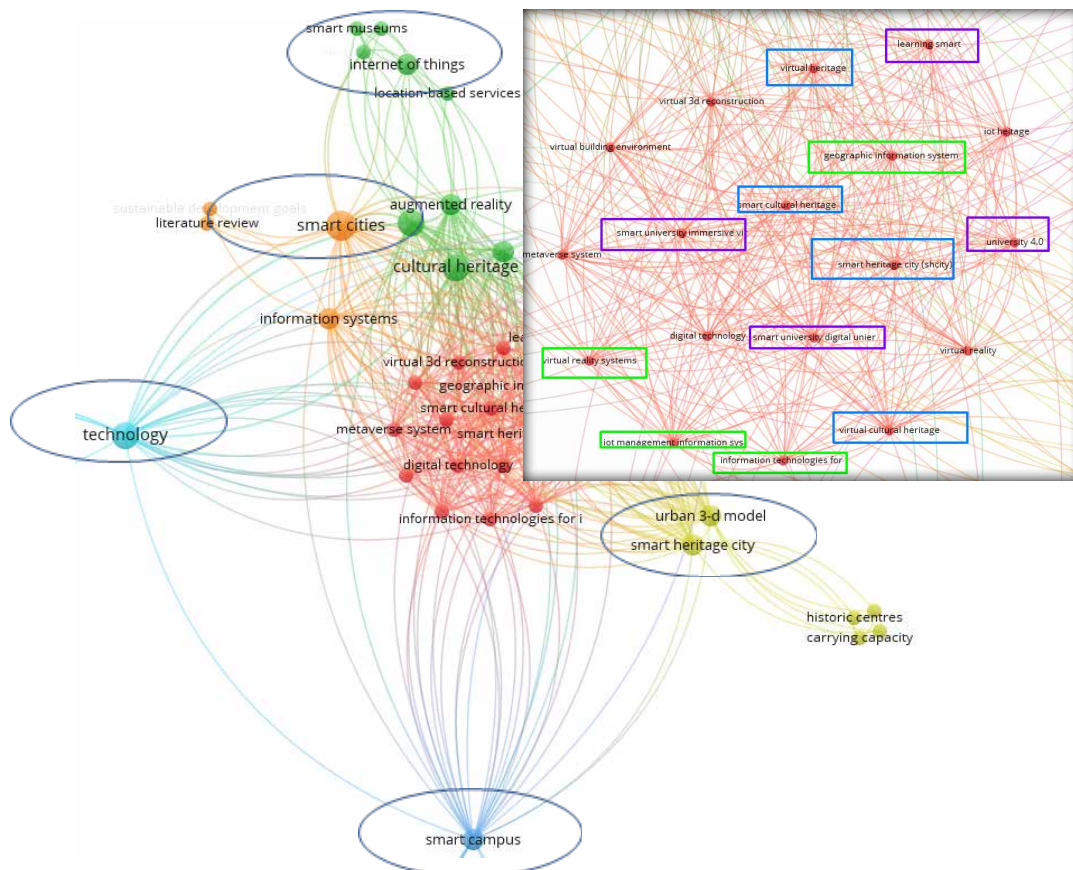


Investigación basada en palabras clave

Se usa la data de Tabla 2, para identificar palabras clave co-ocurrentes, luego se crea el mapa de co-ocurrencia para los datos bibliográficos. Se analizaron 57 palabras clave, agrupadas en siete grupos. Las palabras clave, sistemas de Información,

patrimonio inteligente y educación se encuentran en el centro, en color rojo, muy relacionadas en diferentes artículos, en la periferia en grandes nodos se pueden visualizar ciudades inteligentes, ciudad cultural inteligente, Smart campus, tecnología con Internet de las cosas muy destacado como se muestra en la Figura 7.

Figura 8
Concurrencia de clave



Resultados

Sistemas de información en patrimonio Inteligente

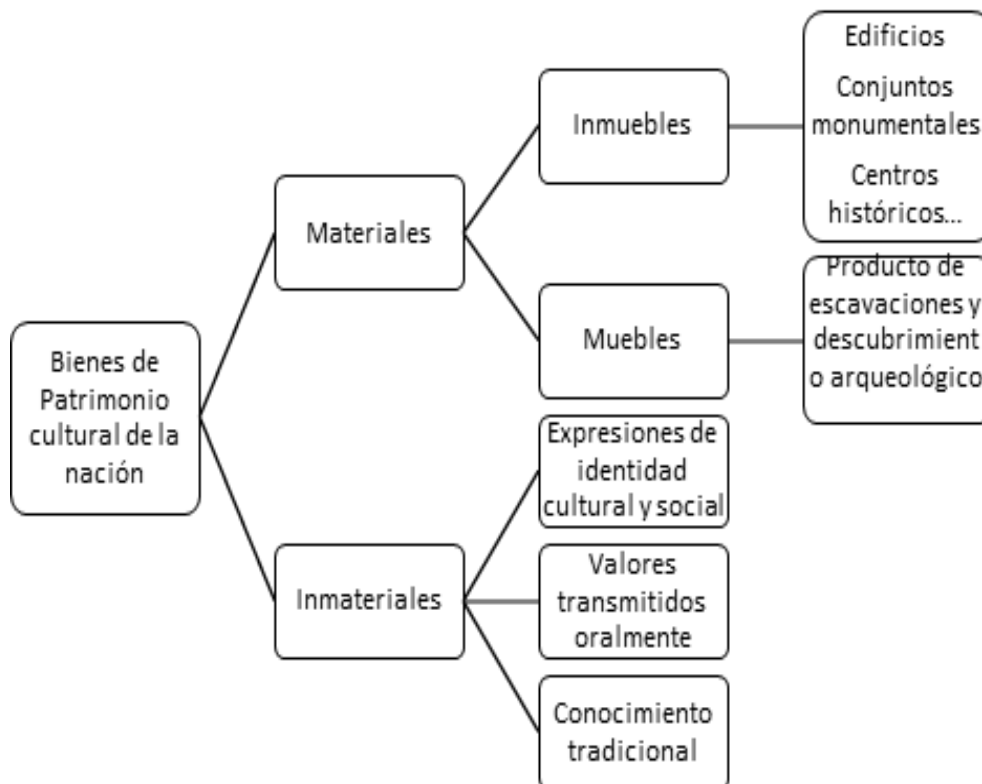
Las ciudades, cada vez adquieren más inteligencia debido a la penetración de las TIC, la información urbana crece cada día, la gestión de esta información requiere de sistemas de información para ofrecer servicios avanzados e innovadores a los ciudadanos, teniendo un impacto significativo en la calidad de vida y en la gestión sostenible de los recursos (Ismagilova et al., 2019).

La tecnología se convierte en un medio para recopilar, organizar y proporcionar acceso a inmensas cantidades de información y a un número cada vez mayor de habitantes y visitantes (Angelidou, 2016), las redes de sensores van en crecimiento, capturarán información para comprender el comportamiento y necesidades de ciudadanos y así permitir la innovación (Coe et al., 2001). En este contexto, un sistema de información desempeña un papel fundamental en el desarrollo de ciudades inteligentes, así, los Sistemas de Información Geográfica (SIG), proporcionan datos geospaciales clave sobre las ciudades y patrimonio cultural

(Baleanu, et al., 2023); el modelado de información de construcción (BIM) aplicado al patrimonio histórico (HBIM) se encarga de mantener una representación digital precisa de las construcciones legadas, además de asegurar gestión coherente de la información y facilitar su intercambio; Los sistemas de realidad virtual se encargan de la duplicación digital o lo que se conoce como gemelo digital urbano (Xia et al., 2022). además, de asegurar la interacción de los habitantes urbanos con el patrimonio digital. Los sistemas de información cuando se combinan con las diversas tecnologías aplicadas a la ciudad mediante la Internet de las Cosas (IoT), permiten los cimientos esenciales para los sistemas urbanos inteligentes.

El patrimonio cultural es el conjunto de bienes y manifestaciones propias de una comunidad cuyos antepasados los dejaron de herencia, es un sistema multidisciplinario que involucra diversas ciencias y disciplinas para su conservación y puesta en valor, a fin transmitirlo a las siguientes generaciones respetando su autenticidad (Díaz, 2010), (Shady, 2011) para forjar identidad, conciencia social y nacional (Rodríguez, 2018), (Alberca Sialer, 2018), (Ministerio de Cultura, 2020) Figura 3.

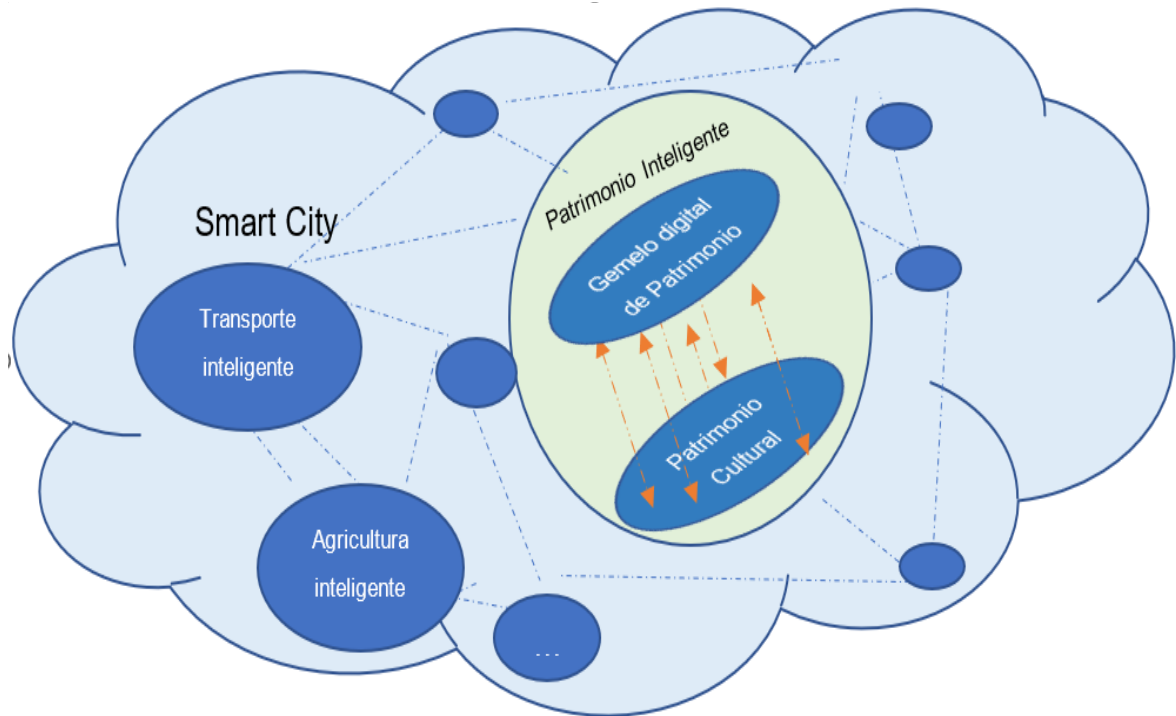
Figura 9
Clasificación de los Bienes integrantes del patrimonio cultural peruano



Nota. Adaptado por la autora de (Ministerio de Cultura, 2020), pp.9-10

El Patrimonio cultural, con sus especificaciones propias está inmerso en los nuevos modelos de gestión, operación e interacción de las ciudades inteligentes (Khalaf, 2019), con la necesidad de mejorar la experiencia del usuario sin descuidar ni tergiversar el legado cultural (Chianese et al., 2015), combinando tecnologías de SIG, HBIM, RV, RA, IoT, BIG DATA e IA para permitir la interacción natural de las personas con objetos patrimoniales reales y virtuales promoviendo la propagación de los gemelos digitales culturales (Xia et al., 2022), (Zubiaga et al., 2019).

Por tanto, se puede definir los sistemas de información para patrimonio Inteligente (SIPI), como sistema tecnológico interactivo encaminado a mejorar la gestión de los espacios urbanos arqueológicos / históricos, ayudando en su mantenimiento, conservación, monitorización, investigación, diagnóstico, difusión tanto de forma real, virtual, aumentada de manera integrada a otros sistemas inteligentes componentes de CI, Figura 3.

Figura 10*Sistemas de información para patrimonio inteligente*

Informática urbana y tecnología usadas en el patrimonio cultural

La informática urbana estudia las necesidades y problemas del contexto urbano. Además, las oportunidades que brinda la tecnología para identificar, diseñar, desarrollar e implementar oportunidades innovadoras para agregar valor orgánico a la vida de las personas y a las tareas cotidianas. Los patrones de interacción y comunicación de las personas en la vida cotidiana cambian entre espacios físicos y digitales, convirtiendo la sociabilidad y la experiencia diaria en un espacio híbrido, con la necesidad de un entorno ubicuo capaz de soportar las necesidades de la ciudad inteligente (Bilandzic & Venable, 2011) (Foth, 2018)

La ciudad inteligente, es un sistema desafiante con capas tecnológicas, sociales y arquitectónicas, que exige tener en cuenta no solo los aspectos tecnológicos, sino las características sociales, políticas y humanas de las personas (Foth et al., 2011), (Unsworth et al., 2014).

Las tecnologías de información para las ciudades inteligentes cuando se aplican al patrimonio cultural se separan en dos grandes grupos, tecnologías habilitadoras y tecnologías difusoras.

Tecnologías habilitadoras, Tabla 5, son aquellas que se encargan de la recopilación, almacenamiento e intercambio de datos (Borda & Bowen, 2017).

Tabla 4
Tecnologías habilitadoras para un Patrimonio Cultural

DIMENSIONES	DESCRIPCIÓN
Internet de las cosas (IOT)	Facilita la inteligencia del patrimonio cultural, recolectando, y comunicando objetos mediante la infraestructura de dispositivos equipados con sensores para la transmisión de datos, que se encuentran interconectados a través de Internet.
Computación en la nube	Facilita una estructura para establecer conexiones seguras entre sitios dispersos del patrimonio, posibilita compartir información y recursos de manera efectiva.
Banda ancha móvil 5G	Facilita el acceso a internet mediante dispositivos móviles. Lo que facilita la interacción entre lo real y lo virtual.
Tecnología inalámbrica de corto alcance	Facilita la interacción con información, de manera inalámbrica a corta distancia, los visitantes al entorno cultural pueden acceder a información cultural mediante sus dispositivos inteligentes.
Big data	Facilita interactuar, con un gran volumen de datos, y obtener información relevante que de otra manera no se podría obtener.
Sistemas de información (GIS)	Facilita recopilar, gestionar y analizar datos arraigados en la ciencia de la geografía, Integra al patrimonio muchos tipos de datos. Analiza la ubicación espacial y organiza capas de información en visualizaciones usando mapas y escenas 3D.
Método de modelado inteligente para patrimonio (HBIM)	Facilita capturar y gestionar información detallada sobre la construcción, uso y evolución de edificios patrimoniales o históricos.

Nota. Esta tabla muestra las tecnologías habilitadoras de un sistema de información para que se puedan utilizar en un Patrimonio Cultural y así convertirlo en un Patrimonio Inteligente. Modificado de (Borda & Bowen, 2017).

Las tecnologías de visualización permiten la comunicación de información codificándolos como objetos visuales, Tabla 6. Los datos complejos se vuelven más comprensibles, accesibles

y utilizables. Los datos pueden ser una simple representación infográfica hasta un modelado 3D con la realidad virtual, aumentada o mixta (Borda & Bowen, 2017).

Tabla 5
Tecnologías de visualización para un Patrimonio Cultural

DIMENSIÓN	DESCRIPCIÓN
Realidad virtual (RV)	Permite crear entornos simulados de la realidad, también, puede presentar entornos imaginarios artificiales, o entornos muy similares a la realidad.
Gemelo digital (DT)	
Geo visualización	Permite el análisis de datos geoespaciales mediante una visualización interactiva para presentar mapas que podrían superponerse en capas temáticas y tener opciones para diferentes apariencias visuales, con el fin de facilitar a los usuarios explorar y analizar los datos de forma interactiva
Realidad Aumentada (RA)	Permite la superposición de gráficos de datos y mejoras sensoriales sobre el entorno físico en tiempo real. Normalmente, las aplicaciones de RA emplean la cámara de los teléfonos inteligentes para mostrar una vista en tiempo real del entorno físico y luego añaden capas de información, como texto e imágenes, a esa vista.
Digitalización	Permite la digitalización de bienes culturales, con estrategias innovadoras como la catalogación automática de datos de contenidos digitales 2D y 3D

Nota. Esta tabla muestra las tecnologías de visualización de un sistema de información para que se puedan utilizar en patrimonio cultural y así convertirlo en un patrimonio inteligente.

La educación en ingeniería de sistemas

La educación juega un papel importante en el desarrollo sostenible de una ciudad, es la encargada de promover la creatividad, innovación e inteligencia. Los entornos de enseñanza están potenciando sus métodos, estrategias y tecnologías como, la educación en Ingeniería Emergente (3E) (Liu et al., 2017), campus inteligente (Yamao & León, 2020) y los gemelos digitales (Tao & Xu, 2022). Además, de potenciar el esfuerzo de colaboración con empresas e instituciones a fin de acercar al estudiante a el análisis y desarrollo de casos reales. Desarrollar sistemas de información en colaboración academia / cultura, permite aprovechar las fortalezas tecnológicas del joven universitario, el conocimiento metodológico y sociocultural de la universidad para potenciar la educación y el desarrollo cultural digital (Vocaturro et al., 2019).

Discusión

El patrimonio cultural al adoptar tecnología para digitalizarse condiciona la evolución de los sistemas de información, los cuales se están especializando para soportar las necesidades de gestión de la inteligencia del patrimonio. En el mismo sentido la educación universitaria también evoluciona, para soportar la necesidad de crear sistemas de información con una excelente narrativa histórica, con capacidad de generar engagement en el usuario, integrada a la reconstrucción

virtual 3D, con gestión y análisis de grandes cantidades de información (SelmanovićElmedin et al., 2020).

La universidad por tanto, crea métodos y cursos para generar conocimientos el recurso humano (Holtorf & Högberg, 2021). Estudiantes de arqueología, antropología, arquitectura, sociología, historia, geografía, comunicación, ingeniería civil, ingeniería de sistemas son necesarios para recrear un gemelo virtual inteligente del patrimonio cultural. El amplio patrimonio peruano es una oportunidad para la colaboración universidad cultura, en dónde los académicos, investigadores y estudiantes permiten la continuidad de una cadena virtuosa de necesidad, conocimiento, evolución e innovación.

Conclusiones

La evolución de la tecnología provee de inteligencia a objetos, esta evolución genera la adaptación de los sistemas de información a las nuevas necesidades de información de las ciudades y patrimonio inteligente. La proliferación de los sistemas GIS, gemelos digitales, sistemas HBIM, sistemas de realidad virtual, condiciona a la universidad a adoptar estas tecnologías en su curricular universitaria, provocando nuevos métodos y estrategias de enseñanza a fin de fin de aplicarlas de manera óptima. Además, de realizar alianzas empresa/cultura, y otras especialidades para soportar la constante evolución de del patrimonio cultural.

Referencias

- Alberca Sialer, F. A. (2018). El patrimonio cultural en la formación de los profesionales del turismo en el Perú, 2018: Cultural heritage in the training of tourism professionals in Peru. *Cultura: Revista de la Asociación de Docentes de la USMP*, 32, 99-122. <https://doi.org/10.24265/cultura.2018.v32.05>
- Angelidou, M. (2016). Four European Smart City Strategies. *International Journal of Social Science Studies*, 4(4), 18-30. <https://doi.org/10.11114/ijsss.v4i4.1364>
- Baleanu, D., Agarwal, P., & Balas, V. (2023). *Fractional Order Systems and Applications in Engineering*. Elsevier Inc. <http://sciencedirect.com/book/9780323909532/fractional-order-systems-and-applications-in-engineering>
- Bañuls, V., & Salmerón, J. L. (2011). *Fundamentos de la prospectiva en sistemas de información*. <https://elibro.net/es/ereader/biblioteca/fmh/126381?page=39>
- Bilandzic, M., & Venable, J. (2011). Towards Participatory Action Design Research: Adapting Action Research and Design Science Research Methods for Urban Informatics. *The Journal of Community Informatics*, 7(3), Art. 3. <https://doi.org/10.15353/joci.v7i3.2592>
- Borda, A., & Bowen, J. P. (2017). *Smart Cities and Cultural Heritage – A Review of Developments and Future Opportunities*. Electronic Visualisation and the Arts (EVA 2017). <https://doi.org/10.14236/ewic/EVA2017.2>
- Chianese, A., Piccialli, F., & Valente, I. (2015). Smart environments and Cultural Heritage: A novel approach to create intelligent cultural spaces. *Journal of Location Based Services*, 9(3), 209-234. Scopus. <https://doi.org/10.1080/17489725.2015.1099752>
- Coe, A., Paquet, G., & Roy, J. (2001). E-governance and smart communities: A social learning challenge. *Social Science Computer Review*, 19(1), 80-93. Scopus. <https://doi.org/10.1177/089443930101900107>
- Díaz, M. del C. (2010). *Criterios y conceptos sobre el patrimonio cultural en el siglo XXI*. <http://kaipachanews.blogspot.com/2016/08/criterios-y-conceptos-sobre-el.html>
- Foth, M. (2018). Participatory urban informatics: Towards citizen-ability. *Smart and Sustainable Built Environment*, 7(1), Art. 1.
- Foth, M., Choi, J. H., & Satchell, C. (2011). Urban informatics. *Proceedings of the ACM 2011 conference on Computer supported cooperative work*, 1-8. <https://doi.org/10.1145/1958824.1958826>
- Holtorf, C., & Högberg, A. (2021). *Cultural Heritage and the Future* (Routledge). <https://www.routledge.com/Cultural-Heritage-and-the-Future/Holtorf-Hogberg/p/book/9781138829015>

- Ismagilova, E., Hughes, L., Dwivedi, Y. K., & Raman, K. R. (2019). Smart cities: Advances in research—An information systems perspective. *International Journal of Information Management*, 47, 88-100. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.01.004>
- Khalaf, M. (2019). *Smart cultural heritage: Technologies and applications*. 2019(CP758). Scopus.
- Laudon, K., & Laudon, J. (2012). *Sistemas de Información Gerencial* (12.^a ed.). Pearson.
- León, N. L., & Yamao, E. (2022). Project based learning approach for cloud application development course using agile methodologies. *2022 International Symposium on Accreditation of Engineering and Computing Education (ICACIT)*, 1-4. <https://doi.org/10.1109/ICACIT56139.2022.10041506>
- Liu, D., Huang, R., & Wosinski, M. (2017). Smart Learning in Classroom Environment. En D. Liu, R. Huang, & M. Wosinski (Eds.), *Smart Learning in Smart Cities* (pp. 91-117). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-10-4343-7_5
- Ministerio de Cultura. (2020). *¿Qué es patrimonio cultural?* <https://www.cultura.gob.pe/sites/default/files/paginternas/tablaarchivos/04/1manualqueespatrimonio.pdf>
- Rodríguez, M. R. (2018). La preservación y protección del patrimonio cultural del Perú en el marco de la convención del patrimonio mundial. *Turismo y Patrimonio*, 12, Art. 12. <https://doi.org/10.24265/turpatrim.2018.n12.03>
- SelmanovićElmedin, RizvicSelma, HarveyCarlo, BoskovicDusanka, HulusicVedad, ChahinMalek, & SljivoSanda. (2020). Improving Accessibility to Intangible Cultural Heritage Preservation Using Virtual Reality. *Journal on Computing and Cultural Heritage (JOCCH)*. <https://doi.org/10.1145/3377143>
- Shady, R. (2011). El rol del patrimonio arqueológico en el desarrollo social en el Perú y su inclusión en las políticas de estado. *Revista Moneda*, 149, 38-45.
- Tao, Z., & Xu, G. (2022). Digital Twin Technology in the Field of Education—Take the Management of the HTC Vive as An Example. En J. Yang, D. Liu, Kinshuk, A. Tlili, M. Chang, E. Popescu, D. Burgos, & Z. Altınay (Eds.), *Resilience and Future of Smart Learning* (pp. 49-59). Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-19-5967-7_6
- Unsworth, K., Forte, A., & Dilworth, R. (2014). *Urban Informatics: The Role of Citizen Participation in Policy Making: Journal of Urban Technology: Vol 21, No 4*. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10630732.2014.971527>
- Vocaturro, E., Zumpano, E., Caroprese, L., Pagliuso, S. M., & Lappano, D. (2019). *Educational games for cultural heritage*. 2320, 96-106. Scopus.

- Xia, H., Liu, Z., Efremochkina, M., Liu, X., & Lin, C. (2022). Study on city digital twin technologies for sustainable smart city design: A review and bibliometric analysis of geographic information system and building information modeling integration. *Sustainable Cities and Society*, 84, 104009. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.104009>
- Yamao, E., & León, N. L. (2020). *Smart Campus as a learning platform for Industry 4.0 and IoT ready students in higher education*.
- Zubiaga, M., Izkara, J. L., Gandini, A., Alonso, I., & Saralegui, U. (2019). Towards smarter management of overtourism in historic centres through visitor-flow monitoring. *Sustainability (Switzerland)*, 11(24). Scopus. <https://doi.org/10.3390/SU11247254>

Evaluación de la efectividad de sistemas de extracción de humos en soldadura por arco

Evaluation of the effectiveness of fume extraction systems in arc welding

Recibido: octubre 25 de 2023 | Revisado: octubre 30 de 2023 | Aceptado: noviembre 11 de 2023

FRANCISCO JAVIER ROJAS ALEJANDRO¹
AUGUSTO FELIPE ZINGG ROSSEL²
ISAAK RAFAEL VÁSQUEZ ROMERO³
MARILYN AURORA BUENDÍA MOLINA⁴

RESUMEN

Este estudio se centró en evaluar la eficacia de varios procesos de soldadura en la reducción de emisiones de gases volátiles en entornos de trabajo, un factor crucial para la seguridad y salud ocupacional. Se llevaron a cabo pruebas comparativas en tres procesos de soldadura comunes: SMAW, GMAW y GTAW, con un enfoque en la concentración de formaldehído y otros compuestos orgánicos volátiles (VOC) en el aire. Los resultados revelaron una alta significación estadística entre los tratamientos, lo que confirmó diferencias sustanciales en las emisiones de VOC. La prueba de Tukey identificó al proceso GTAW (TIG) como el más eficiente, con una concentración de volátiles totales de 0.0557 mg/m³, muy por debajo del umbral de 0.2 mg/m³, donde se espera que no se produzcan irritaciones ni síntomas de malestar. En contraste, los procesos SMAW y GMAW mostraron concentraciones que podrían dar lugar a irritaciones o malestar. La elección del proceso de soldadura adecuado se revela como un factor crítico en la reducción de emisiones de VOC y la protección de la salud de los trabajadores. Los VOC, que incluyen el formaldehído y el monóxido de carbono, pueden tener efectos adversos en la salud de los trabajadores, y cumplir con los límites de exposición ocupacional es esencial.

Palabras clave: extracción de humos, gases tóxicos, salud ocupacional, procesos de soldadura

ABSTRACT

This study focused on evaluating the effectiveness of various welding processes in reducing volatile gas emissions in work environments, a crucial factor for occupational health and safety. Comparative tests were carried out on three common welding processes: SMAW, GMAW and GTAW, with a focus on the concentration of formaldehyde and other volatile organic compounds (VOCs) in the air. The results revealed high statistical significance between treatments, confirming substantial differences in VOC emissions. The Tukey test identified the GTAW (TIG) process as the most efficient, with a concentration of total volatiles of 0.0557 mg/m³, well below the threshold of 0.2 mg/m³, where it is expected that no irritation or symptoms of discomfort. In contrast, the SMAW and GMAW processes showed concentrations that could lead to irritation or discomfort. Choosing the appropriate welding process is revealed as a critical factor in reducing VOC emissions and

- 1 Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú
- 2 Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú
- 3 Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú
- 4 Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú

Autor de correspondencia:
frojas@lamolina.edu.pe

© Los autores. Este artículo es publicado por la Revista Campus de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de San Martín de Porres. Este artículo se distribuye en los términos de la Licencia Creative Commons Atribución No-Comercial – Compartir-Igual 4.0 Internacional (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), que permite el uso no comercial, distribución y reproducción en cualquier medio siempre que la obra original sea debidamente citada. Para uso comercial contactar a: revistacampus@usmp.pe.

<https://doi.org/10.24265/campus.2023.v28n36.03>

protecting workers' health. VOCs, including formaldehyde and carbon monoxide, can have adverse health effects on workers, and compliance with occupational exposure limits is essential.

Keywords: fume extraction, toxic gases, occupational health, welding processes

Introducción

La soldadura por arco es un proceso fundamental en la fabricación y la construcción, utilizado en una amplia gama de aplicaciones industriales (Silvia, 2013). Sin embargo, este proceso conlleva riesgos potenciales para la salud de los soldadores debido a la emisión de gases tóxicos, en particular monóxido de carbono (CO) y dióxido de carbono (CO₂). La exposición a estos gases puede tener consecuencias graves para la salud, incluyendo efectos a corto y largo plazo. La prevención y la mitigación de la exposición a estos gases son de suma importancia (Puello et al., 2018).

Una de las estrategias clave para lograrlo es la utilización de campanas de soldadura, diseñadas para capturar y eliminar los contaminantes del aire en el entorno de trabajo. Este artículo se propone investigar la eficacia de diversos sistemas de extracción de humos en la soldadura por arco, con un enfoque en procesos como SMAW, GMAW y GTAW. A través de la comparación de diferentes tipos de campanas y su influencia en la reducción de los niveles de CO y CO₂, este estudio busca proporcionar datos valiosos que contribuyan a la mejora de la seguridad en los lugares de trabajo de soldadura.

Antecedentes de investigación han destacado la importancia de evaluar la

efectividad de los sistemas de extracción de humos en soldadura por arco. Por ejemplo, un estudio realizado por Smith y Jones (2019) encontró que la exposición a humos de soldadura puede aumentar el riesgo de enfermedades respiratorias en soldadores. Como susceptibilidad a la neumonía (Suri et al., 2016) y, en menores proporciones, cáncer pulmonar (Ambroise et al., 2006; Sorensen et al., 2007). Estos hallazgos resaltan la necesidad de implementar sistemas de extracción eficaces para proteger la salud de los trabajadores.

Los objetivos de este estudio son analizar y comparar diferentes sistemas de extracción de humos utilizados en la soldadura por arco, evaluando su eficacia en la eliminación de contaminantes y la protección de la salud de los trabajadores. También se busca identificar posibles áreas de mejora en la implementación de estos sistemas y proponer recomendaciones para su optimización.

Método

El presente trabajo de investigación se desarrolló en el área de soldadura del taller de maquinaria agrícola del Departamento de Mecanización y Energía de la Facultad de Ingeniería Agrícola de la Universidad Nacional Agraria La Molina, ubicado en el distrito de La Molina, provincia de Lima, región Lima, con coordenadas geográficas específicas de 12° 04' 49.23" S

de latitud, 76° 56' 56.87" O de longitud, y una altitud de 235 metros sobre el nivel del mar (msnm). Estas coordenadas son de relevancia para situar el contexto del estudio y la ubicación geográfica precisa en la que se llevaron a cabo las investigaciones relacionadas con la soldadura por arco y los sistemas de extracción de humos en el ámbito de la ingeniería agrícola.

Los equipos utilizados en el estudio incluyeron una máquina de soldar Solandina (SMAW - Electromanual), una máquina de soldar Hobart (GMAW - MAG), una máquina de soldar Daf (GTAW - TIG), una campana de soldeo o extracción de gases, un anemómetro portátil GVDA y un detector de gases Meterk (air quality detector precisión instrument). Asimismo, se han utilizado los siguientes materiales como electrodos de recubrimiento celulósico 6011-E, alambre para soldadura MAG ER70S-6 (1 mm), electrodos de tungsteno de 1/8" para soldadura TIG, soldadura para TIG de 1 mm de diámetro, y 60 unidades de platinas ASTM A36 de 1/4" x 2" x 4".

Construcción de la campana

El plano de la campana (Figura 1), su construcción se basó en las medidas de los materiales obtenidos, que se detallan en la Figura 1. La técnica constructiva y el armado de la campana involucraron la unión de las piezas con uniones fijas, utilizando remaches tipo "cherries" para algunas partes y soldadura "SMAW" con electrodo E 6011 para otras, como el soporte del motor. Posteriormente, se

selló la cámara con masilla plástica para evitar pérdidas de captación de los gases contaminantes, y se procedió a lijar la superficie para prepararla para el acabado con la pintura. Además, se realizó un acondicionamiento adicional a la campana de soldeo para aumentar su versatilidad en futuras pruebas, incluyendo una caja de arranque que mejoró la seguridad operativa. Esta caja incluye una llave térmica de 10 Amperios, un botón de arranque y otro de parada para prevenir posibles accidentes eléctricos durante las pruebas, así como un pirómetro que mide temperaturas de -10°C hasta 100°C, con termocuplas instaladas a la salida del ducto de la campana para obtener información sobre la temperatura de los gases y los particulados durante el proceso de soldadura de las muestras.

La verificación de los requisitos de diseño de la campana se realizó siguiendo las directrices del manual de diseño de campanas de Soler & Palau (2015). La medición de la velocidad de captación se llevó a cabo con un anemómetro en el borde de la cara destapada de la campana, que representa la posición más alejada del sistema de extracción, obteniéndose un valor de 0.57 m/s. Este valor se encuentra dentro del rango recomendado (0.5 m/s - 1 m/s). Además, se midió la velocidad de salida en el ducto donde se recogen los gases, la cual fue de 18 m/s. Estos resultados indican que la campana de soldeo cumple con los requisitos de diseño y está lista para llevar a cabo las pruebas planificadas (Figura 2).

Figura 1
Campana de soldeo

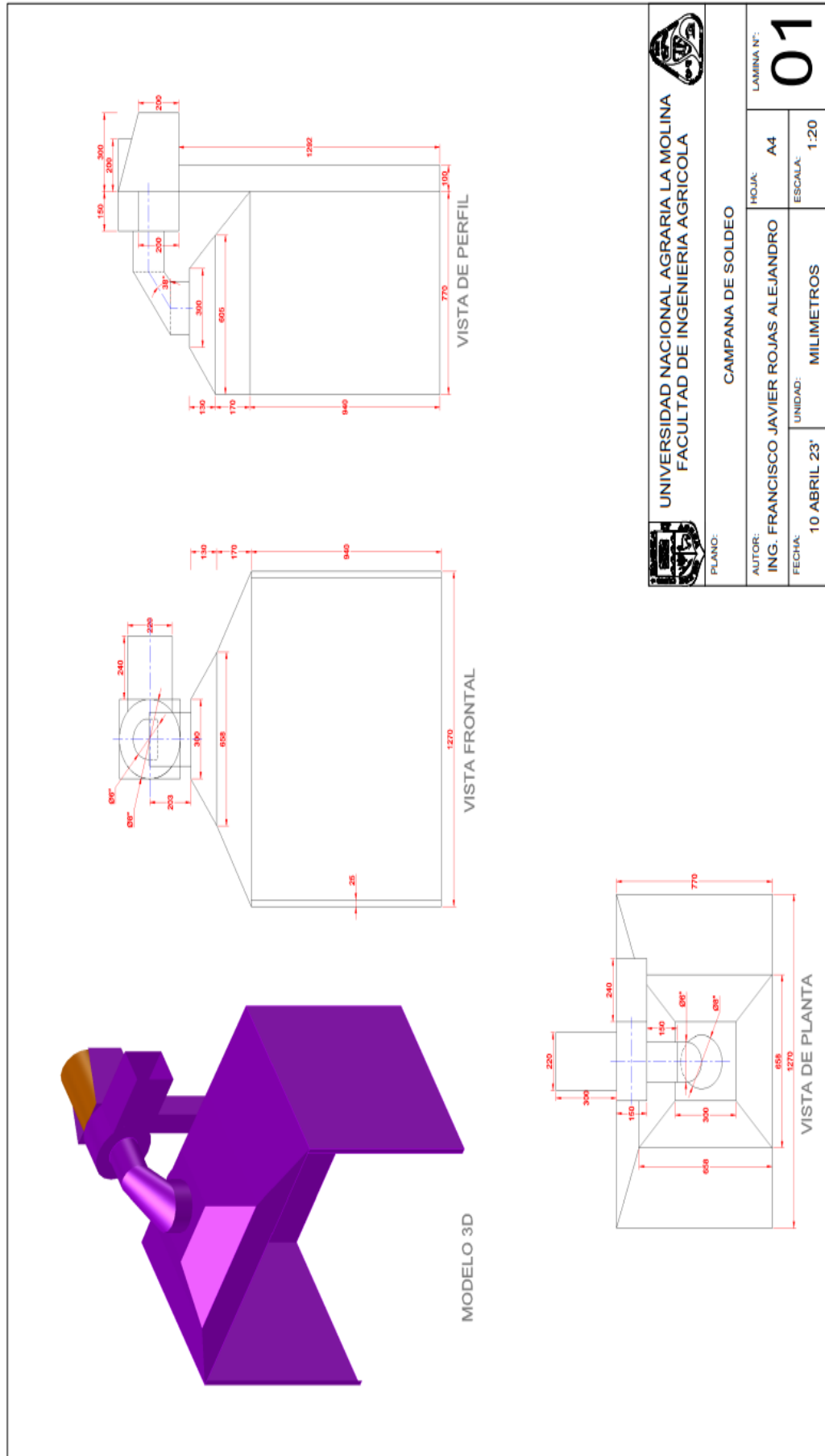


Figura 2*Cámara de soldado, vista de perfil y frontal*

La metodología consiste en tomar registros de las emanaciones de gases CO y CO₂ a la salida de la campana de soldeo durante la soldadura, enfocándose en los momentos de mayor emisión que coinciden con el flujo continuo de gases y la mitad del tiempo de soldadura. Los tiempos y variables de duración de la soldadura se registraron para muestras de tamaño constante.

Se utilizó un diseño completamente

al azar (DCA) con tres procesos (Tabla 1) y diez repeticiones, lo que totalizó 30 unidades experimentales. El modelo estadístico empleado fue $Y_{ij} = \mu + \Gamma_i + E_{ij}$, donde Y_{ij} representa la variable respuesta, μ es el efecto de la media general, Γ_i es el efecto del i -ésimo tratamiento, y E_{ij} es el efecto del error experimental. Se realizó un análisis de varianza (ANVA) y una prueba de Tukey para la comparación múltiple de medias con un nivel de significación del 5%.

Tabla 1*Procesos de soldaduras en estudio*

Tratamiento	Código	Descripción
T1	GMAW	GAS Metal Arc Welding
T2	SMAW	Shielded Metal Arc Welding
T3	GTW	Gas Tungsten Arc Welding

Este enfoque metodológico permite evaluar de manera rigurosa la efectividad de los sistemas de extracción

de humos en la soldadura por arco, considerando diferentes procesos y variables relevantes.

Resultados

Formaldehído (HCHO)

Los resultados relativos al formaldehído se presentan en la Tabla 2,

mientras que los análisis estadísticos se encuentran detallados en la Tabla 3. Los análisis estadísticos revelaron una alta significación estadística (ANVA) entre los tratamientos, con un coeficiente de variación del 31.17 %.

Tabla 2

Resultados estadísticos de la prueba de Tukey del efecto de los procesos de soldadura para la variable respuesta del Formaldehído (HCHO)

Tratamiento	Procesos de soldadura	Formaldehído (mg/m ³)	Tukey significación (0.05)
T1	GMAW	0.1175	a
T2	SMAW	0.0781	b
T3	GTW	0.0121	c

Tabla 3

The ANOVA Procedure - Formaldehído

Source	DF	Sum of Square	Mean Square	F Value	Pr > F
Trat	2	0.05672507	0.02836253	60.89	<.0001
Error	27	0.01257630	0.00046579		
Corrected Total	29	0.06930137			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	HCHO Mean
0.818527	31.17305	0.021582	0.069233

Volátiles Totales (TVOC)

Los resultados relativos a los volátiles totales se presentan en la Tabla 4, mientras que los análisis estadísticos se

encuentran detallados en la Tabla 5. Los análisis estadísticos revelaron una alta significación estadística (ANVA) entre los tratamientos, con un coeficiente de variación del 41.9 %.

Tabla 4

Resultados estadísticos de la prueba de Tukey del efecto de los procesos de soldadura para la variable respuesta de volátiles totales (TVOC)

Tratamiento	Procesos de soldadura	Formaldehído (mg/m ³)	Tukey significación (0.05)
T1	GMAW	0.6249	a
T2	SMAW	0.3814	b
T3	GTW	0.0557	c

Tabla 5*El ANOVA volátiles totales*

Source	DF	Sum of Square	Mean Square	F Value	Pr > F
Trat	2	1.63120460	0.81560230	37.04	<.0001
Error	27	0.59453940	0.02201998		
Corrected Total	29	2.22574400			
C.V. (%)	41.9				
R-Square	Coeff Var	Root MSE	TVOC Mean		
0.732881	41.91845	0.148391	0.354000		

Discusión**Formaldehído (HCHO)**

En la comparación múltiple de medias, se aplicó la prueba de Tukey al nivel de significancia de 0.05 para la variable respuesta formaldehído (HCHO). La Tabla 2 muestra que la prueba de Tukey revela diferencias significativas entre los tres tratamientos (T1, T2 y T3). No obstante, se considera estadísticamente que el T3, correspondiente al proceso GTAW, es el más eficiente, por registrar la concentración más baja de formaldehído (0.0121), lo que indica una menor emisión de este gas incoloro y de olor sofocante. Esta concentración se encuentra por debajo de los valores indicados por la Oficina Federal del Medio Ambiente de Alemania para irritación de las mucosas (Moratalla, 2005). Además, el valor obtenido no supera el límite permisible de 0.37 ppm para una exposición de corta duración (STEL) según el Ministerio de Salud (2005).

El proceso GTAW (T3) mostró la menor emisión de formaldehído (0.0121), lo que indicó una eficacia en la reducción de este compuesto. El valor obtenido para el T3 se encuentra por debajo de los límites de exposición recomendados por diferentes instituciones, lo que lo convierte en el

proceso menos contaminante en términos de formaldehído.

Volátiles Totales (TVOC)

Los resultados obtenidos en relación a los volátiles totales son de gran relevancia en el contexto de la seguridad y salud ocupacional en la soldadura, ya que estos compuestos orgánicos volátiles (VOC) representan una preocupación significativa debido a su potencial impacto en la calidad del aire en el entorno de trabajo y, por ende, en la salud de los trabajadores. El análisis de varianza (ANVA) muestra una alta significación estadística entre los tratamientos, indica que las diferencias entre estos son estadísticamente significativas, lo que subraya la importancia de considerar cuidadosamente el proceso de soldadura en términos de emisiones de VOC.

La prueba de Tukey, utilizada para la comparación de medias, enfatiza que el proceso GTAW (T3), también conocido como TIG, se destaca como el más eficiente en la reducción de los volátiles totales, con una concentración registrada de tan solo 0.0557 mg/m³. Este valor se sitúa significativamente por debajo del umbral de 0.2 mg/m³, por debajo del cual no se esperan irritaciones ni síntomas de malestar en el ambiente de soldadura, en

conformidad con las pautas normativas actuales (Ministerio de Salud, 2005).

En contraposición, los procesos de soldadura SMAW y GMAW se encuentran en un rango de concentración de 0.2 a 3.0 mg/m³, lo que indica la posibilidad de que se produzcan irritaciones o síntomas de malestar, especialmente si estos niveles de VOC se combinan con otros factores de exposición en el lugar de trabajo. Estos hallazgos resaltan la importancia de seleccionar y aplicar el proceso de soldadura adecuado teniendo en cuenta los riesgos para la salud de los trabajadores.

Es fundamental recordar que los VOC incluyen compuestos químicos perjudiciales, como el formaldehído y el monóxido de carbono (CO), cuyos efectos adversos en la salud de los trabajadores deben ser mitigados. Los resultados respaldan la elección del proceso GTAW (TIG) como una opción más segura en términos de emisiones de VOC, lo que contribuye a la protección de la salud de los trabajadores en el entorno de soldadura. Estos hallazgos tienen implicaciones significativas para la selección y regulación de procesos de soldadura en entornos industriales y la promoción de prácticas de trabajo más seguras.

Conclusiones

Las conclusiones del estudio se basan en los resultados obtenidos en relación a las emisiones de gases volátiles en procesos de soldadura. Estos hallazgos tienen implicaciones significativas para la seguridad y salud ocupacional en el entorno de la soldadura. A

continuación, se presentan las principales conclusiones:

Los resultados destacan la importancia de elegir el proceso de soldadura adecuado en función de los riesgos para la salud de los trabajadores. El proceso GTAW (TIG) se identifica como el más eficiente en la reducción de volátiles totales, con una concentración significativamente baja de 0.0557 mg/m³. Esto sugiere que el GTAW es una opción más segura en términos de emisiones de VOC en comparación con los procesos SMAW y GMAW.

Es esencial que los empleadores y trabajadores cumplan con las regulaciones y normativas vigentes sobre exposición ocupacional a sustancias químicas, incluidos los gases volátiles. Los límites máximos permisibles, de acuerdo con las normativas nacionales e internacionales, deben ser respetados para garantizar la salud de los trabajadores.

Los gases volátiles, como el formaldehído y el monóxido de carbono, pueden tener efectos negativos en la salud de los trabajadores. Los resultados respaldan la elección del proceso GTAW (TIG) como una alternativa más segura en términos de emisiones de VOC, lo que contribuye a la protección de la salud de los trabajadores en el entorno de soldadura.

La capacitación y la concienciación son fundamentales en la promoción de prácticas de trabajo seguras en la soldadura. Los trabajadores y empleadores deben comprender los riesgos asociados con la exposición a gases volátiles y tomar medidas preventivas adecuadas.

Referencias

- Ambroise, D., Wild, P., Moulin, J. (2006). Update of a meta-analysis on lung cancer and welding, *Scand. J. Work Environ. Health*, 32(1), 22-31.
- Ministerio de Salud (2005); Decreto supremo n° 015-2005-SA; 31 p. https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/280981/252380_DS015-2005-SA.pdf20190110-18386-10o4hbf.pdf?v=1547173561
- Moratalla, J. (2005). Nuevas legislaciones relativas a la emisión de formaldehído de los productos fabricados con tableros derivados de la madera. <https://actualidad.aidimme.es/2019/10/22/nuevas-legislaciones-relativas-a-la-emision-de-formaldehido-de-los-productos-fabricados-con-tableros-derivados-de-la-madera/>
- Puello, J., León, G., Gómez, D., Muñoz, H., Blanco, L. (2018). Determinación de metales pesados en humos metálicos presentes en ambientes informales de trabajo dedicados a la soldadura. *Revista Colombiana de Ciencias Químico – Farmacéuticas*, 47(1), 14-25. <https://doi.org/10.15446/rcciquifa.v47n1.70653>.
- Silvia, E. (2013). Consumibles para soldadura por arco eléctrico: algunos desarrollos recientes. *Soldag*, 18(01), 077-089. <https://doi.org/10.1590/S0104-92242013000100011>
- Smith, J., & Jones, A. (2019). Efectos de la exposición a humos de soldadura en la salud de los trabajadores. *Welding Health and Safety*, 35. DOI: 10.1234/weldings-2019-12345.
- Soler & Palau (2015). Catálogo Industrial, Recuperado el 20 de octubre de 2023, de <https://www.solerpalau.mx/ASW/recursos/cata/Industrial.pdf>
- Sorensen, A., Thulstrup, A., Hansen, J., Ramlau-Hansen, C., Meersohn, A., Skytthe, A., Bonde, J. (2007). Risk of lung cancer according to mild steel and stainless steel welding, *Scand. J. Work Environ. Health*, 33(5), 379-386 (2007).
- Suri, R., Periselneris, J., Lanone, S., Zeidler-Erdely, PC., Melton, G., Palmer, KT., Andujar, P., Antonini, JM., Cohignac, V., Erdely, A., Jose, RJ., Mudway, I., Brown, J., Grigg, J. (2016). Exposure to welding fumes and lower airway infection with *Streptococcus pneumoniae*. *J Allergy Clin Immunol*. 137(2):527-534.e7. doi: 10.1016/j.jaci.2015.06.033.

Boucherie modificado: Una alternativa para preservar bambú en la amazonía ecuatoriana

Modified Boucherie: An alternative to preserve bamboo in the Ecuadorian Amazon

Recibido: octubre 09 de 2023 | Revisado: noviembre 20 de 2023 | Aceptado: noviembre 28 de 2023

ANDREA SALOMÉ JARAMILLO BENAVIDES¹

JORGE BATRES²

FREDDY LLULLUNA³

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue diseñar y construir un dispositivo tipo Boucherie modificado, para la preservación de bambú, con características de transportabilidad y costo accesible que permita la transferencia tecnológica horizontal a comunidades de la región amazónica ecuatoriana. El diseño del prototipo virtual se realizó mediante una metodología prescriptiva, utilizando un software de modelado en 3D que luego facilitó la elaboración de la lista de materiales y herramientas necesarias para su ensamblaje; el prototipo se desarrolló con materiales disponibles en la zona; posteriormente se realizaron las pruebas de funcionamiento en diferentes culmos de bambú. Como resultado se obtuvo un dispositivo para preservado de bambú con el método de Boucherie modificado, que puede ser transportado con todos sus componentes, ser utilizado incluso cuando no se dispone de energía eléctrica y cuyo funcionamiento fue probado con culmos de bambú de las especies *Dendrocalamus asper* y *Guadua angustifolia Kunth*.

Palabras clave: Boucherie modificado; preservado de bambú; transferencia tecnológica horizontal; Amazonía ecuatoriana; transportabilidad

ABSTRACT

The goal this research was to design and build a modified Boucherie-type device for the preservation of bamboo, with characteristics of transportability and affordable cost that allows horizontal technological transfer to communities in the Ecuadorian Amazon region. The design of the virtual prototype was carried out through a prescriptive methodology, using 3D modeling software that then facilitated the preparation of the list of materials and tools necessary for its assembly; The prototype was developed with materials available in the area; Subsequently, performance tests were carried out on different bamboo culms. As a result, a device was obtained for preserving bamboo with the modified Boucherie method, which can be transported with all its components, be used even when electricity is not available and whose operation was tested with bamboo culms of the *Dendrocalamus asper* species. and *Guadua angustifolia Kunth*.

Keywords: Modified Boucherie; preserved bamboo; horizontal technology transfer; Ecuadorian Amazon; transportability

1 Pontificia Universidad Católica del Ecuador - sede Ibarra

2 Universidad Regional Amazónica Ikiam

3 Universidad Amawtay Wasi

Autor de correspondencia:
asjaramillo@pucesi.edu.ec

© Los autores. Este artículo es publicado por la Revista Campus de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de San Martín de Porres. Este artículo se distribuye en los términos de la Licencia Creative Commons Atribución No-Comercial – Compartir-Igual 4.0 Internacional (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), que permite el uso no comercial, distribución y reproducción en cualquier medio siempre que la obra original sea debidamente citada. Para uso comercial contactar a: revistacampus@usmp.pe.

<https://doi.org/10.24265/campus.2023.v28n36.04>

Introducción

En la Amazonía ecuatoriana existe un tipo de ecosistema denominado “bosque con bambú al Oeste de la Amazonía”, que se extiende desde las faldas del volcán Sumaco hacia la frontera con Perú (Añazco y Rojas, 2015). La principal especie endémica de bambú identificada en esta región es la *Guadua angustifolia*; sin embargo, existen otras especies nativas e introducidas que aún no han sido identificadas. Gracias a la presencia de bambú en la región amazónica, las comunidades están familiarizadas con su uso en la construcción y en la elaboración de algunos objetos, que, por lo general son efímeros debido a la baja durabilidad natural del material, más aún si se consideran las condiciones climáticas que caracterizan este entorno.

Entre los años 2019 a 2023, el proyecto ejecutado simultáneamente en Ecuador, Perú y Colombia por la Red Internacional del Bambú y Ratán (INBAR), conocido como “Bambuzonía”, impulsó el uso adecuado del bambú en la región en varias fases de la cadena productiva: desde el manejo de plantaciones hasta aplicaciones como artesanías, mobiliario y construcción (INBAR, 2023). En el marco de este proyecto y tomando en cuenta la situación descrita en el párrafo anterior, se desarrolló esta investigación, con dos propósitos, para promover el aprovechamiento sostenible del bambú y contribuir con el surgimiento y consolidación de emprendimientos e industrias locales que usan este material. El punto de partida fue la necesidad de preservar al bambú para prolongar su vida útil.

Existen varias formas de inmunizar al bambú frente al ataque de insectos

y microorganismos. En el litoral del Ecuador y en países como Colombia la más utilizada es la inmersión en piscinas de una solución de sales de boro. Para la ejecución de este método de preservación se necesita espacio para la implantación de la piscina y tanques para almacenar los residuos o gestionar adecuadamente su reutilización o descarte; esto hace que esta alternativa no sea viable en todos los contextos. En el caso de la región amazónica, que tiene un entorno extenso y vulnerable, es necesario pensar en alternativas que sean lo menos agresivas posible con el ambiente y que tengan el alcance suficiente para llegar a poblaciones que se encuentran dispersas en el territorio.

Es así que, para este proyecto se investigó la viabilidad de construir un equipamiento tipo Boucherie modificado, transportable, económicamente accesible, de fácil montaje y reparación, que permita tratar el bambú *in situ*, en cada lugar donde se requiera utilizarlo, para fines como la construcción, fabricación de muebles, entre otros. Estas características son fundamentales para cumplir con el objetivo de facilitar la transferencia tecnológica horizontal, que parte de identificar problemas o necesidades concretas en un lugar determinado, sigue con proponer soluciones tecnológicas viables y contextualizadas, para finalizar en una devolución que incluye la generación de capacidades para garantizar la sostenibilidad futura de lo transferido.

El prototipo fue fabricado con el apoyo financiero de INBAR, con fondos de la Agencia de Cooperación Española (AECID), mientras que el ingreso de la solicitud de patente de invención del dispositivo se hizo el 22 de setiembre del año 2021, en el Servicio Nacional

de Derechos Intelectuales del Ecuador (SENADI), con el apoyo financiero de la Corporación Ecuatoriana para el Desarrollo de la Investigación y la Academia (CEDIA), a través de la Convocatoria del Fondo Registra 2020.

Bambú en la Amazonía ecuatoriana y su uso adecuado

Según Añazco y Rojas (2015), a pesar que no existen datos precisos sobre áreas cubiertas con bambú, en base a fotografías satelitales se calculó que, en el sur occidente de la Amazonía, entre el Estado brasileño de Acre, Madre de Dios en Perú y Pando en Bolivia, existe un área cubierta por

manchas de bambú de aproximadamente 180 000 Km cuadrados. Específicamente en el caso de Ecuador, Cleofe y Clark (1982) indicaron que el 74% de los bambúes leñosos se encontraba en la cordillera oriental del país. En la Amazonia ecuatoriana conviven manchas naturales de bambúes leñosos y herbáceos nativos como la Guadúa, pero también especies exóticas que a lo largo de los años han sido cultivados a pequeña escala. Londoño (2021) realizó la identificación de las principales especies presentes en las provincias de Napo, Pastaza y Morona Santiago, indicó además los usos actuales y los usos potenciales de cada una, Tabla 1.

Tabla 1
Especies de bambú en Napo, Pastaza y Morona Santiago

BAMBÚES NATIVOS				
Nombre común - diámetro de culmo	Categoría	Nombre científico	Uso actual y ancestral	Uso potencial
No registra - 0.5 a 1 cm -	leñoso	<i>Chusquea serpens</i> L.G. Clark	No se conoce	Artesanías y muebles
No registra - ≤ 1 mm -	herbáceo	<i>Cryptochloa unispiculata</i> Soderstr	Curanderos waorani usan follaje para curaciones	Ornamental y conservación de suelos
Caña Guadúa, Huamag o Wamag (Kichwa) - 10 a 14 cm -	leñoso	<i>Guadua angustifolia</i> Kunth y <i>Guadua aff. angustifolia</i> Kunth #1 y #2	Construcción, muebles, artesanías, utilitarios, alimentación	Laminados, fibras, agroturismo, carbón
Oña (Waorani); Nimoña (Waorani) - 4 a 6 cm -	leñoso	<i>Guadua weberbaueri</i> Pilger	Puntas de flechas, recipiente para transporte de flechas, latillas como bistrú para cortar el cordón umbilical en partos	Cestería, fibras, alimentación, muebles, artesanías, construcción de paredes
Surupanga macho (quechua); Ñemegö (Waorani) - ≤ 3 mm -	herbáceo	<i>Pariana campestris</i> Aubl.	Follaje – usado por shamanes. Uso de flores para actividades de crianza de niños	Adornos foliares, planta ornamental
BAMBÚES EXÓTICOS				
Nombre común - diámetro de culmo	Categoría	Nombre científico	Uso actual / ancestral	Uso potencial
Bambú malayo - 6 a 9 cm -	Leñoso exótico	<i>Bambusa eutuldoides</i> Mc Clure	En Asia usado en muebles, artesanías, implementos agrícolas, herramientas, construcción.	Tableros con latillas, ornamental, varas de cosecha.

Bambú amarillo - 4 a 10 cm -	Leñoso exótico	<i>Bambusa vulgaris</i> var. <i>vittata</i> Rivière & C. Rivière	Partes de botes, cercas, tutores, puntales y paredes de bahareque (medios culmos), pulpa de papel, follaje para alimento animal, diversos usos medicinales.	Tableros aglomerados, las hojas caulinares pueden servir para platos biodegradables y utensilios.
Bambú gigante - 8 a 20 cm -	Leñoso exótico	<i>Dendrocalamus asper</i> (Schult. f.) Backer	Construcción, recipientes, comestibles	Tableros laminados o enchapados, construcción, muebles, pellets, fibras, derivados alimenticios
Guaduilla (Colombia y Ecuador), Bambucillo (Perú) - 2 a 6 cm -	Leñoso exótico	<i>Phyllostachys aurea</i> (André) Rivière & C. Rivière	Varas de pescar, bastones, estructuras livianas, artesanías, muebles, papel, alimentación, planta ornamental, reforestación, contención de taludes	Brotos comestibles, cestería, muebles, artesanías

Nota. Londoño (2021)

Se considera uso adecuado o sostenible del bambú cuando se aprovecha al máximo sus propiedades físicas y mecánicas. La aplicación propuesta es coherente con los aspectos culturales de la población y se busca el menor impacto ambiental. En el caso del uso del bambú en la construcción, la normativa ecuatoriana NEC-guadua (2016) recomienda que siempre debe ser inmunizado para prolongar su vida útil. En la tabla anterior se resaltaron en color las dos especies de bambú cuyos culmos son usados comúnmente en Ecuador en la construcción de estructuras y con las que se probó el dispositivo que es objeto de esta investigación: *G. angustifolia* Kunth y *D. asper*.

Inmunización del bambú por el método de Boucherie modificado

El método de Boucherie modificado es utilizado para inyectar a presión preservantes hidrosolubles en los culmos frescos de bambú para desplazar y sustituir la savia contenida en sus canales vasculares. Es un procedimiento que fue adaptado del método que ya existía anteriormente para preservar troncos de madera usando

gravedad. Para ejecutar el procedimiento de aplicación del líquido preservante es necesario recostar los culmos de bambú con la punta inclinada hacia abajo, en las bases se conectan las boquillas por las que llega el líquido que es empujado a presión, generalmente por medio de un compresor. Liese y Tang (2015) afirman que es un método seguro y amigable con el ambiente porque el líquido preservante permanece completamente dentro del culmo, que garantiza una buena impregnación y es económico. Otra ventaja es que los culmos que son inmunizados por medio de Boucherie modificado pueden tener cualquier largo.

Hidalgo (2003) mencionó que se puede adaptar el dispositivo Boucherie de tres formas para inyectar el preservante: 1) por presión hidrostática, 2) utilizando una bomba manual de aire, 3) usando un compresor. Una particularidad es que este método de inmunización debe ser utilizado en culmos recién cortados, Beraldo (2012b) indica que entre el corte y el proceso de preservación deben haber transcurrido máximo 48 horas para garantizar su efectividad.

En Ecuador no hay registros de investigaciones similares a la que se propone en este estudio, pero Montoya (2005) en Colombia y Beraldo (2012a) en Brasil realizaron investigaciones aplicadas sobre este tipo de dispositivos, sin embargo, estas no consideran factores como la fácil transportabilidad o reparación, necesarios para procesos de transferencia tecnológica, especialmente en el contexto amazónico.

Transferencia tecnológica horizontal

La transferencia tecnológica se refiere a transmitir conocimientos sistemáticamente, ya sea para elaborar un producto, aplicar un proceso o prestar un servicio (Pedraza Amador y Velásquez Castro, 2013). Según explican Ramakrishna y Palma (1988) a mediados del siglo XX, luego de las críticas a las consecuencias negativas de la transferencia de tecnología agrícola de países desarrollados a los que estaban en vía de desarrollo, se planteó la necesidad de que la tecnología debería ser generada y probada en condiciones locales donde serían utilizadas; esto garantizaría adaptación tanto a las condiciones ambientales, económicas y sociales.

Por definición, la transferencia tecnológica horizontal es aquella que se origina en un lugar específico, inspirada en los problemas de la localidad, en los intereses y necesidades de su población, así como en sus ideas de cómo resolver sus problemas y satisfacer sus necesidades. Da Silva y Mourão (2019) explican que en la transferencia tecnológica horizontal la tecnología de producción es establecida dentro del mismo sistema que el producto. La importancia social de la transferencia tecnológica horizontal es hacer accesible los avances tecnológicos a todos los

sectores de la sociedad y es posible cuando los investigadores ponen su atención en los problemas de la población que tradicionalmente ha sido excluida de los avances científicos y tecnológicos, es decir, cuando ocurre un diálogo efectivo de la ciencia con estos problemas concretos.

En el caso de esta investigación, se plantea que la solución tecnológica del dispositivo Boucherie sirva de apoyo para las comunidades que tienen bambú en su territorio y buscan tecnología accesible para su aprovechamiento adecuado.

Método

Luego de la revisión bibliográfica y en base a los objetivos de la investigación se plantearon las premisas que fueron la base para el diseño del prototipo del Boucherie modificado:

1. Que sea transportable para usar in situ y llevarlo a lugares con dificultades de acceso, pero con bambúes disponibles
2. Construido con materiales que puedan ser adquiridos con facilidad en cualquier lugar
3. De montaje y reparación intuitiva
4. Adaptable a diferentes diámetros de bambú
5. Posibilidad de usar con o sin energía eléctrica; con compresor de aire en el primer caso y bomba manual en el segundo.

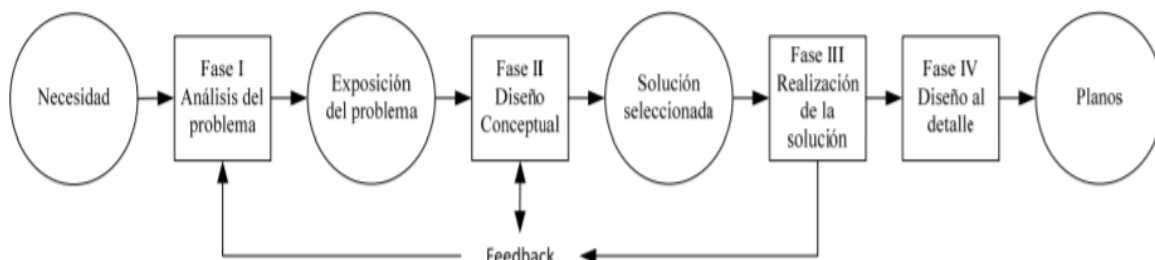
Para el proceso de diseño del prototipo se utilizó una metodología prescriptiva que sigue un patrón sistemático y secuencial de actividades. Dentro de esta metodología se utilizó el modelo de fases para estructurar el proceso de diseño por etapas, luego el prototipo conceptual y finalmente su construcción.

Como se muestra en la Figura 1, el diseño del prototipo se dividió en cuatro etapas: análisis del problema, diseño

conceptual, diseño de materialización y diseño de detalle (French, 1971).

Figura 1

Etapas de diseño del prototipo



En todo el proceso se utilizó software especializado de modelado 3D para la obtención un prototipo virtual que contenga todos requerimientos solicitados (*SolidWorks 2020*, Modelado 3D y NX12 para simulación). Una vez validado y aprobado el prototipo virtual se procedió al diseño de detalle para obtener planos constructivos, planos de ensamblaje, lista de materiales, equipos y herramientas necesarias, entre otros detalles, que fueron la base para el proceso de construcción del prototipo funcional.

La construcción del prototipo se realizó en la ciudad de Tena. Durante esta fase fueron realizados algunos ajustes en el diseño, que correspondían a adaptaciones de algunas piezas como los conectores de bambú. En esta fase se entrevistó a dos expertos que ya habían trabajado con el método de Boucherie, quienes aportaron con algunas ideas para optimizar el dispositivo.

Con el prototipo ya construido se realizaron pruebas de campo, para regular

las variables principales y garantizar que el dispositivo funcionara de manera óptima. Una de estas pruebas fue realizada en la propiedad de una artesana que tiene bambú disponible en su terreno y que trabaja con este material, se mostró el funcionamiento y se recogieron sus opiniones sobre la utilidad potencial del dispositivo en su negocio.

Para facilitar la transferencia tecnológica se realizó un manual de ensamblaje, uso, operación y mantenimiento que apoyará la futura divulgación del uso del dispositivo entre los usuarios potenciales de comunidades rurales.

Resultados y Discusión

El modelado en 3D facilitó la obtención de la lista de materiales y presupuesto para la construcción del prototipo. La Figura 2 muestra los primeros modelos del prototipo accionado por una bomba manual, una estructura metálica que lo sostiene y permite su transporte.

Figura 2

Modelados iniciales del prototipo accionado por bomba manual



En la Tabla 2 se detalla la lista de materiales y presupuesto para la elaboración de un prototipo, en Ecuador con valores en dólares, correspondientes al año 2021. No se considera en el

presupuesto las herramientas necesarias para el montaje y mantenimientos. Se prevé que al fabricar dispositivos en serie el valor podría disminuir.

Tabla 2

Presupuesto de dispositivo portátil Brocherie modificado

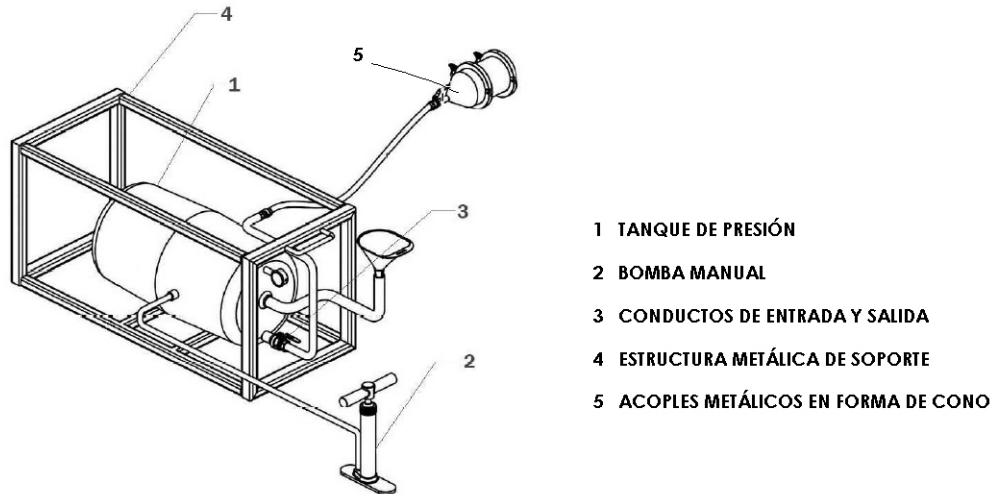
Ítem	Descripción	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
1	Manguera de presión para aire; de nylon, de ¼" (15 metros)	1	\$8.88	\$8.88
2	Acoples rápidos de presión hembra, de ¼"	14	\$0.87	\$12.18
3	Acoples rápidos de presión macho, de ¼"	14	\$4.89	\$68.46
4	Válvula de esfera de ½"; más conexiones roscables hembra y macho	6	\$5.01	\$30.06
5	Válvula de seguridad, de ¾"	1	\$21.67	\$21.67
6	Tee roscable plastigama, de ½"	6	\$0.59	\$3.54
7	Neplo roscable plastigama, de ½"	16	\$0.41	\$6.56
8	Codo roscable HH 90 grados, de ½"	4	\$0.45	\$1.80
9	Abrazadera Inox 6-16x8mm	14	\$0.46	\$6.44
10	Abrazadera Inox 118-40mm	6	\$1.14	\$6.84
11	Tanque de presión 20 gal. Well tank; D máx: 550mm	1	\$55.73	\$55.73
12	Permatex 1B. 3OZ	1	\$3.85	\$3.85
13	Rueda neumática de 8"	2	\$30.00	\$60.00
14	Manómetro de 200 PSI estándar	1	\$3.85	\$3.85
15	Cinta teflón ¾" x 0.2 x 15m estándar	2	\$0.80	\$1.60
16	Bomba manual de aire; varios acoples	1	\$13.55	\$13.55
17	Válvula de anti - retorno de aire, de ¾"	1	\$10.00	\$10.00
18	Sello de neopreno 4" (1m); cortado en 5 pedazos de 20cm	1	\$65.00	\$65.00
19	Boquillas metálicas de ½" a 4"	5	\$22.50	\$112.50
20	Estructura soporte del dispositivo	1	\$250.00	\$250.00
			Sub Total	\$742.51
			IVA (12%)	\$89.10
			TOTAL	\$831.61

Prototipo construido

El dispositivo para preservación de bambú fue construido en la ciudad de

Tena, los componentes principales para el funcionamiento están numerados en la Figura 3 y detallados a continuación:

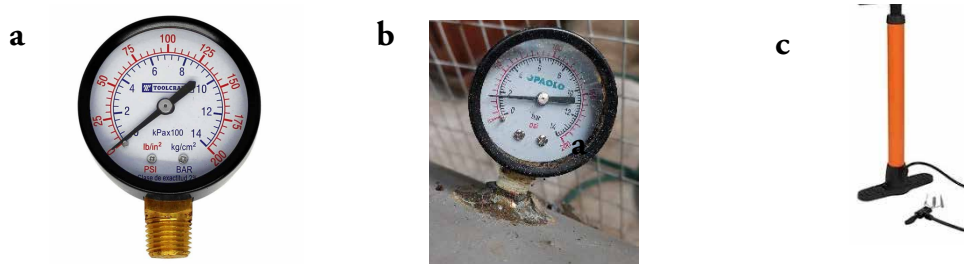
Figura 3
Componentes del dispositivo



1. El **tanque de presión** con capacidad de 20 galones, soldado a un manómetro de 200 libras por pulgada cuadrada (PSI por sus siglas en inglés); el tanque es el lugar donde se coloca la solución

preservante hasta la mitad y el resto se llena con aire que ingresa por una manguera conectada en un extremo al tanque y en otro a una bomba manual o a un compresor, Figura 4.

Figura 4
(a) manómetro; (b) soldadura del manómetro al tanque; (c) bomba manual de aire



2. La **bomba manual** es de las que comúnmente se utilizan para inflar neumáticos de bicicleta. Es económica y fácil de conseguir, con un ajuste en el conector que facilita su acoplamiento a la manguera que conduce el aire al tanque. Sirve para bombear el aire de manera

manual al interior del tanque hasta alcanzar la presión necesaria para realizar el procedimiento de inmunización de bambú: permite al usuario usar el dispositivo en lugares donde no se cuenta con servicio de energía eléctrica para utilizar compresor de aire.

3. Los **conductos de entrada y salida de distribución de fluido**: la entrada principal se conecta por el un extremo al tanque y por el otro al manifold (tubería de distribución de una a varias mangueras), que a su vez se conecta a varios conductos cuya salida lleva a las

boquillas que son conectadas las bases de los culmos de bambú. Cada una de las mangueras se une al manifold por medio de conectores de presión a los que están aseguradas con abrazaderas metálicas, Figura 5.

Figura 5

Manifold (tubería de distribución de una a varias mangueras)



4. La **estructura metálica de soporte**, que sustenta al tanque y permite el almacenamiento de todos los componentes del dispositivo en su

interior, se fabricó en un taller de suelda, con ruedas y manijas que facilitan su agarre y transporte, Figura 6.

Figura 6

Estructura metálica de soporte para almacenamiento y transporte



5. Los **acoples metálicos en forma de cono** para conectar las mangueras al bambú también se fabricaron en el

taller de suelda; se pueden fabricar con diferentes diámetros, dependiendo de la especie de bambú que se vaya

a inmunizar. En el caso de esta investigación, se usó un diámetro de 10 cm. En el vértice o punta el cono

tiene una rosca para asegurar la válvula de paso que a su vez se une al acople de presión. Figura 7.

Figura 7

Acople metálico en forma de cono, conectado a la válvula de paso y acople de presión



Los culmos de bambú van dentro de la parte más ancha del acople metálico, para asegurar su estanqueidad se coloca un pedazo de tubo de neopreno y pedazos

de caucho reciclado proveniente de tubos de neumáticos; en el extremo que se une a la base del bambú, se aseguran con abrazaderas metálicas. Figura 8.

Figura 8

Conexión entre el cono metálico y el bambú con ayuda de caucho y abrazaderas



También se puede observar en la Figura 8 que se soldó en la superficie lateral del acople metálico una válvula presta para permitir la salida de aire residual que es empujado por los conductos antes del líquido preservante al accionar el

dispositivo. Este paso es importante para que los vasos conductores de líquidos dentro de la pared del culmo de bambú se mantengan saturados de preservante y sin burbujas de aire en todo momento.

Para ensamblar el dispositivo, las herramientas utilizadas fueron: destornillador en cruz, llave tipo racha con dados de 13 y de 10 mm, un estilete (que puede ser sustituido por una navaja o cuchilla) y un playo. Una vez ensamblado el dispositivo puede montarse y desmontarse sin necesidad de herramientas adicionales, gracias a los acoples rápidos macho y hembra utilizados para en las conexiones.

El detalle del montaje del dispositivo paso a paso puede ser consultado en el manual ilustrado de ensamblaje, operación y mantenimiento (Jaramillo et al., 2022), que puede ser solicitado a los autores a través de correo electrónico previo a su publicación de acceso abierto.

Pruebas de funcionamiento, ajustes al prototipo y particularidades del procedimiento

Una vez que el dispositivo estuvo ensamblado se realizaron las pruebas de verificación de seguridad, al inicio únicamente con aire y sin líquido

preservante; estas pruebas consistían en comprobar que cada uno de los componentes estuviera en su lugar y bien asegurado, confirmar que no hubiera fugas en el sistema. El tanque fue llenado con aire proveniente de la bomba manual y luego con aire del compresor, ajustando la presión a 25 PSI y luego liberando las válvulas para permitir su paso hasta los acoples metálicos en forma de cono.

Cuando se identificaban fugas de aire, se ajustan las conexiones o sellaban las piezas, ya sea colocando teflón en las uniones roscadas, apretando los tornillos y acoples rápidos o corrigiendo la suelta. Una vez que todo estuvo listo, se procedió a realizar las pruebas de funcionamiento con líquido preservante.

La solución preservante utilizada para las pruebas de funcionamiento fue con sales de boro disueltas en agua al 4%, a una temperatura superior a 70 °C. Esta solución era colocada dentro del tanque hasta llegar a la mitad de su capacidad, con la ayuda de un embudo. Luego se aseguraba la tapa del tanque, Figura 9.

Figura 9

Introducción del líquido preservante al tanque con ayuda de un embudo



El siguiente paso fue colocar el tanque en su posición y conectar por un lado la manguera flexible para la carga de aire y por el otro las mangueras que conducen el preservante hacia el manifold. Se procedía a verificar que todas las válvulas de salida estuvieran cerradas y se realizaba la carga de aire hasta que el manómetro marcaba 25 PSI, ya sea por medio de la bomba manual o por medio del compresor de aire; el procedimiento con bomba manual duraba un promedio de 15 minutos y con el compresor de aire cerca de cuatro minutos.

Los acoples metálicos en forma de cono estaban embonados a las bases de los culmos de bambú con la ayuda de cilindros de neopreno y anillos de tubo de neumáticos, ambos asegurados con abrazaderas metálicas. Este fue uno de los pasos que presentó más dificultades y necesitó ajustes a lo largo de las pruebas iniciales, principalmente porque los diámetros de los bambús varían y el diámetro de los cilindros de neopreno permitía ajustes entre los 10cm y 11cm.

Luego de colocar los bambúes inclinados con las bases que están conectadas al dispositivo hacia arriba y en el otro extremo un recipiente para coleccionar el líquido, se procedía a iniciar la inyección del preservante. Se abría primero la válvula de salida del tanque y posteriormente una a una las válvulas de las boquillas. En cada boquilla se activó las válvulas laterales de fuga de aire residual, hasta que comenzaba a salir líquido y luego se cerraban para dejar que el líquido ingresara al bambú.

En menos de un minuto la presión inyectada provocaba que salieran los

líquidos contenidos en el culmo de bambú por el extremo opuesto, y hasta dos minutos para que comenzara a salir el líquido preservante; para establecer estos tiempos se colocó colorantes y esencias aromáticas en la solución preservante.

Los culmos utilizados para las pruebas de funcionamiento fueron de las especies *G. angustifolia* y *D. asper*. Se observó que con la segunda el líquido atravesaba el culmo con mayor rapidez y facilidad, incluso usando culmos cortados más de 48 horas antes de las pruebas de inmunización; mientras que con la *G. angustifolia* el líquido no pasó a través del bambú ni siquiera en varas cortados 24 horas antes, con esta especie solo funcionó cuando se preservaban inmediatamente después del corte.

El tiempo de inmunización depende del largo del bambú. En el caso de las pruebas de funcionamiento fue de tres horas aproximadamente, en varas hasta de seis metros de *D. asper* y de cuatro metros de *G. angustifolia*. Durante este tiempo el líquido procedente de los culmos era recogido en un recipiente que permitía establecer el momento en el cual comenzaba a fluir el líquido preservante y definir que este ya estaba contenido en la vara inmunizada. Sin embargo, al no ser objeto de esta investigación, no se verificó la impregnación del preservante en el culmo al finalizar este tiempo.

Finalmente, luego de culminar el proceso de inmunización se procedía a lavar todos los componentes del dispositivo y secarlos al ambiente, para posteriormente almacenarlos dentro de la estructura metálica del dispositivo, (Figura 10)

Figura 10

Almacenamiento del dispositivo



Dadas las condiciones ambientales de la región amazónica, es muy probable que los componentes metálicos del dispositivo sean propensos a la oxidación y corrosión prematura, sobre todo porque estarán expuestos al agua, aire y sol; en este sentido es necesario que, como una medida de mantenimiento, se los limpie periódicamente con lubricante con propiedades anticorrosivas.

Conclusiones y Recomendaciones

Sobre la accesibilidad de los materiales de fabricación y transportabilidad

El dispositivo Boucherie modificado fue diseñado y construido con insumos disponibles en la ciudad de Tena, se puede operar sin electricidad y además es fácil de fabricar, montar, transportar, reparar y mantener; características que posibilitan que sea utilizado en comunidades con dificultades de acceso, en los sitios específicos en donde se dispone de bambú o el lugar en donde las varas serán usadas.

Características del dispositivo Boucherie modificado

- Requiere de un espacio de 1 m x 80 cm para su almacenamiento y un espacio similar para ser operado.
- Reduce la cantidad de líquido preservante necesario y el desperdicio de éste, en comparación al método de inmersión en piscinas; lo cual significa también una reducción de costos en la compra de inmunizantes.
- Una vez montado, se ensambla sin necesidad de herramientas gracias a su sistema de acoples rápidos; igualmente puede ser desensamblado de manera intuitiva y rápida para su almacenamiento.
- Permite preservar culmos de diferentes largos, por arriba de seis metros, que es el estándar de distribución en los sistemas de inmersión.

Sobre la viabilidad del uso del dispositivo para inmunizado de bambú

Con base a lo observado en las pruebas sobre el montaje y operación

del dispositivo, se concluye que su uso puede ser una opción para los casos en que se necesite poca cantidad de bambú inmunizado, por ejemplo, para construcción de estructuras pequeñas *in situ*, así como elaboración de muebles y artesanías. Esto hace que sea una opción para las personas y comunidades amazónicas que tienen pequeños emprendimientos o usuarios con interés de alquilarlo para una obra específica.

Sobre la transferencia tecnológica horizontal

Sobre el funcionamiento del dispositivo Boucherie, se encontró algunas referencias bibliográficas. Sin embargo, ninguna de ellas detallaba las particularidades del uso del dispositivo, es decir, no se llegaba a transmitir el conocimiento sobre el mismo. Durante el desarrollo de esta investigación, en la fase de pruebas de funcionamiento, se fueron identificando y realizando ajustes al dispositivo a medida que iban surgiendo dificultades como: el correcto ajuste de las boquillas a los

culmos, la presión adecuada, la necesidad de una válvula adicional de escape de aire en las boquillas y el tiempo de corte del bambú previo a la inmunización. La necesidad de estos ajustes fue identificada también a través de dos entrevistas realizadas a expertos que han realizado investigaciones y pruebas similares.

Una vez se cuente con el manual de ensamblaje, operación y mantenimiento publicado, y la solicitud de patente aceptada, se estaría en condiciones de realizar la última fase de la transferencia tecnológica horizontal, consistente en hacer pruebas demostrativas en comunidades y con usuarios potenciales, para capacitar, generar capacidades y motivar su uso.

En futuras fases, se sugiere desarrollar y probar la efectividad e impregnación de preservantes naturales aplicados a culmos de bambú de varias especies por medio de este dispositivo, así como su impacto ambiental.

Agradecimientos

A la Red Internacional del Bambú y el Ratón - INBAR por el financiamiento para la construcción del dispositivo y el apoyo para la realización de la prueba de funcionamiento en campo.

A la Corporación Ecuatoriana para el Desarrollo de la Investigación y la Academia - CEDIA por el financiamiento y asesoría para el proceso de registro de patente por medio del “Fondo Registra”.

Referencias

- Añazco, M., & Rojas, S. (2015). *Estudio de la cadena desde la producción al consumo del bambú en Ecuador con énfasis en la especie Guadua angustifolia*. (1.a ed.). INBAR.
- Beraldo, A. L. (a). *Dispositivo para tratamiento de colmos de bambu sob pressão*. Patente. INPI, MU 83004548. 2012. <https://core.ac.uk/download/pdf/296752254.pdf>
- Beraldo, A. L. (b). *Patente sobre dispositivo para tratamiento de colmos de bambu sob pressão*. <http://apuama.org/patente-sobre-equipamento-para-tratamiento-de-colmos-de-bambu-sob-pressao/>
- Da Silva, L. C. F. y Mourão, P. R. (2019). Technology Transfer by Transnational Corporations: A Discussion of the Importance of Cooperative Arrangements in Foreign Direct Investment, *Electr. Eng.*, vol. 505, pp. 933-938.
- French, M.J. (1971). *Engineering design. The conceptual stage*. Editorial, Heinemann Educational, Pág. 158.
- Hidalgo López (2003) *Bamboo: the gift of the goods*. Oscar Hidalgo López – editor.
- Jaramillo, A.; Batres, J.; Llulluna, F. (2022). *Manual de ensamblaje, operación y mantenimiento del dispositivo Boucherie modificado*. INBAR-Ikiam (En proceso de revisión).
- Llulluna, F.; Batres, J.; Jaramillo, A. (2021). *Solicitud de patente de invención de dispositivo para preservación de culmos de bambú SENADI-2021-69068*. Gaceta 105 de Propiedad Intelectual, SENADI; junio-diciembre (Pág.339)
- Liese, W. y Tang, T.K. H. (2015). Properties of the Bamboo Culm, Preservation and Drying of Bamboo. En W. Liese y M. Kohln (Ed.) *Bamboo: The Plant and its Uses*. (pp. 227-297). Springer.
- Londoño, X. (2021). *Diversidad de bambúes en las provincias amazónicas de Napo, Pastaza y Morona Santiago - Ecuador: Guía Técnica*. <https://www.inbar.int/wp-content/uploads/2022/03/Guia-Especies-de-Bambu-Amazonia-Ecuador.pdf> Organización Internacional del Bambú y el Ratán (INBAR).
- Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE). 2012. *Sistema de clasificación de los ecosistemas del Ecuador continental*. Subsecretaría de Patrimonio Natural. https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEYENDA-ECOSISTEMAS_ECUADOR_2.pdf
- Montoya, J.A. (2005). Sap displacement method - método de desplazamiento de savia (método boucherie) para la preservación de la guadua angustifolia Kunth. *Scientia Et Technica*, XI (28),211-216. <https://www.researchgate.net>

net/publication/41805040_
SAP_DISPLACEMENT_
METHOD_-_METODO_
DE_DESPLAZAMIENTO_
DE_SAVIA_METODO_
BOUCHERIE_PARA_LA_
PRESERVACION_DE_LA_
GUADUA_angustifolia_Kunth

Pedraza Amador, E. M. y Velázquez Castro, J. A. (2013). «Office of Technology Transfer at the University as a strategy to promote innovation and competitiveness.

Case: Hidalgo State, México», J. Technol. Manag. Innov.

Ramakrishna, B.; Palma, V. (1988). *La Transferencia de Tecnología Horizontal en el Programa Cooperativo de Investigación Agrícola para la Subregión Andina: Avances y Perspectivas Metodológicas*. <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/11505/BVE20088146e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Análisis Judd-Ofelt del sistema vítreo TeO_2 -ZnO dopados con Re^{3+} (Re=Yb, Tm, Er)

Judd-Ofelt analysis in Yb^{3+} - Um^{3+} - Er^{3+} Tridoped TeO_2 -ZnO glass

Recibido: agosto 08 de 2023 | Revisado: setiembre 09 de 2023 | Aceptado: noviembre 04 de 2023

J. CHACALIAZA - RICARDI¹

G. LOZANO C.¹

J.L. CLABEL H.¹

C.V. LANDAURO^{2,3}

V.A.G. RIVERA⁴

E. MAREGA JR.¹

RESUMEN

El análisis de Judd-Ofelt es importante porque indica la influencia del dopaje de iones de tierras raras en la matriz hospedera en la cuales se encuentran. En el presente trabajo se presentan los resultados de la caracterización óptica de vidrios zinc-telurito dopados con Yb^{3+} , variando las concentraciones de Tm^{3+} y Er^{3+} mediante espectroscopía de absorción UV-VIS y medidas de índice de refracción. A partir de dichos resultados se obtuvieron los parámetros de Judd-Ofelt, los cuales indicaron una modificación estructural con la adición de los iones de tierras raras en la matriz vítrea de telurito, debido al reordenamiento de la estructura vítrea y la ruptura de enlaces Te-O.

Palabras clave: vidrios teluritos, luminiscencia, iones de tierras raras

ABSTRACT

The Judd-Ofelt analysis is essential because it indicates the influence of rare earth ion doping on the host matrix in which they are found. In the present work, the results of the optical characterization of zinc-tellurite glasses doped with Yb^{3+} are presented, varying the concentrations of Tm^{3+} and Er^{3+} by means of UV-VIS absorption spectroscopy and refractive index measurements. From these results, the Judd-Ofelt parameters were obtained, which indicated a structural modification with the addition of rare earth ions in the tellurite glassy matrix, due to the rearrangement of the glassy structure and the breaking of Te-O bonds.

Keywords: tellurite glasses, luminescence, rare earth ions

- 1 Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil
- 2 Facultad de Ciencias Físicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú
- 3 Centro de Investigaciones Tecnológicas, Biomédicas y Medioambientales, Callao, Perú
- 4 Centre d'Optique, Photonique et Laser, Université Laval, Québec, Canada

Autor de correspondencia:
jchacaliaza@usp.br

© Los autores. Este artículo es publicado por la Revista Campus de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de San Martín de Porres. Este artículo se distribuye en los términos de la Licencia Creative Commons Atribución No-Comercial – Compartir-Igual 4.0 Internacional (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), que permite el uso no comercial, distribución y reproducción en cualquier medio siempre que la obra original sea debidamente citada. Para uso comercial contactar a: revistacampus@usmp.pe.

<https://doi.org/10.24265/campus.2023.v28n36.05>

Introducción

Los materiales vítreos tienen una amplia aplicación en la óptica, gracias a sus propiedades de absorción, emisión, refracción y reflexión, además es posible modificar su comportamiento dopándolo con iones de tierras raras (RE). En este sentido, su importancia en la vida cotidiana del ser humano ha llevado a que la Asamblea General de la Organización de las Naciones Unidas haya denominado al año 2022 como Año Internacional del vidrio.

Es importante mencionar que la estructura de un vidrio es desordenada, pero se puede notar cierto orden alrededor de cada átomo (denominado orden local y está en la escala nanométrico), pero careciendo periodicidad a largo alcance y los ángulos de los enlaces entre átomos tienen ligeras variaciones, las cuales se van acumulando a grandes distancias produciendo un desorden estructural (Yamane and Asahara, 2017) (Ojovan and Lee, 2010) (Mauro and Zanotto, 2014) (Mavračić et al., 2018).

La definición del término vidrio sigue siendo un tema discusión aún abierta en física de la materia condensada, por eso E.D. Zanotto & Jhon C. Mauro (Zanotto and Mauro, 2017) proponen dos definiciones modernas, la primera dice que el vidrio es un material que parece sólido a una escala breve de tiempo pero que va relajando continuamente hacia el estado líquido, y la segunda definición dice que el vidrio un estado de la materia condensada no cristalina y fuera del equilibrio, que exhibe una transición vítrea y su destino final, en el límite del tiempo infinito es cristalizar.

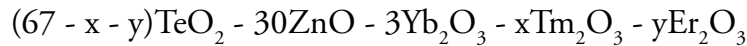
En ese contexto los vidrios teluritos están formados por dióxido de Telurio, TeO_2 , el cual es el más estable de los óxidos de Telurio (El-Mallawany, 2018), dentro de las principales propiedades de estos sistemas vítreos son la baja temperatura de fusión ($733\text{ }^\circ\text{C}$), estabilidad térmica, buena resistente a la corrosión, alto índice de refracción, tanto lineal ($-1,9 - 2,3$) como no lineal ($\sim 2,5 \times 10^{-19}\text{ m}^2\text{W}^{-1}$), y de transmitancia ($\sim 350\text{ nm} - 60000\text{ nm}$). Además de tener una energía de fonón relativamente baja y consecuencia de ello resulta en una tasa de transición no radiativa más baja entre niveles de energía adyacentes, lo que los hace buenos materiales hospederos para dopar con RE (Dousti et al., 2015; Jha et al., 2012; Kaur et al., 2010)

Por otro lado, debido a los diversos sitios que se forman dentro de la matriz vítrea de telurito, como TeO_4 , TeO_{3+1} y TeO_3 , estos vidrios son interesantes para la adición de óxidos de metales de transición, tales como el ZnO en la composición de la matriz vítrea aumentan la estabilidad térmica y altera las propiedades ópticas del vidrio [10–12], además de haberse reportado que son favorables para emisiones de azul, verde, rojo y en el IR (1.5 μm) (Rivera and Barbosa, 2014).

Nuestra investigación se centró en el estudio de la adición de dopaje de iones de tierras raras (RE= Yb^{3+} , Tm^{3+} y Er^{3+}) en la estructura vítrea de una matriz binaria de telurio-zinc. En la presente investigación se presentan los resultados de la caracterización óptica mediante medidas de índice de refracción y de espectroscopía de Absorción UV-Vis, y consecuentemente se obtienen los parámetros de Judd-Ofelt (J-O) de los vidrios TeO_2 -ZnO.

Método

Las muestras de vidrio fueron sintetizadas bajo el método de melt-



donde x e y son las concentraciones de Tm_2O_3 y Er_2O_3 en mol% respectivamente y las dimensiones de las muestras fueron aproximadamente $2.0 \times 1.0 \times 0.2 \text{ cm}^3$. La densidad de las muestras fue determinada usando el principio de Arquímedes, midiendo el volumen desplazado de cada muestra sumergida en agua y siguiendo la relación:

$$\rho = \frac{m}{m - m'} \rho_{H_2O}$$

donde m y m' son las masas de las muestras de vidrio medidas en aire y en agua respectivamente, ρ_{H_2O} es la densidad del agua destilada, la cual está en función de la temperatura. Las medidas fueron realizadas en una balanza analítica marca Metler Toledo modelo AG285 con una precisión en gramos de 0.0001 y la temperatura del agua destilada fue de $23.0 \pm 0.2 \text{ }^\circ\text{C}$. La concentración de RE se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$N_o = \%RE \frac{\rho N_A}{M_T}$$

donde N_o es el número de Avogadro, $\%RE$ es el porcentaje de la concentración del Tm_2O_3 o Er_2O_3 según sea el caso, ρ es la densidad del vidrio calculado a partir del principio de Arquímedes y es el peso molecular total. Los índices de refracción fueron medidos en un refractómetro Metricon modelo 2010 M-Line equipado con tres láseres en las longitudes de onda de 532.1, 632.8 y 1538 nm; los resultados

quenching y con los procedimientos establecidos por V.A.G. Rivera et al., 2017 (Rivera and Manzani, 2017). Los vidrios tienen la siguiente composición química:

fueron ajustados a la ecuación de Sellmeier (Ghosh, 1997):

$$n^2(\lambda) - 1 = \frac{A\lambda^2}{\lambda^2 - B} \quad (1)$$

donde n es el índice de refracción del vidrio, λ es la longitud de onda del láser, A y B son los coeficientes de Sellmeier determinados a partir de los datos obtenidos. Los espectros de absorción fueron obtenidos mediante espectrofotómetro UV/VIS Perkin-Lambda 900 en el rango de longitud de onda desde 350 hasta 1100 nm. Estas medidas fueron tomadas a temperatura ambiente. El cálculo de las intensidades de transición electrónica $4f \rightarrow 4f'$ en RE es descrita por la teoría de J-O y permite encontrar las probabilidades de transición entre los niveles de energía de los RE a partir de tres parámetros ($\Omega_2, \Omega_4, \Omega_6$), denominados como los parámetros de intensidad de J-O. Dichos parámetros son indicadores de la influencia sobre los RE sobre los cambios de la matriz hospedera. En general, Ω_2 depende de efectos de corto alcance, como la covalencia y los cambios estructurales locales, mientras que Ω_4 y Ω_6 son los parámetros de largo alcance relacionados con las propiedades estructurales de la matriz hospedera, además dichos parámetros son también indicadores de la viscosidad y rigidez del medio. De la ecuación de la fuerza de línea (line strength):

$$S^{exp}_{ED}(J, J') = \sum_{\lambda=2,4,6} \Omega_{\lambda} |\langle f^N \psi || U^{(\lambda)} || f^N \psi' J' \rangle|^2 \tag{2}$$

$$= \frac{3 h \lambda_p (2J + 1)}{8 \pi^2 m_e c} \frac{9n}{(n^2 + 2)^2} f_{exp}$$

donde Ω_i son los parámetros de J-O, $i=2, 4, 6$ y $||U^{(\lambda)}||$ son los elementos de matriz doblemente reducidos para una transición $f^N \psi J \rightarrow f^N \psi' J'$ definidos en el artículo de Carnall (Carnall et al., 1968). En el segundo término, h es la constante de Planck, λ_p es la longitud de onda principal para la banda de absorción de la transición $f^N \psi J \rightarrow f^N \psi' J'$, J es el momento angular total del estado fundamental, $(2J+1)$ es la degeneración Stark, $n=n(\lambda)$ es el índice de refracción del material obtenido a partir de la ecuación de Sellmeier en λ_p , m_e , es la masa del

electrón, c es la velocidad de la luz y f_{exp} es la fuerza de oscilador experimental:

$$f_{exp} = \frac{m_e c}{\pi e^2 N_0} \int_{banda} \alpha(\nu) d\nu \tag{3}$$

donde N_0 es la concentración de RE y es $\alpha(\nu)$ el coeficiente de absorción en función del número de onda en unidades de cm^{-1} y la integral $\int_{banda} \alpha(\nu) d\nu$ se obtiene calculando el área bajo la curva de cada banda de absorción correspondiente a las transiciones electrónicas de los RE. La ecuación 2 se puede expresar de forma matricial:

$$S^{exp}_{ED} = \begin{pmatrix} ||U_1^2||^2 & ||U_1^4||^2 & ||U_1^6||^2 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ ||U_M^2||^2 & ||U_M^4||^2 & ||U_M^6||^2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \Omega_2 \\ \Omega_4 \\ \Omega_6 \end{pmatrix} \tag{4}$$

donde S^{exp}_{ED} es un vector $M \times 1$. En el caso que el número de ecuaciones es mayor que el número de incógnitas, se le conoce como sistema sobre-determinado. Reemplazando las ecuaciones 3 y 4 en 2 y aplicando el método estándar de mínimos

cuadrados para calcular los parámetros de J-O.

Resultados

Los datos obtenidos de las densidades y pesos moleculares de cada muestra de vidrio se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1

Valores de densidad (g/cm^3), peso molecular (g/mol) y volumen molar (cm^3/mol)

Muestra	Densidad	Peso molecular
Tm10Er00	5.62±0.05	143.377
Tm20Er00	5.56±0.06	143.603
Tm00Er03	5.61±0.02	143.217
Tm10Er03	5.58±0.02	143.444

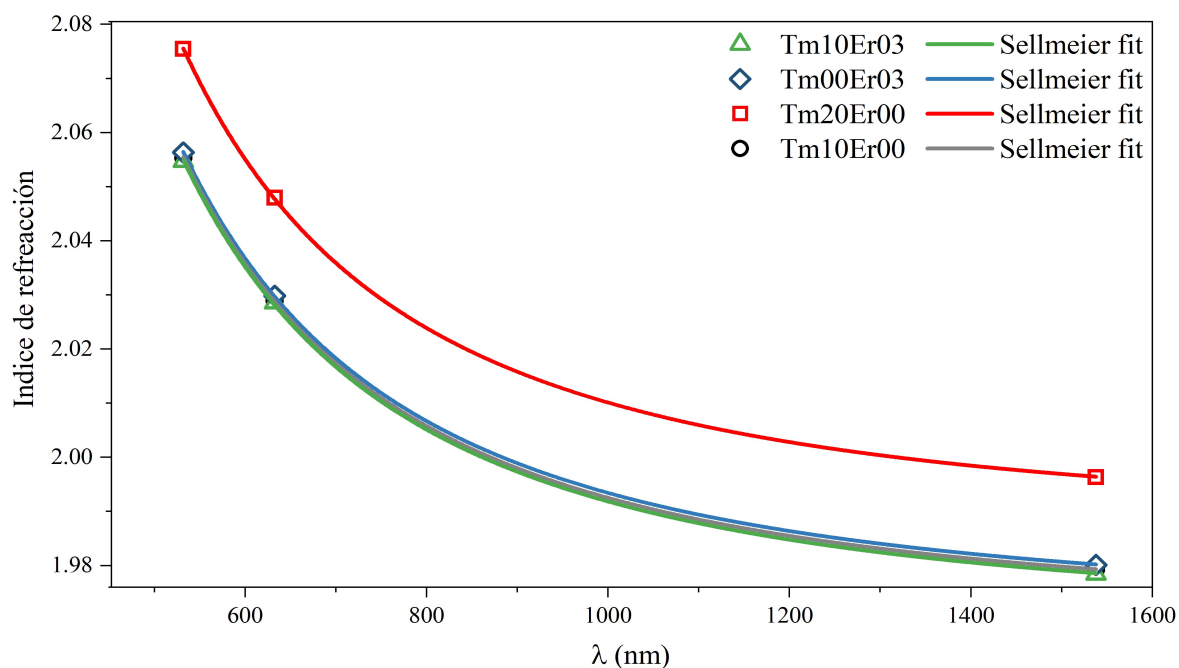
Los valores de las concentraciones de los RE en iones/ cm^3 se presentan en la Tabla 2:

Tabla 2*Concentraciones del Yb^{3+} , Tm^{3+} y Er^{3+} en 10^{20} iones/ cm^3*

Muestra	N_0 (Yb^{3+})	N_0 (Tm^{3+})	N_0 (Er^{3+})
Tm10Er00	7.081	0.236	-
Tm20Er00	6.993	0.466	-
Tm00Er03	7.076	-	0.075
Tm10Er03	7.027	0.235	0.070

Los índices de refracción obtenidos se presentan en la Figura 1 y fueron ajustados a la ecuación 1 y se consiguió un valor de $R^2 > 0.99$. Se obtuvieron los parámetros A (adimensional) y B (nm^2), reportados en la Tabla 3. Los valores de índice de

refracción obtenidos fueron altos (>2), lo cual hace a nuestros vidrios en potenciales candidatos para materiales de aplicación en las comunicaciones ópticas por el gran confinamiento de luz que proporcionan.

Figura 1*Medidas de índice de refracción en función de la longitud de onda***Tabla 3***Valores de índice de refracción y parámetros de Sellmeier A (adimensionales) y B (nm^2)*

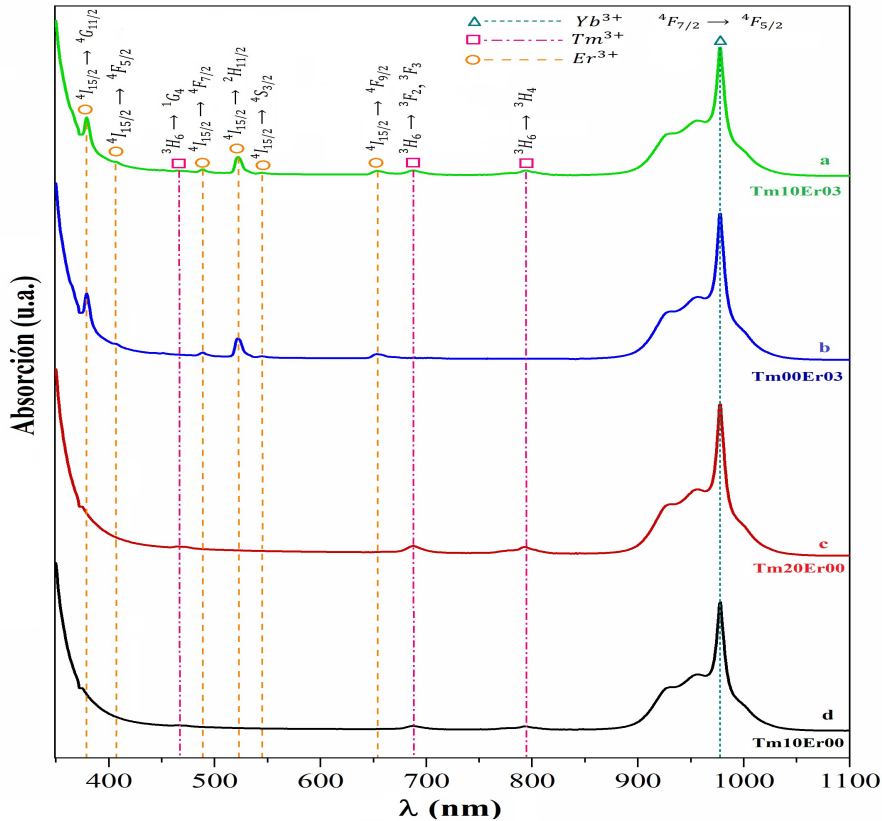
	Tm10Er00	Tm20Er00	Tm00Er03	Tm10Er03
532.0	2.0553	2.1754	2.0563	2.0546
632.8	2.0289	2.0479	2.0298	2.0289
1538	1.9792	1.9963	1.9855	1.9792
A	2.8773	2.9465	2.8837	2.8803
B	30334.1	30916.1	30252.7	30241.1

Las bandas de absorción observadas en el espectro de la Figura 2 son producidas por las transiciones electrónicas desde el estado fundamental a los estados excitados de: Yb³⁺: ⁴F_{7/2} a su nivel excitado ⁴F_{5/2} centrado en 978 nm; del Tm³⁺: ³H₆

a los niveles excitados ¹G₄, ³F₂, ³F₃ y ³H₄ centrados en 464, 683, 689 y 799 nm respectivamente; y del Er³⁺: ⁴I_{15/2} a los niveles excitados ⁴G_{11/2}, ⁴F_{5/2}, ⁴F_{7/2}, ²H_{11/2}, ⁴S_{3/2} y ⁴F_{9/2} centrados en 379, 452, 487, 521, 546 y 653 nm.

Figura 2

Espectros de absorción UV-Vis de a) Tm10Er03, b) Tm00Er03, c) Tm20Er00 y d) Tm10Er00



Para el cálculo de los parámetros de J-O, se debe de considerar las matrices doblemente reducidas correspondientes al Er³⁺ y al Tm³⁺, las cuales fueron tomadas de Carnall et al., 1965 (Carnall et al., 1968) y se presentan en la Tabla 4. El patrón de la elección de las bandas de absorción fue debido a la intensidad de las bandas de absorción, el caso de la banda de Er³⁺ ubicada en 976 nm no se pudo calcular debido a que está superpuesta con la banda del Yb³⁺ centrada en 978 nm, cabe resaltar que esa fue la única banda

identificada del Yb³⁺, por lo cual no fue posible calcular sus parámetros de J-O.

En las Tablas 5 y 6 se presentan los resultados de las fuerzas de oscilador de las transiciones del Er³⁺ y del Tm³⁺, donde se aprecia que los valores más intensos corresponden a las transiciones ⁴G_{11/2} → ⁴I_{15/2} y ³F₃ → ³H₆, respectivamente. Los errores presentan valores bajos, lo cual indica una buena aproximación entre las fuerzas de oscilador experimental y calculado.

Tabla 4

Intensidades espectrales del Er^{3+} y Tm^{3+} .

$S'LJ'$	Energía (cm^{-1})	$\ U^{(2)}\ ^2$	$\ U^{(4)}\ ^2$	$\ U^{(6)}\ ^2$
Er^{3+}				
$^4F_{9/2}$	15144	0	0.528	0.461
$^4H_{11/2}$	18305	0.0733	0	0.223
$^4F_{7/2}$	19211	0	0.422	0.092
1G_4	20300	0	0.147	0.628
Tm^{3+}				
3H_4	12636	0.230	0.103	0.588
3F_3	14280	0	0.316	0.841
3F_2	14996	0	0	0.261
1G_4	211421	0.001	0.036	0.208

Nota. Adaptado de (Carnall et al., 1968)

Los valores de Ω reflejan las mudanzas de la matriz hospedera donde se encuentran los RE. El parámetro Ω está relacionado con el grado de covalencia de los enlaces entre los RE y la matriz hospedera, además, también está relacionado a la asimetría entorno a los RE. El parámetro Ω está relacionado con el aumento de la intensidad del enlace covalente entre los RE y los iones de O^{2-} , la reducción de este parámetro corresponde al aumento de viscosidad a altas temperaturas y al aumento del factor

de empaquetamiento y el parámetro Ω tiene una relación con la rigidez del material (Silva et al., 2021), es decir, los parámetros Ω y Ω están relacionadas con las propiedades estructurales de largo alcance. El factor de calidad espectroscópica indica la magnitud de la emisión estimulada en un medio laser activo, para el caso del Er^{3+} disminuye cuando el vidrio este codopado (Tabla 5) y en el caso del Tm^{3+} aumenta en función del incremento de la concentración del Tm_2O_3 (Tabla 6).

Tabla 5

Fuerzas del oscilador del Er^{3+} (10^{-6})

λ (nm)	Bandas $^4I_{15/2} \rightarrow$	f_{exp}		f_{cal}	
		Tm00Er03	Tm00Er03	Tm10Er03	Tm10Er03
653	$^4F_{9/2}$	4.0911	4.0779	2.7359	2.7228
522	$^4H_{11/2}$	16.027	17.618	16.007	17.589
489	$^2F_{7/2}$	2.6272	2.6491	2.8944	2.9161
379	$^4G_{11/2}$	34.109	34.112	34.088	32.159
$\delta_{\text{rms}} (\times 10^{-6})$:		0.4126		0.4293	

Tabla 6

Fuerzas del oscilador del Tm^{3+} (10^{-6})

λ (nm)	Bandas $^4I_{15/2} \rightarrow$	f_{exp}		f_{cal}		f_{exp}		f_{cal}	
		Tm10Er00	Tm10Er00	Tm10Er03	Tm10Er03	Tm20Er00	Tm20Er00	Tm20Er00	Tm20Er00
799	3H_4	1.2063	1.2066	1.4283	1.4279	0.8598	0.8661	0.8598	0.8661
689	3F_3	1.2259	1.2366	1.6824	1.6618	0.8443	0.8861	0.8443	0.8861
683	3F_2	0.0266	0.0724	0.4685	0.3852	0.0145	0.1841	0.0145	0.1841
464	1G_4	0.4233	0.2661	0.2559	0.8598	0.8598	0.2763	0.8598	0.2763
$\delta_{\text{rms}} (\times 10^{-6})$:		0.1641		0.2987		0.6091		0.6091	

Los resultados obtenidos del análisis J-O se presentan en la Tabla 7 e indican altos valores del parámetro Ω_2 ($>1.510^{20} \text{ cm}^2$) para el Er^{3+} , lo que indica que los formadores de la red del vidrio y los iones de Er^{3+} tienen una buena covalencia, también se observa el aumento de Tm00Er03 a Tm10Er03, lo cual indica una variación de la simetría alrededor del

ion Er^{3+} debido a la adición del Tm^{3+} . El parámetro Ω_6 repite la misma tendencia que Ω_2 , lo cual indica un aumento de la rigidez de los materiales estudiados con la adición de los iones de Er^{3+} y Tm^{3+} . Por otro lado, se ve la disminución de Ω_4 con el aumento del Tm^{3+} , lo que indica la disminución de la covalencia entre O^{2-} y los iones de Er^{3+} .

Tabla 7

Parámetros de J-O del Er^{3+} y Tm^{3+} (10^{-20} cm^2). Los valores de δ_{rms} están en (10^{-20} cm^2)

	Ω_2	Ω_4	Ω_6	Ω_4/Ω_6	δ_{rms}
Er^{3+}					
Tm00Er03	6.981	3.007	0.728	4.131	0.752
Tm10Er03	7.876	1.329	1.266	1.051	0.749
Tm^{3+}					
Tm10Er00	1.617	1.301	1.081	1.205	0.045
Tm10Er03	1.191	0.606	0.575	1.053	0.082
Tm20Er00	0.869	0.401	0.271	1.485	0.164

En la Tabla 7 también se muestran los valores de los parámetros de J-O para el Tm^{3+} , donde se reportó la disminución del parámetro Ω_2 con la adicción de Er^{3+} y de Tm^{3+} , lo cual indica la disminución de la covalencia entre los RE con la matriz hospedera, entonces los enlaces Te-O podrían ser rotos debido la adición de los RE.

Por otro lado, aumenta la asimetría alrededor del Tm^{3+} en función al aumento del dopaje. La misma tendencia se repite con el parámetro Ω_4 , lo que significa la disminución de la covalencia entre los iones de Tm^{3+} y los O^{2-} , caso similar al de los iones de Er^{3+} , lo que conlleva al aumento de los oxígenos no enlazados (NBO, del inglés non-bridging oxygens) en la matriz hospedera, y Ω_6 está relacionado con la rigidez del vidrio, la cual disminuye con la adición de Er^{3+} a la matriz, y con el incremento del porcentaje de Tm^{3+} .

Conclusiones

Los resultados del índice de refracción presentaron valores altos (>2.0), lo que hace a nuestros vidrios excelentes candidatos para las comunicaciones ópticas debido a que proporcionan un gran confinamiento de luz.

Se puede apreciar también que los valores del índice de refracción disminuyen conforme aumenta la longitud de onda y también varían con las variaciones del dopaje, esto debido a que las concentraciones de iones de Yb^{3+} , Er^{3+} y Tm^{3+} modifican la estructura de la matriz hospedera reordenando los átomos. Los parámetros de J-O están relacionados con la asimetría, estructura y covalencia, como es el caso del parámetro Ω_2 cuyo incremento representa una variación de la simetría y de la covalencia entre la matriz

hospedera y los iones de RE, mientras que los parámetros Ω_4 está relacionado con la covalencia entre los RE y los O^{2-} la cual disminuye al aumentar cantidad de dopaje de RE, generando así la ruptura de los enlaces Te-O que forman la red vítrea, formando así NBO, los cuales tienden a aumentar el valor de la polarizabilidad y del índice de refracción. Los parámetros de J-O obtenidos siguen la tendencia $\Omega_2 > \Omega_4 > \Omega_6$ reportada para los sistemas vítreos de telurito en la literatura.

Los resultados presentados son coherentes con los reportados anteriormente por Chacaliaza et al., 2021 (Chacaliaza Ricaldi et al., 2023), donde los valores de las energías de Urbach muestran un aumento del desorden de la estructura con respecto a la cantidad de concentración del dopaje de RE, lo cual indica una menor eficiencia de empaquetamiento cuando aumenta la concentración de RE alterando la matriz vítrea, lo cual indicaría el aumento del desorden estructural.

Referencias

- Carnall, W. T., Fields, P. R., and Rajnak, K. (1968). Electronic Energy Levels in the Trivalent Lanthanide Aquo Ions. I. Pr^{3+} , Nd^{3+} , Pm^{3+} , Sm^{3+} , Dy^{3+} , Ho^{3+} , Er^{3+} , and Tm^{3+} . *The Journal of Chemical Physics*, 49(10), 4424. <https://doi.org/10.1063/1.1669893>
- Chacaliaza Ricaldi, J., Lozano, G., Clabel H., J. L., Ferri, F. A., Rodrigues, A. D., Messaddeq, Y., Rivera, V. A. G., and Marega Jr., E. (2023). Influence of Pr^{3+} Ions On the Structural Properties of Er^{3+} -Doped Tellurite-Tungsten Glasses. *Journal of Non-Crystalline Solids*, 616.
- Dousti, M. R., Amjad, R. J., Sahar, M. R., Zabidi, Z. M., Alias, A. N., and de Camargo, A. S. S. (2015). Er^{3+} -doped zinc tellurite glasses revisited: Concentration dependent chemical durability, thermal stability and spectroscopic properties. *Journal of Non-Crystalline Solids*, 429, 70–78. <https://doi.org/10.1016/j.jnoncrysol.2015.07.039>
- El-Mallawany, R. (2018). Some physical properties of tellurite glasses. *Tellurite*
- Glass Smart Materials: Applications in Optics and Beyond*, 1–16. https://doi.org/10.1007/978-3-319-76568-6_1
- Ghosh, G. (1997). Sellmeier coefficients and dispersion of thermo-optic coefficients for some optical glasses. *Applied Optics*, 36(7), 1540. <https://doi.org/10.1364/AO.36.001540>
- Jha, A., Richards, B., Jose, G., Teddy-Fernandez, T., Joshi, P., Jiang, X., and Lousteau, J. (2012). Rare-earth ion doped TeO_2 and GeO_2 glasses as laser materials. *Progress in Materials Science*, 57(8), 1426–1491. <https://doi.org/10.1016/j.PMATSCI.2012.04.003>
- Kaur, A., Khanna, A., Pesquera, C., González, F., and Sathe, V. (2010). Preparation and characterization of lead and zinc tellurite glasses. *Journal of Non-Crystalline Solids*, 356(18–19), 864–872. <https://doi.org/10.1016/j.jnoncrysol.2010.01.005>
- Maoui, J., Lataoui, J., Gammoudi, H., Mghaieth, R., and Jaba, N. (2021). Spectral broadening of 1.0 μm

- emission in Nd³⁺/Pr³⁺-co-doped and Er³⁺/Nd³⁺/Pr³⁺ tri-doped zinc tellurite glass. *Optical Materials*, 117, 111140. <https://doi.org/10.1016/j.optmat.2021.111140>
- Mauro, J. C., and Zanotto, E. D. (2014). Two Centuries of Glass Research: Historical Trends, Current Status, and Grand Challenges for the Future. *International Journal of Applied Glass Science*, 5(3), 313–327. <https://doi.org/10.1111/ijag.12087>
- Mavračić, J., Mocanu, F. C., Deringer, V. L., Csányi, G., and Elliott, S. R. (2018). Similarity between Amorphous and Crystalline Phases: The Case of TiO₂. *Journal of Physical Chemistry Letters*, 9(11), 2985–2990. https://doi.org/10.1021/ACS.JPCLETT.8B01067/SUPPL_FILE/JZ8B01067_SI_001.PDF
- Nazrin, S. N., Halimah, M. K., Muhammad, F. D., Latif, A. A., Iskandar, S. M., and Asyikin, A. S. (2021). Experimental and theoretical models of elastic properties of erbium-doped zinc tellurite glass system for potential fiber optic application. *Materials Chemistry and Physics*, 259, 123992. <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2020.123992>
- Ojovan, M. I., and Lee, W. E. (2010). Connectivity and glass transition in disordered oxide systems. *Journal of Non-Crystalline Solids*, 356(44–49), 2534–2540. <https://doi.org/10.1016/J.JNONCRY SOL.2010.05.012>
- Rivera, V. A. G., and Barbosa, L. C. (2014). Spectroscopic properties of Er³⁺-doped sodium-modified tellurite glasses for use as optical amplifiers at 1540 nm. *Journal of Luminescence*, 156, 116–123. <https://doi.org/10.1016/j.jlumin.2014.07.023>
- Rivera, V. A. G., and Manzani, D. (2017). *Technological Advances in Tellurite Glasses* (V. A. G. Rivera and D. Manzani, Eds.; Vol. 254). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-53038-3>
- Silva, O. B., Rivera, V. A. G., Ledemi, Y., Messaddeq, Y., and Marega, E. (2021). Germanium concentration effects on the visible emission properties of Er³⁺ in tellurite glasses. *Journal of Luminescence*, 232, 117808. <https://doi.org/10.1016/j.jlumin.2020.117808>
- Tabanlı, S., and Eryurek, G. (2019). Optical investigation of Er³⁺ and Er³⁺/Yb³⁺-doped zinc-tellurite glass for solid-state lighting and optical thermometry. *Sensors and Actuators A: Physical*, 285, 448–455. <https://doi.org/10.1016/j.sna.2018.11.043>
- Yamane, M., and Asahara, Y. (2017). *Technological Advances in Tellurite Glasses* (V. A. G. Rivera and D. Manzani, Eds.; Vol. 254). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-53038-3>
- Zanotto, E. D., and Mauro, J. C. (2017). The glassy state of matter: Its definition and ultimate fate. *Journal of Non-Crystalline Solids*, 471, 490–495. <https://doi.org/10.1016/j.jnoncrysol.2017.05.019>

Análisis de sentimiento de los mensajes de Twitter respecto a la empresa KFC del primer trimestre en Hispanoamérica 2022

Sentiment analysis of Twitter messages regarding the KFC company in the first quarter in Latin America 2022

Recibido: julio 24 de 2023 | Revisado: setiembre 20 de 2023 | Aceptado: octubre 02 de 2023

RUSO ALEXANDER MORALES GONZALES¹
JOSÉ ANTONIO GUZMÁN VALDIVIA¹
JOSÉ ALFREDO HERRERA QUISPE²

RESUMEN

Se planteó responder si realmente las máquinas pueden analizar los sentimientos de los tuits, entonces se analizaron los mensajes en español de Twitter que hablaban de KFC. Los tuits se capturaron todos los días en el periodo de tiempo del primer trimestre del año 2022 provenientes de la región de Hispanoamérica, posteriormente se analizaron para mes y para cada empresa mencionada en los tuits, estos llegaron a sumar 39,269 mensajes para KFC. Nos enfocamos en descubrir cuáles eran los sentimientos relacionados con cada mensaje dejado, por tal motivo se buscó la polaridad del sentimiento entre positivo y negativo, siendo relacionado lo primero al bienestar, a las alegrías, y al amor, mientras que la segunda polaridad, lo negativo se relacionó al malestar, a las tristezas, y el odio. Después de obtener la polaridad, quedo descubrir cuál era su grado, se emplearon los indicadores de alto, medio y bajo, teniendo así los grados: positivos altos, positivos medios, positivos bajos, negativos altos, negativos medios, y negativos bajos. Se usó el término neutral o neutro para los mensajes sin polarizar, no significando un sentimiento, es decir no existen los sentimientos neutrales, solo es el resultado de la ausencia de datos suficientes para clasificarlo en alguna polaridad. Todo lo mencionado se realizó por medio de inteligencia artificial, pero considerando que se buscó responder si realmente se pueden analizar los sentimientos de los mensajes de textos, es por eso que se utilizó dos heurísticas distintas, Machine Learning y Deep Learning, con ellas se logró identificar la polaridad y el grado del sentimiento de los mensajes de Twitter respecto a la empresa KFC del primer trimestre en Hispanoamérica 2022.

Palabras clave: Análisis de sentimientos, Aprendizaje Automático, Aprendizaje Profundo, mensajes de Twitter

ABSTRACT

It was proposed to answer if the machines can really analyze the sentiments of the tweets, then the messages in Spanish on Twitter that spoke of KFC were analyzed. The tweets were captured every day in the time period of the first quarter of the year 2022 from the Latin American region, later they were analyzed by month and for each company mentioned in the tweets, these came to add 39,269 messages for KFC.

- 1 Universidad Nacional de Moquegua.
Moquegua - Perú
- 2 Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
Lima - Perú

Autor de correspondencia:
rmoralesg@unam.edu.pe

© Los autores. Este artículo es publicado por la Revista Campus de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de San Martín de Porres. Este artículo se distribuye en los términos de la Licencia Creative Commons Atribución No-Comercial – Compartir-Igual 4.0 Internacional (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), que permite el uso no comercial, distribución y reproducción en cualquier medio siempre que la obra original sea debidamente citada. Para uso comercial contactar a: revistacampus@usmp.pe.

<https://doi.org/10.24265/campus.2023.v28n36.06>

We focused on discovering what were the feelings related to each message left, for this reason the polarity of the feeling between positive and negative was sought, the first being related to well-being, happiness, and love, while the second polarity, negative was related to discomfort, sadness, and hatred. After obtaining the polarity, it remained to discover what its degree was, the high, medium and low indicators were used, thus having the degrees: high positives, medium positives, low positives, high negatives, medium negatives, and low negatives. The term neutral or neutral was used for unpolarized messages, not meaning a feeling, that is, neutral feelings do not exist, it is only the result of the absence of sufficient data to classify it in some polarity. Everything mentioned was done through artificial intelligence, but considering that it was sought to answer if the feelings of the text messages can really be analyzed, that is why two different heuristics were used, Machine Learning and Deep Learning, with them it was possible identify the polarity and degree of sentiment of Twitter messages regarding the KFC company in the first quarter in Latin America 2022.

Keywords: Sentiment analysis, Machine Learning, Deep Learning, Twitter messages

Introducción

El análisis de sentimientos de los mensajes de Twitter es una actividad importante de la línea de investigación de la inteligencia artificial, sobre las líneas de investigación se dicen que son ejes temáticos (Celi Ápolo et al. 2018). La metodología científica empleada se basó en un diseño de investigación transversal-descriptivo, cuyo nivel fue descriptivo y su tipo de investigación aplicada. El objetivo general buscó determinar si realmente las máquinas pueden analizar los mensajes de Twitter respecto a la empresa KFC del primer trimestre en Hispanoamérica 2022. En KFC los resultados si coincidieron en la polaridad del sentimiento en los tres meses con las dos heurísticas, pero para los grados solo concordaron el más valorado y menos valorado, pero no los grados intermedios.

Una investigación internacional (Elbagir & Yang, 2019) explicó que muchos científicos de datos prefieren el uso de aprendizaje automático para extraer el sentimiento de los tweets, e incluso en

esa investigación se logró descubrir que de todas las heurísticas de aprendizaje automático la que mejor se comportó fue los Decision Trees (árboles de decisiones) frente a otras como vectores de soporte o regresiones logísticas; es interesante ver que se recomienda el empleo de aprendizaje automático (Machine Learning) para las labores de análisis de sentimientos, esto difiere de otras idea y estudios (Kamis & Goularas, 2019) donde realizaron una comparación de métodos empleados en inteligencia artificial, descubriendo que las técnicas de aprendizaje profundo (Deep Learning) específicamente las redes neuronales recurrentes son las que mayor éxito tuvieron en las labores del procesamiento del lenguaje natural, ellos recomiendan que para el análisis de sentimientos, el Deep Learning tiene más ventajas que limitaciones, e incluso dijeron que es la que más popularidad gana entre los investigadores del análisis de textos.

En Indonesia se investigó sobre una campaña que iba en contra de las citas por internet (Ardhianie, Andreswari, &

Azani, 2019), esa campaña fue por la red social digital de Twitter, por ello realizaron un análisis de sentimientos usando el clasificador de Naïve-Bayes (Machine Learning), los investigadores ya habían realizado varios estudios similares en el pasado, y en todos el que mejor precisión les dio, fue siempre Naïve-Bayes.

Otra investigación que obtuvo resultados favorables con Machine Learning indicados por las métricas de la validación cruzada y la puntuación F, pero esta vez en las empresas en la cual apuntó esta misma investigación, fue una realizada en Arabia Saudí (El Rahman, AlOtaibi, & AlShehri, 2019) allí los investigadores recopilaron datos de KFC y McDonald's, para descubrir por análisis de sentimientos cual es la más popular en el periodo de tiempo en la cual fue realizada. En este punto hay que observar que se han mencionado más las heurísticas de Machine Learning frente a las de Deep Learning, pero ¿por qué para algunos investigadores les va mejor usar ciertas técnicas que otras?

Curiosamente el aprendizaje profundo o Deep Learning, realmente brilla cuando se trata problemas complejos como reconocimiento de la voz humana, clasificación de imágenes digitales, y el procesamiento de texto (Mahapatra, 2018), pero hasta ahora de las investigaciones mencionadas se empleó más el Machine Learning ¿por qué será? Analicemos un caso de estudio de Indonesia (Kusrini & Mashuni, 2019) allí los investigadores de sentimientos no emplearon Machine Learning ni Deep Learning, los expertos emplearon la técnica de *tokenización* pura, esto último es una función que recibe como input una palabra y da como output una categoría

(token) asociada con esa palabra (Quesada & De Amores, 2000); los investigadores indonesios utilizaron adicionalmente una multiplicación de valores para ciertas palabras para así poder saber el ponderado y la inclinación hacia alguna polaridad, de sus resultados ellos mencionan que la precisión es ligeramente menor a los de Machine Learning, pero esto puede mejorarse, si esto sucede ¿superará por mucho a los métodos inteligentes?

En el Reino Unido se dio otro estudio en donde no usaron Machine Learning de forma explícita, sino en su forma implícita por medio de pura estadística (Saini et al. 2019), ya que esta es otra forma de aprender de los datos, recordemos que el “Machine Learning se basa en métodos estadísticos” (Valdecantos, 2019, p. 22). Los investigadores ingleses analizaron datos de los comentarios que se daban en un sitio web y los clasificaron no solo en positivo y negativo, sino que también en siete clases de sentimientos (disgusto, miedo, ira, anticipación, tristeza, confianza, sorpresa), ellos dirían luego que extraer la opinión de los usuarios de las redes sociales es una tarea difícil, y se puede hacer de muchas formas; esto último es interesante ya que aseguran que se puede hacer de varias maneras el análisis de sentimiento, e incluso su investigación en sí es el ejemplo del empleo de pura estadística para hallar el sentimiento de los textos, por ello si hay muchas formas de analizarlos, entonces ¿cuál es la mejor? ¿Por qué si la literatura formal explica que Deep Learning es muchísimo mejor para el lenguaje natural, por qué para algunos investigadores les fue mejor con Machine Learning?

La inteligencia artificial es un tema fantástico y una de las más grandes

empresas de tecnología que emplea inteligencia artificial es Google, ellos tuvieron un proyecto en el 2022 que consistió en usar microprocesadores con IA en productos comerciales, lo llamaron chips TPU, esto último son las iniciales de Tensor Processing Unit (Mirhoseini et al. 2021); pero no siempre la IA de Google fue buena, en el 2015 la empresa tuvo que dar disculpas por el incorrecto etiquetado de una pareja de jóvenes de color, sucede que la aplicación de Google Photos catalogó como gorilas a dos muchachos de piel negra, Google por este percance invirtió tiempo y recursos en mejorar su aplicación, pero al parecer no se logró, ellos dijeron “la tecnología de etiquetado de imágenes todavía es joven y lamentablemente no es perfecta” (Zanoni, 2019, p. 50).

Fue la revista Wired quien investigó ese caso y descubrió que Google lo único que hizo fue la autocensura, no pudieron solucionar el problema del incorrecto etiquetado, por tanto, Google eliminó de su léxico de etiquetas los términos chimpancé, gorila, mono y otras más, entonces ¿será que no se pueden analizar los rostros de personas de piel oscura con la tecnología actual? Amazon también es otra gigante de la industria tecnológica y en el 2018 presentó una aplicación para ayudar a las áreas de recursos humanos a encontrar talentos, pero esta aplicación mostró un gran sesgo contra el sexo femenino, Amazon no pudo solucionar el sesgo y finalmente tuvo que rechazarlo ¿realmente se puede analizar los perfiles de las personas sin caer en los sesgos?

A finales de marzo del 2018, en los Estados Unidos, se dio la primera muerte provocado por un vehículo autónomo, el software de los frenos de emergencia

se desactivó provocando un atropello, este proyecto impulsado por Uber tuvo que suspenderse ¿realmente se podrán tener vehículos 100% autónomos? El banco HSBC usa inteligencia artificial para reconocer la voz y con ello facilitar el acceso a sus cuentas bancarias, en el 2017 un periodista de la cadena BBC experimentó con la voz de su hermano mellizo, el cual pudo acceder a su cuenta ¿realmente se puede identificar la voz del verdadero propietario?

Actualmente el reconocimiento de rostros por los dispositivos móviles es muy habitual, pero se sabe que enfocando el rostro del dueño en papel o por pantalla si se puede burlar al sistema del smartphone, Apple intento mejorar su sistema detectando profundidades, pero esto pudo ser vencido por un grupo de hackers, en el 2017 empleando máscaras impresas en 3D teniendo éxito ¿realmente se puede identificar el rostro o solo son características de él? Sobre el análisis de texto Microsoft desarrolló un sistema conversacional, la intención era que interprete y dialogue con usuarios, lastimosamente el chatbot comenzó a tener conductas antisemitas, misóginas, y racistas ¿realmente se podrá tener un chatbot que dialogue educadamente?

En la Universidad Nacional del Altiplano publicaron los resultados de un análisis de sentimientos basado en Deep Learning, su investigación abarcó el uso de un modelo recurrente, un modelo convolucional, y un modelo de procesamiento del lenguaje natural, de los tres modelos, el más destacable fue la red de tipo convolucional, que obtuvo un máximo de 74.14% de exactitud siendo este porcentaje muy elevado frente a los encontrados en los antecedentes del

problema (Bermejo & Vizcarra, 2020); desde ya aplaudimos el desempeño de los investigadores, pero del porcentaje señalado, se puede interpretar que hubo un 25.86% que no tuvo exactitud, entonces ¿realmente se puede analizar los sentimientos considerando que más de una cuarta parte no alcanzó con la exactitud?

En la ciudad de Arequipa, también hizo una investigación usando redes neuronales (Deep Learning) para textos cortos en español de Twitter, lo interesante de la investigación está en la mezcla de las redes convolucionales y las redes recurrentes en un solo modelo dando una precisión de 0.609 (60.9%), superando a las que son únicamente recurrentes (0.4972) y las convolucionales (0.5552), al parecer un resultado de 0.609 en un modelo que usa características de dos tipos de redes neuronales da una mejor precisión (Ari, 2019); pero ¿por qué no se puede llegar a niveles más altos? ¿Será para evitar el overfitting (sobreajuste)? ¿Realmente se pueden analizar los sentimientos de los tuits? Son preguntas que quisiéramos saber.

Por otra parte, en la ciudad de Pimentel Perú, se realizó un minado de las opiniones dejados en Twitter, se utilizó Machine Learning, específicamente las heurísticas de redes Bayesianas o también llamadas Naive Bayes, máquina de soporte vectorial, y las de árboles de decisiones, siendo esta última la que mejor resultado le dio, con un 74% de confiabilidad (Segura, 2019), ahora nos cuestionamos lo siguiente ¿es suficiente esta confiabilidad para decir que el sentimiento detectado es lo real?

En Lima se evaluó proyectos mineros con análisis de sentimientos y un sistema

experto, para ello se desarrolló un sistema de información web, y este ayudó a mejorar los niveles de comprensión de los temas del impacto de los proyectos de mina, logrando más del 90% de aceptación en su muestra de estudio (Costa, 2018), otra vez es gratificante saber que investigaciones de este tipo se hagan en nuestro país (Perú), y es menester entender que esta investigación en particular tuvo un problema hermenéutico, muchas de las personas o poblaciones que se oponen a los temas mineros quizá es porque no lo comprenden bien o ¿será que los que creen comprender el tema no entienden a las personas que lo rechazan?

¿Estaremos frente a temas de filosofía del lenguaje? ¿Se podrá realmente analizar el sentimiento de un mensaje corto que es el resumen de toda una forma de pensar? Son preguntas que los investigadores de este proyecto se plantearon frente a esta investigación nacional ya hecha. En Andahuaylas Perú se analizó mensajes de tonalidades agresivas, para ello se emplearon varias heurísticas del Machine Learning, siendo la que mejor se desarrolló la de IBk con un Error Absoluto Medio de 0.09 (Jiménez, 2018), IBk “es un clasificador basado en el método de k vecinos próximos” (Alcina, Valero, & Rambla, 2009, p. 173); dicha investigación se dio en tres momentos, el primero con 800 mensajes, luego con 1200 y finalmente con 1561 mensajes, alcanzando una precisión de 88.8%, 89%, y 89.3% respectivamente, entonces ¿mientras más cantidad de mensajes mayor precisión? Si es así ¿se puede alcanzar el 100%? Hay que añadir que el investigador empleó un corpus para el conocimiento, estos son palabras ya etiquetadas, a su vez se menciona en esa investigación a los estudios de Kaplan (2012) sobre su teoría

de la evaluación y valoración del lenguaje, ¿será que las heurísticas para el análisis de sentimientos dependen mucho de la axiología del investigador? o ¿será mejor que los códigos dependan de las teorías externas al investigador?

En la ciudad de Lima, se identificó cuáles eran los más importantes factores de decisiones a la hora de consumir comida rápida en el caso McDonald's (Alarcón, 2019), para esa investigación en particular se emplearon entrevistas en profundidad, técnicas proyectivas, y sesiones de grupo, fueron estas técnicas las que permitieron tener un primer acercamiento fiable para descubrir esos factores de compra, es decir se usaron métodos cualitativos. Para el caso de la empresa de comida rápida KFC se descubrió que hubo un 0.792 de correlación entre el comportamiento de los clientes y el posicionamiento de KFC (Pino, 2018) todo esto se estudió para el distrito de Independencia en Lima, el investigador lo realizó por medio de encuestas, ¿hubiera tenido los mismos resultados si en vez de usar encuestas hubiera usado análisis de sentimientos?

Hay que mencionar que el análisis de sentimientos es definido de varias formas según el autor que se consulte, y hay varias formas de hacerlo, también la inteligencia artificial ha tenido problemas e inconvenientes en el pasado, además su desarrollo es complejo. Por ello obsérvese que a lo largo de este capítulo se mencionaron varias investigaciones de los últimos cinco años en contextos nacionales e internacionales, pero cuando se ahondan un poco más sobre sus hallazgos, los investigadores de este trabajo abren nuevas interrogantes, ahora en favor de responder esas preguntas esta investigación las amalgama en una sola

y las particulariza para la empresa KFC, preguntándose si ¿realmente se pueden analizar los sentimientos de los mensajes de Twitter respecto a la empresa KFC del primer trimestre en Hispanoamérica 2022? El objetivo pragmático de este proyecto investigativo fue determinar si realmente las máquinas pueden analizar los sentimientos de los mensajes de Twitter, para ello como hemos mencionado se seleccionó a KFC como caso de estudio.

Método

Esta fue una investigación aplicada. Comprendió un conjunto de acciones que tuvo “por finalidad el descubrir o aplicar conocimientos científicos nuevos” (Cegarra, 2004, p. 42). Como método de investigación se entiende que es un bosquejo genérico y se basa en realizar una introducción, nutrirse de un marco teórico, desenvolverse en un método, obtener resultados y discutirlos (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014). En esta investigación, el método usado fue el cualitativo inductivo.

La población estuvo integrada por la totalidad de tweets que mencionaron a la empresa KFC en el primer trimestre de Hispanoamérica 2022, esta cantidad ascendió a 39,269 tweets.

La muestra fue de tipo no probabilística, por eso seleccionar los mensajes jamás dependió de la probabilidad “sino de causas relacionadas con las características de la investigación” (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014, p. 176), también hay que aclarar que “aquí el procedimiento no es mecánico ni se basa en fórmulas de probabilidad” (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014, p. 176). El investigador consideró tomar la totalidad de los 39,269

mensajes de Twitter, por tal motivo el muestreo fue censal, esto último significa que es “aquella porción que representa a toda la población, es decir, la muestra es toda la población a investigar.” (López, 1999, p. 123).

Resultados

Por medio de la API (Interfaz de Programación de Aplicaciones) de Twitter se extrajo los tweets en español que mencionaron a la empresa de comida rápida KFC. La cantidad total

de mensajes para KFC de los meses de estudio para esta investigación fueron en total de 39,269. En los siguientes apartados se muestran los resultados por medio de tablas y diagramas de barras de los tres meses de investigación. Las tablas dan a conocer las frecuencias absolutas y relativas, como también la proporción en las dos heurísticas empleadas para esta investigación, también se utilizaron los estadígrafos de la moda y la proporción para mostrar la polaridad que más se repite con el porcentaje que representan.

Resultados de KFC enero 2022

Tabla 1

Resultados de la polaridad de enero 2022 de KFC

Categoría (Xi)	Machine Learning			Deep Learning		
	Frecuencia Absoluta (fi)	Frecuencia Relativa (hi)	Proporción (%)	Frecuencia Absoluta (fi)	Frecuencia Relativa (hi)	Proporción (%)
Positivo (+)	14303	0.872	87.213%	8120	0.495	49.512%
Negativo (-)	1401	0.085	8.543%	6723	0.410	40.994%
Neutro	696	0.042	4.244%	1557	0.095	9.494%
Total, Σ	16400	1.00	100%	16400	1.00	100%

Tabla 2

Resultados de los estadígrafos usados, enero 2022 - KFC

Estadígrafo	Machine Learning		Deep Learning	
	Polaridad	Grado	Polaridad	Grado
Moda	Positivos, 14303	Positivo bajo, 8529	Positivos, 8120	Positivo bajo, 4305
Proporción	87.213%	52.006%	49.512%	26.250%

Figura 1

Diagrama de barras horizontales apiladas de la polaridad de enero 2022 - KFC

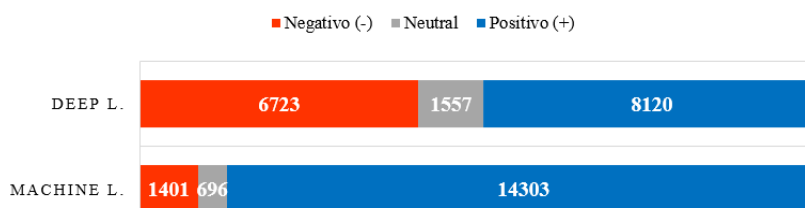


Tabla 3

Resultados del grado de sentimiento de enero 2022 de KFC

Categoría (Xi)	Machine Learning			Deep Learning		
	Frecuencia Absoluta (fi)	Frecuencia Relativa (hi)	Proporción (%)	Frecuencia Absoluta (fi)	Frecuencia Relativa (hi)	Proporción (%)
Positivo alto (+)	204	0.012	1.244%	1593	0.097	9.713%
Positivo medio (+)	5570	0.340	33.963%	2222	0.135	13.549%
Positivo bajo (+)	8529	0.520	52.006%	4305	0.263	26.250%
Negativo bajo (-)	1166	0.071	7.110%	3647	0.222	22.238%
Negativo medio (-)	218	0.013	1.329%	1801	0.110	10.982%
Negativo alto (-)	17	0.001	0.104%	1275	0.078	7.774%
Neutro	696	0.042	4.244%	1557	0.095	9.494%
Total, Σ	16400	1.00	100%	16400	1.00	100%

Resultados de KFC febrero 2021

Tabla 4

Resultados de la polaridad de febrero 2022 de KFC

Categoría (Xi)	Machine Learning			Deep Learning		
	Frecuencia Absoluta (fi)	Frecuencia Relativa (hi)	Proporción (%)	Frecuencia Absoluta (fi)	Frecuencia Relativa (hi)	Proporción (%)
Positivo (+)	11429	0.866	86.570%	6472	0.490	49.023%
Negativo (-)	1187	0.090	8.991%	5606	0.425	42.463%
Neutro	586	0.044	4.439%	1124	0.085	8.514%
Total, Σ	13202	1.00	100%	13202	1.00	100%

Tabla 5

Resultados de los estadígrafos usados, febrero 2022 - KFC

Estadígrafo	Machine Learning		Deep Learning	
	Polaridad	Grado	Polaridad	Grado
Moda	Positivos, 11429	Positivo bajo, 7089	Positivos, 6472	Positivo bajo, 3051
Proporción	86.570%	53.696%	49.023%	23.110%

Figura 2

Diagrama de barras horizontales apiladas de la polaridad de febrero 2022 - KFC

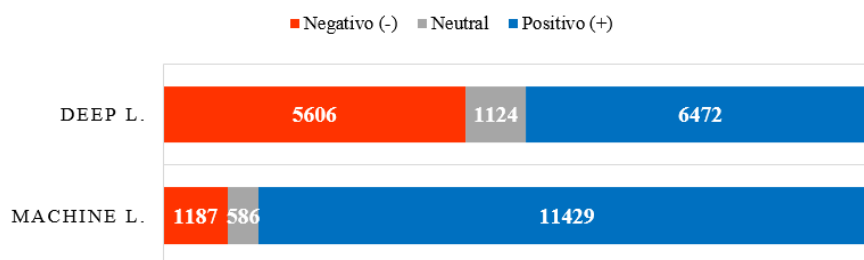


Tabla 6

Resultados del grado de sentimiento de febrero 2022 de KFC

Categoría (Xi)	Machine Learning			Deep Learning		
	Frecuencia Absoluta (fi)	Frecuencia Relativa (hi)	Proporción (%)	Frecuencia Absoluta (fi)	Frecuencia Relativa (hi)	Proporción (%)
Positivo alto (+)	337	0.026	2.553%	1557	0.118	11.794%
Positivo medio (+)	4003	0.303	30.321%	1864	0.141	14.119%
Positivo bajo (+)	7089	0.537	53.696%	3051	0.231	23.110%
Negativo bajo (-)	970	0.073	7.347%	2908	0.220	22.027%
Negativo medio (-)	191	0.014	1.447%	1562	0.118	11.832%
Negativo alto (-)	26	0.002	0.197%	1136	0.086	8.605%
Neutro	586	0.044	4.439%	1124	0.085	8.514%
Total, Σ	13202	1.00	100%	13202	1.00	100%

Resultados de KFC marzo 2022

Tabla 7

Resultados de la polaridad de marzo 2022 de KFC

Categoría (Xi)	Machine Learning			Deep Learning		
	Frecuencia Absoluta (fi)	Frecuencia Relativa (hi)	Proporción (%)	Frecuencia Absoluta (fi)	Frecuencia Relativa (hi)	Proporción (%)
Positivo (+)	8342	0.863	86.294%	4541	0.470	46.974%
Negativo (-)	888	0.092	9.186%	4270	0.442	44.171%
Neutro	437	0.045	4.521%	856	0.089	8.855%
Total, Σ	9667	1.00	100%	9667	1.00	100%

Tabla 8

Resultados de los estadígrafos usados, marzo 2022 - KFC

Estadígrafo	Machine Learning		Deep Learning	
	Polaridad	Grado	Polaridad	Grado
Moda	Positivos, 8342	Positivo bajo, 5307	Positivos, 4541	Positivo bajo, 2313
Proporción	86.294%	54.898%	46.974%	23.927%

Figura 3

Diagrama de barras horizontales apiladas de la polaridad de marzo 2022 – KFC

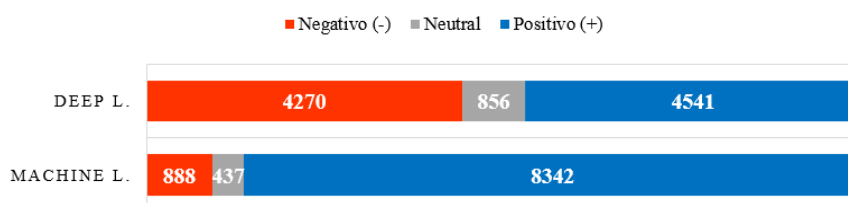


Tabla 9

Resultados del grado de sentimiento de marzo 2022 de KFC

Categoría (Xi)	Machine Learning			Deep Learning		
	Frecuencia Absoluta (fi)	Frecuencia Relativa (hi)	Proporción (%)	Frecuencia Absoluta (fi)	Frecuencia Relativa (hi)	Proporción (%)
Positivo alto (+)	102	0.011	1.055%	1003	0.104	10.376%
Positivo medio (+)	2933	0.303	30.340%	1225	0.127	12.672%
Positivo bajo (+)	5307	0.549	54.898%	2313	0.239	23.927%
Negativo bajo (-)	696	0.072	7.200%	2135	0.221	22.085%
Negativo medio (-)	157	0.016	1.624%	1210	0.125	12.517%
Negativo alto (-)	35	0.004	0.362%	925	0.096	9.569%
Neutro	437	0.045	4.521%	856	0.089	8.855%
Total, Σ	9667	1.00	100%	9667	1.00	100%

Discusión

Este apartado consiste en discutir sobre las teorías encontradas. Esta investigación tiene dos categorías, la primera es el análisis de sentimientos y la segunda son los mensajes de Twitter, en los párrafos de abajo se los explica.

Respecto al análisis de sentimientos en las redes sociales digitales, la teoría de esta tesis expone que solo existen dos sentimientos, positivos y negativos, no existen sentimientos neutros, es posible que muchos investigadores en el pasado hayan catalogado sus hallazgos con ese término, para referirse a mensajes que no pertenecen al sentimiento positivo o negativo, se enfatiza que la neutralidad que las heurísticas calculan es solo para referirse a los mensajes carentes de emociones, por otra parte, queda claro que los sentimientos son susceptibles de expresarse por la escritura (mensajes, textos, poemas, etc.).

Se ha identificado que si el texto tiene connotación positiva es porque emplea términos referentes a la tranquilidad, a la satisfacción, a la relajación, a la preocupación, al perdón, a la pasión, a

la felicidad, a la excitación, a la euforia, a la esperanza, al entretenimiento, a la emoción, a la compasión, al amor, o a la alegría. Por el contrario, el mensaje de tweet será negativo si en su interior las palabras poseen ánimos de terror, miedo, ira, inquietud, frustración, envidia, depresión, daño, confusión, celos, o ansiedad.

Cuando alguien deja un mensaje como primer hilo de conversación, estas pueden tener connotaciones de sentimientos positivos o negativos, pero en ambos casos serán textos de tipo narrativas y adicionalmente directos, es decir un tweets dejado en el primer hilo de conversación puede tener sentimiento positivo narrativo directo, o negativo narrativo directo, esto se debe a que los estados afectivos como el sentir o pensar, manifestados en el texto son internos al sujeto que escribe, por tanto reside o nace en él. Por otra parte, cuando se comenta a un tweet, se crea un nuevo hilo de conversación, y está siempre será un texto de tipo argumentativo, adicionalmente será indirecto ya que el estado afectivo de la voluntad o ánimo se da por el un estímulo externo de haber leído u observado el mensaje de un tercero, por

ello el sentimiento podrá ser categorizado como positivo argumentativo indirecto o su contraparte negativo argumentativo indirecto.

Sobre la categoría mensajes de Twitter, hay que explicar que el estudio del texto como tal, siempre fue un campo del saber en dónde no existe aún una unanimidad de ideas para categorizarlas, la teoría de este trabajo se basó en los mejores investigadores del texto, como los estudios de Werlich (1979), él lo categorizó como textos instructivos, argumentativos, explicativos, narrativos, y descriptivos, en cambio Renkema (1993) identificó solo tres tipos, los textos argumentativos, narrativos e informativos. Obsérvese que Werlich y Renkema coinciden en los tipos argumentativos y narrativos.

Por otra parte, Martínez (1994) entendió que los textos pueden ser de cuatro maneras, de tipo argumentativos, expositivos, descriptivos y narrativos, e incluso otros autores como Biber & Finega (1986) ponen hasta nueve distinciones de textos. Los mensajes de Twitter son un tipo de texto llamados tweets, es el término de origen inglés fue acuñado por Twitter, para referirse a los mensajes que los usuarios de esa red social digital dejan en forma mayoritariamente como texto, pudiendo ser también los mensajes GIF animados, videos, fotos, o cualquier mezcla de las mencionadas.

Este trabajo tuvo que limpiar los mensajes para quedarse solo con el texto, con ellos se pudo obtener la información suficiente de que los mensajes de texto de Twitter pertenecen a las categorías narrativas y argumentativas, esto se debe a que los textos narrativos comprenden acontecimientos que afectan

o comprometen a personajes e incluso objetos, en un sentido amplio los mensajes de Twitter son narrativos, por otra parte cuando se contesta un tweet pierde sus características narrativas y pasan a ser argumentativas, ya que esos mensajes tienen por finalidad revalidar o rechazar las opiniones expuestas.

Conclusiones

En esta investigación, se determinó si realmente las máquinas pueden analizar los sentimientos de los mensajes de Twitter respecto a la empresa KFC del primer trimestre en Hispanoamérica 2022. Se logró gracias al empleo de dos enfoques provenientes de la inteligencia artificial, Machine Learning y Deep Learning.

Ellas determinaron resultados finales muy distantes tanto en las cantidades mensuales como en las totales de la polaridad y del grado del sentimiento para KFC, esto es valioso porque descubrimos que el análisis de sentimientos es un ente que no puede ser calculado desde una única heurística de inteligencia artificial, ni tampoco se puede tener una sola manera de ver ni pensar de ella, porque se encontró que se pueden analizar los sentimientos de los tuits si nuestra postura es dogmática, en cambio si somos relativistas escépticos se descubrió que lo que se diga solo es para los mensajes que se tuvieron y por tanto no se debe generalizar.

Por otra parte, si somos criticismos solo se visualizan las apariencias de los tuits porque están acondicionados por mucho por las heurísticas de Machine Learning y Deep Learning empleadas, estas exponen diferentes resultados para los mismos mensajes obtenidos en KFC, mostrando

así que no existen correspondencia de verdad entre las heurísticas utilizadas. Otro aspecto importante de esta investigación es compartir la visión *alanturiana* de que

las máquinas con inteligencia artificial débil no realizan análisis de sentimientos solo están imitando porque carecen de intencionalidad.

Referencias

- Alarcón Urquiaga, D. G. (2019). *Identificación de los principales factores que influyen en las decisiones de compra de fast food: el caso McDonald's de Chorrillos*. Universidad San Ignacio de Loyola.
- Alcina, A., Valero, E., & Rambla, E. (2009). *Terminología y Sociedad del conocimiento*. Peter Lang AG.
- Ardhianie, N., Andreswari, R. & Azani, M. (2019). *Sentiment analysis of 'indonesian no dating campaigns on twitter using Naïve Bayes Algorithm*. IEEE International conference.
- Ari Mamani, D. (2019). *Deep Neural Network Approaches for Spanish Sentiment Analysis of Short Texts*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- Bermejo Escobar, D. & Vizcarra Aguilar, G. (2020). *Modelo Basado en Aprendizaje profundo para el análisis de sentimiento de tuits en español*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Biber, D. & Finegan, E. (1986). *An initial typology of English text types*. Department of Linguistics, University of Southern California.
- Cegarra Sánchez, J. (2004). *Metodología de la Investigación Científica y Tecnológica*. Ediciones Díaz de Santos.
- Celi Ápolo, L. A., Chávez, D., Muñoz de Camacho, S., Páez, J., Velasteguí, M., & Villarroel, R. (2018). *Líneas y Áreas de Investigación de la Escuela Politécnica Nacional*. Escuela Politécnica Nacional.
- Costa Bojanich, B. (2018). *Implementación de plataforma web de participación ciudadana para evaluación de proyectos mineros mediante sistema experto y análisis de sentimientos*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- El Rahman, S. A., AlOtaibi, F. A. & AlShehri, W. A. (2019). *Sentiment Analysis of Twitter Data*. IEEE International conference.
- Elbagir, S. & Yang, J. (2019). *Twitter Sentiment Analysis based on ordinal Regression*. IEEE International conference.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación*. Mc Graw Hill Education.
- Jiménez Palomino, R. (2018). *Influencia del aprendizaje computacional basado en técnicas de minería de textos en la clasificación de comentarios de textos agresivos*. Universidad Nacional José María Arguedas.

- Kamis, S. & Goularas, D. (2019). *Evaluation of Deep Learning Techniques in Sentiment Analysis from Twitter Data*. IEEE International conference.
- Kaplan, N. (2012). *Nuevos desarrollos en el estudio de la evaluación en el lenguaje: la teoría de la valoración*. Boletín De Lingüística, 16 (22). http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_bl/article/view/1468/1376
- Kusrini & Mashuni, M. (2019). *Sentiment Analysis in Twitter Using Lexicon Based and Polarity Multiplication*. IEEE International conference.
- López, J. (1999). *Procesos de Investigación*. Panapo.
- Mahapatra, S. (21 de marzo 2018). *Why Deep Learning over Traditional Machine Learning?* <https://towardsdatascience.com/why-deep-learning-is-needed-over-traditional-machine-learning-1b6a99177063>
- Martínez, M. C. (1994). *Análisis del discurso*. Editorial Facultad de Humanidades, Universidad del Valle.
- Mirhoseini, A., Goldie, A., Yazgan, M., Jiang, J. W., Songhori, E., Wang, S., Lee, Y., Johnson, E., Pathak, O., Nazi, A., Pak, A., Tong, A., Srinivasa, K., Hang, W., Tuncer, E., Le, Q., Laudon, J., Ho, R., Carpenter, R., & Dean, J. (2021). *A graph placement methodology for fast chip design*. Nature 594, 207–212. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03544-w>
- Pino Salvatierra, G. (2018). *Posicionamiento de marca y comportamiento del consumidor de Kentucky Fried Chicken (KFC), Independencia*. Universidad César Vallejo.
- Quesada Moreno, J. F., & De Amores Carredano, J. G. (2000). *Diseño e Implementación de Sistemas de Traducción Automática*. Universidad de Sevilla, Secretariado de Publicaciones.
- Renkema, J. (1993). *Discourse Studies: An Introductory Textbook*. John Benjamins Publishing Company.
- Saini, S., Punhani, R., Bathla, R. & Shukla, V. K. (2019). *Sentiment Analysis on Twitter Data using R*. IEEE International conference.
- Segura Vásquez, L. (2019). *Evaluación de algoritmos de clasificación para el minado de opinión en Twitter*. Universidad Señor de Sipán.
- Valdecantos Flores, M. (2019). *Aspectos legales en entornos digitales*. Editorial Elearning S.L.
- Werlich, E. (1979). *Typologie der Texte*. Heidelberg, Quelle & Meyer, 2ª ed.
- Zanoni, L. (2019). *Las máquinas no pueden soñar: Pasado, presente y futuro de la Inteligencia Artificial (la tecnología que cambiará el mundo)*. Inclusive Publishing.

Prototipo de vagina artificial de conejo mediante la innovación 3D en la producción de carne

Prototype of artificial rabbit vagina through 3D innovation in meat production

Recibido: octubre 24 de 2023 | Revisado: noviembre 10 de 2023 | Aceptado: noviembre 25 de 2023

BETSY JAZMÍN CARHUACHIN MARCELO¹
ANA MARÍA DELGADILLO MOSQUERA²
MANUEL TIMANA SANDOVAL³
MARILYN AURORA BUENDÍA MOLINA⁴
ALFONSO VIGO QUIÑONES⁵
ERICKSON ÁLVARO RUIZ FIGUEROA⁶

RESUMEN

El objetivo del estudio fue examinar el impacto de una vagina artificial impresa en 3D para la producción e industria de carne de conejo en Huaral -Lima. Desarrollada en el Laboratorio de Fabricación Digital del Instituto de Educación Superior Tecnológico Público “Huando”. Se inicia con el análisis de la situación actual del mercado de carne de conejo, destacando su importancia en el turismo gastronómico y la demanda constante en restaurantes campestres. La vagina artificial se presenta como una herramienta innovadora para mejorar la eficiencia reproductiva de los conejos, promoviendo la sostenibilidad y competitividad. El modelo de negocio se enfoca en la producción y comercialización de estas vaginas artificiales dirigido a criadores. La propuesta de valor resalta la mejora en la eficiencia, la reducción de costos mediante el uso de PLA y la sostenibilidad ambiental. El análisis de impacto anticipa mejoras en la producción, desarrollo tecnológico, prácticas sostenibles y generación de empleo, respaldado por un análisis de costos. La vinculación con los objetivos de desarrollo sostenible subraya la contribución en la lucha contra el hambre, fomento del trabajo, innovación e infraestructura pecuaria, producción y consumo responsables, y la acción climática. Se concluye que la vagina artificial impresa en 3D no solo ofrece un desarrollo tecnológico, sino que también se posiciona como un impulsor integral del desarrollo sostenible en la producción ganadera.

Palabras clave: Carne de conejo, conejo, Desarrollo sostenible, Inseminación artificial, Tecnología biomimética

ABSTRACT

The objective of the study was to examine the impact of a 3D printed artificial vagina for the production and industry of rabbit meat in Huaral -Lima. Developed in the Digital Fabrication Laboratory of the Instituto de Educación Superior Tecnológico Público “Huando”. It begins with the analysis of the current situation of the rabbit meat market, highlighting its importance in gastronomic tourism and the constant demand in country restaurants. Artificial vagina is presented as an innovative tool to improve the reproductive efficiency of rabbits, promoting sustainability and competitiveness. The business model focuses on the production and commercialization of these artificial vaginas aimed at breed-

- 1 Instituto de Educación Superior Público “Huando”. Lima. Huaral. Perú
- 2 Educación Superior Público “Huando”. Lima. Huaral. Perú
- 3 Instituto de Educación Superior Público “Huando”. Lima. Huaral. Perú
- 4 Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú
- 5 Instituto de Educación Superior Público “Huando”. Lima. Huaral. Perú
- 6 Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú

Autor de correspondencia:
betsyjazmincarhuachinmarcelo@gmail.com

© Los autores. Este artículo es publicado por la Revista Campus de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de San Martín de Porres. Este artículo se distribuye en los términos de la Licencia Creative Commons Atribución No-Comercial – Compartir-Igual 4.0 Internacional (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), que permite el uso no comercial, distribución y reproducción en cualquier medio siempre que la obra original sea debidamente citada. Para uso comercial contactar a: revistacampus@usmp.pe.

<https://doi.org/10.24265/campus.2023.v28n36.07>

ers. The value proposition highlights improved efficiency, cost reduction through the use of PLA, and environmental sustainability. The impact analysis anticipates improvements in production, technological development, sustainable practices and employment generation, supported by a cost analysis. The linkage to sustainable development goals underlines the contribution in the fight against hunger, job promotion, livestock innovation and infrastructure, responsible production and consumption, and climate action. It is concluded that 3D printed artificial vagina not only offers a technological development, but also positions itself as an integral driver of sustainable development in livestock production.

Keywords: Rabbit meat, rabbit, sustainable development, artificial insemination, Biomimetic technology

Introducción

En las proximidades vibrantes de la metrópolis limeña, la provincia de Huaral se distingue como un epicentro gastronómico, desplegando una variada oferta culinaria que conquista paladares tanto locales como foráneos (Bocanegra, 2014). Entre los platos típicos, el chicharrón de conejo se erige como un emblema, deleitando comensales en los restaurantes campestres de Huaral, suscitando un interés creciente en la carne de conejo, generando la necesidad urgente de perfeccionar los procesos de producción para satisfacer la demanda en ascenso de manera eficiente y sostenible.

La carne de conejo es reconocida por ser una fuente magra de proteínas de alto valor biológico, baja en colesterol y rica en ácido linolénico (Cruz et al., 2019), posicionándose como una elección destacada para una dieta equilibrada y saludable. Con la mirada puesta en capitalizar estas virtudes y fortalecer la naciente industria local de carne de conejo, el Instituto de Educación Superior Tecnológico Huando (IES Huando) ha gestado una iniciativa vanguardista. En su FabLab, ha desarrollado forma un prototipo innovador para la industria

pecuaria: una vagina artificial impresa en 3D, diseñada con el objetivo de optimizar la recolección de semen en conejos.

Este avance fusiona la ciencia con la tecnología para mejorar la eficiencia reproductiva de los conejos. La necesidad de implementar técnicas de reproducción asistida, como la inseminación artificial, se torna imperativa para garantizar una cría más efectiva y, por ende, una producción sostenible de carne de conejo (Lavara, 2009). A medida que se desarrolla los fundamentos científicos del proyecto, proceso de diseño y construcción del dispositivo, surge una comprensión más profunda de su potencial para catalizar un cambio significativo en la industria ganadera local.

Por otro lado, desde sus inicios la inseminación artificial (I.A.) ha tenido grandes avances tanto en el diseño como en los materiales usados para la construcción de las vaginas artificiales, teniendo en consideración la forma y medidas zoométricas del aparato reproductor de la hembra y el macho de las diferentes especies animales (Alcántar, 2013). Para el caso de los conejos, según Dal Bosco et. al. (1997), en general, son pocos los machos que presentan rechazo

al uso de la vagina artificial, bien sea utilizando como engaño una coneja, una piel de coneja u otras dispositivos de simulación. Este mismo autor menciona que, el uso de vagina artificial es el método más utilizado para la recogida del semen en conejo. Hay propuestas del diseño de la vagina artificial para la industria cunicola, ya desde Avalos et.al. (1977) que proponía modificaciones a la diseñada por Bredderman en 1964, buscando que sea más económica y práctica por la utilización de materiales más accesibles, conservando la facilidad de manejo y pudiendo ser limpiada y esterilizada sin desarmarse. O la propuesta de Dal Bosco et. al. (1997), sobre una vagina artificial para reducir la contaminación microbiana del semen de conejo; así como la de Dávila et. al. (2004), que propusieron una vagina artificial de silicona, calentada en seco y adaptada a un tubo colector de vidrio estéril.

Como referencia a las medidas zoométricas como base para el diseño espacial de la vagina artificial, Alcántar (2013), menciona que el pene del conejo es un órgano copulador cilíndrico de 40 a 50 mm de longitud que reduce su diámetro hacia la extremidad, asimismo, se clasifica como fibroelástico, debido a su estructura que presenta cuerpos cavernosos menos desarrollados ocasionando que durante la erección tanto el diámetro como su longitud varíen poco con respecto a su estado en reposo.

La relevancia de este proyecto no solo radica en la mejora de los procesos de producción de carne de conejo, sino también en su papel crucial para fortalecer la economía local de la provincia de Huaral, ya consolidada como un destino gastronómico, vislumbra en esta iniciativa

una oportunidad para impulsar la calidad y sostenibilidad de su producción agroalimentaria. En este cruce entre la tradición culinaria y la ciencia moderna, se forja el futuro de la cría de conejos, y es precisamente en este contexto que se plantea el objetivo principal de la investigación: desarrollar una vagina artificial que, al implementarse en la inseminación artificial de conejos, mejore la eficiencia reproductiva y contribuya al desarrollo sostenible de la producción pecuaria en la región.

Método

La metodología usada para el desarrollo de las bases teóricas de la vagina artificial es Customer Journey, la cual es una representación visual de cómo un cliente experimenta el producto o servicio a ofrecerle, y para la parte del prototipado, el sistema de impresión 3D.

Empatizar

En esta fase, se aplicó la metodología Design Thinking (“pensamiento de diseño”) que tiene su origen en IDEO, una empresa de diseño fundada por David Kelley, Bill Moggridge, y Mike Nuttall (IDEO, 2020), y sirve para la generación de nuevas ideas innovadoras, soluciones creativas con la finalidad de resolver el problema central. Según Prieto (2023), se presenta como una metodología para desarrollar la innovación centrada en las personas, ofreciendo una lente a través de la cual se pueden observar los retos, detectar necesidades y, finalmente, solucionarlas.

Se llevaron a cabo entrevistas y encuestas con criadores para recopilar información; además, se realizaron

pruebas con diferentes materiales y diseños para comprender las preferencias de los usuarios. Se aplicó la técnica de Empatía,

utilizando herramientas como el Cuadro de Empatía (Figura 1) y el Mapa del Viaje del Cliente (Figura 2).

Figura 1
Mapa de empatía

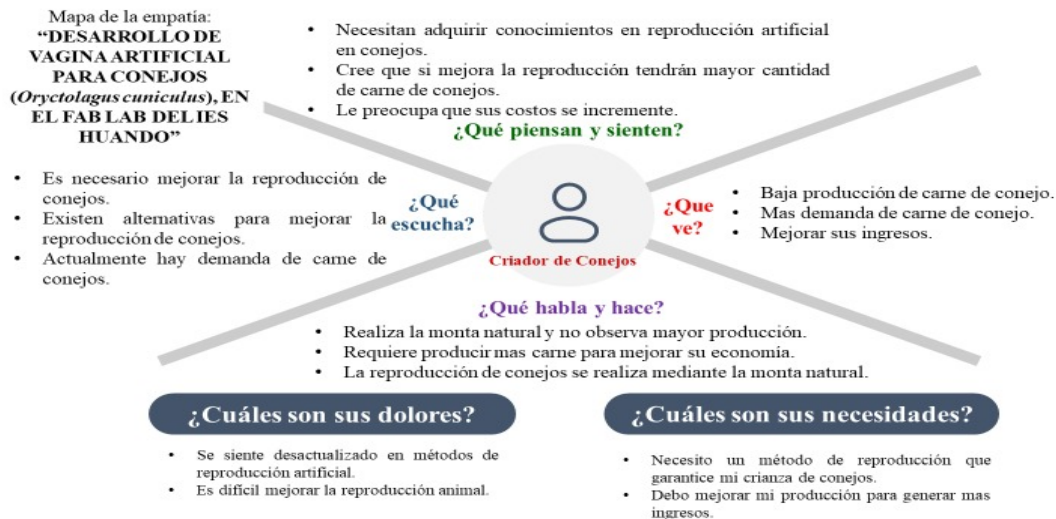


Figura 2
Mapa del Viaje del Cliente: Desarrollo de la vagina artificial de conejos

Mapa del Viaje de nuestro cliente: "DESARROLLO DE VAGINA ARTIFICIAL PARA CONEJOS (*Oryctolagus cuniculus*), EN EL FAB LAB DEL IES HUANDO"

Fases	Considerar	Explorar	Comparar	Probar	Negociar
Lo que hace el cliente	Recibe información de la vagina artificial.	La vagina artificial cumple con los requerimientos reproductivos.	Consulta Precios de la vagina artificial en el mercado.	Prueba si el producto cumple con sus expectativas.	Precio gusto y requerimiento.
Alta emoción	😊			😊	😊
Neutro					
Baja emoción		😞	😞		
Notas	Aportar mas valor a la reproducción artificial.		Incluir experiencias del uso de la vagina artificial.		Uso de material no tradicional.

Definir

En esta fase, se utilizó la técnica Point of View (POV) para determinar al usuario, sus necesidades y posibles soluciones, creándose un boceto de una visión de usuario para la vagina artificial, identificando la persona, sus necesidades y la razón detrás de esas necesidades (Fernández, 2019).

Idear

Durante esta etapa, se aplicó la metodología de Design Thinking para generar ideas y soluciones creativas (Latorre-Cosculluela et al., 2020). Se empleó la técnica de Brainstorming, que es una herramienta que puede impulsar en el alumno la creatividad, curiosidad y el trabajo en equipo (Legaz et al, 2017),

asimismo, mencionan que esta técnica permite incrementar la creatividad y potenciar la motivación e interés por los contenidos docentes, considerándola útil para el aprendizaje, además que, demuestra su utilidad en el aula, genera y fomenta el pensamiento crítico del estudiante promoviendo el autoaprendizaje.

Prototipar

En esta fase, se desarrollaron prototipos utilizando la técnica de Modelos de Simulación que integra lo físico con lo biológico (biofísico). Según Machado y Berger (2012), los modelos de simulación biofísicos tienen gran posibilidad de aportar información para la toma de decisión en sistemas de producción de carne de forma indirecta, a través de facilitar el intercambio de experiencias y visiones de forma cuantitativa a través de estrategias participativas, potenciando el aprendizaje colectivo y la integración de la modelación con la investigación de campo.

Se utilizó PLA, un filamento ecológico para impresión 3D, y se evaluó su efectividad en la recolección de semen de conejos, mediante la prueba de motilidad realizado por el Laboratorio de biotecnología del IES Huando. Se analizaron los resultados de las pruebas para realizar ajustes en el diseño del prototipo. Además, mejorar la apariencia de la innovación es particularmente valioso al momento de elegir la terminación (Infinia, 2021).

Testear

Se aplicó la técnica de Matriz de Feedback durante la fase de prueba. Esta herramienta recopiló información sobre la experiencia del usuario final,

proporcionando insights valiosos para el refinamiento de la vagina artificial. Se evaluó la eficacia y eficiencia de las soluciones propuestas.

Técnicas y herramientas

Encuesta - Empatizar

Se realizó una encuesta (Anexo 1) para recopilar datos sobre la demografía de los participantes, la antigüedad de los criaderos, la disposición para utilizar una vagina artificial, la percepción del costo y las características deseadas en el dispositivo. Los resultados de la encuesta proporcionaron la información para orientar el diseño y desarrollo de la vagina artificial.

Modelo de simulación - Prototipar

El diseño del prototipo se realizó utilizando la herramienta Tinkercad, software de diseño CAD en 3D, el cual posibilita la creación de estructuras utilizando formas elementales, y al ser una aplicación en línea, no necesita ser instalada, facilitando la creación de diseños elaborados con una interfaz de usuario intuitiva. Además, posibilita la generación de archivos con extensión “.stl”, los cuales son frecuentemente utilizados en la impresión tridimensional de estructuras (Latorre-Coscolluela et al., 2020). Se desarrollaron cinco prototipos diferenciados por la cantidad de material utilizado en la impresión 3D. Se utilizó filamentos de PLA, que es un poliéster alifático de base biológica derivado del ácido láctico (ácido 2-hidroxi-propanoico) que puede ser obtenido a partir de fuentes animales y vegetales como: celulosa, almidón, maíz, desperdicio de pescado y desperdicio de cocinas (Guzmán, 2022).

Este mismo autor menciona que dentro de los materiales más prometedores que existen actualmente se encuentra el ácido poliláctico (PLA) debido a que es un biopolímero que puede ser producido a gran escala sin perder sus propiedades como material biodegradable y biocompatible.

Matriz de Feedback - Testear

Se aplicó la técnica de la Matriz de Feedback para evaluar las soluciones finales con los usuarios. Esta herramienta recopiló opiniones y comentarios sobre la experiencia de los usuarios, proporcionando información para la mejora continua del diseño y funcionalidad de la vagina artificial.

Estas metodologías y herramientas, combinadas con las técnicas de Design Thinking (Brown & Wyatt, 2010), proporcionaron un enfoque integral y centrado en el usuario para el desarrollo

de la vagina artificial, asegurando que las soluciones propuestas estuvieran alineadas con las necesidades reales de los criadores de conejos.

Resultados

La búsqueda constante de la mejora en las vaginas artificiales de filamento PLA condujo al desarrollo de cuatro prototipos, con el objetivo de optimizar el diseño, evaluar el rendimiento y garantizar que cumplan con los estándares del mercado. Esta iniciativa, basada en un enfoque iterativo, se llevó a cabo para innovar el producto final, proporcionar una experiencia satisfactoria y cumplir con las expectativas del usuario. A continuación, se presentan los resultados obtenidos, destacando el prototipo que ha demostrado cumplir con las características necesarias para la recolección de semen de conejos y su aplicación en la inseminación de conejas.

Figura 3
Prototipos desarrollados

Prototipo desarrollado	Características del Prototipo
	Prototipo 1: Densidad de relleno
	Prototipo 2: Densidad de relleno

	<p>Prototipo 3: Densidad de relleno</p>
	<p>PROTIPO CUMPLE CON LAS CARACTERÍSTICAS Prototipo 4: Densidad de relleno</p>

Figura 4

Vista tridimensional 01 del prototipo de la vagina artificial

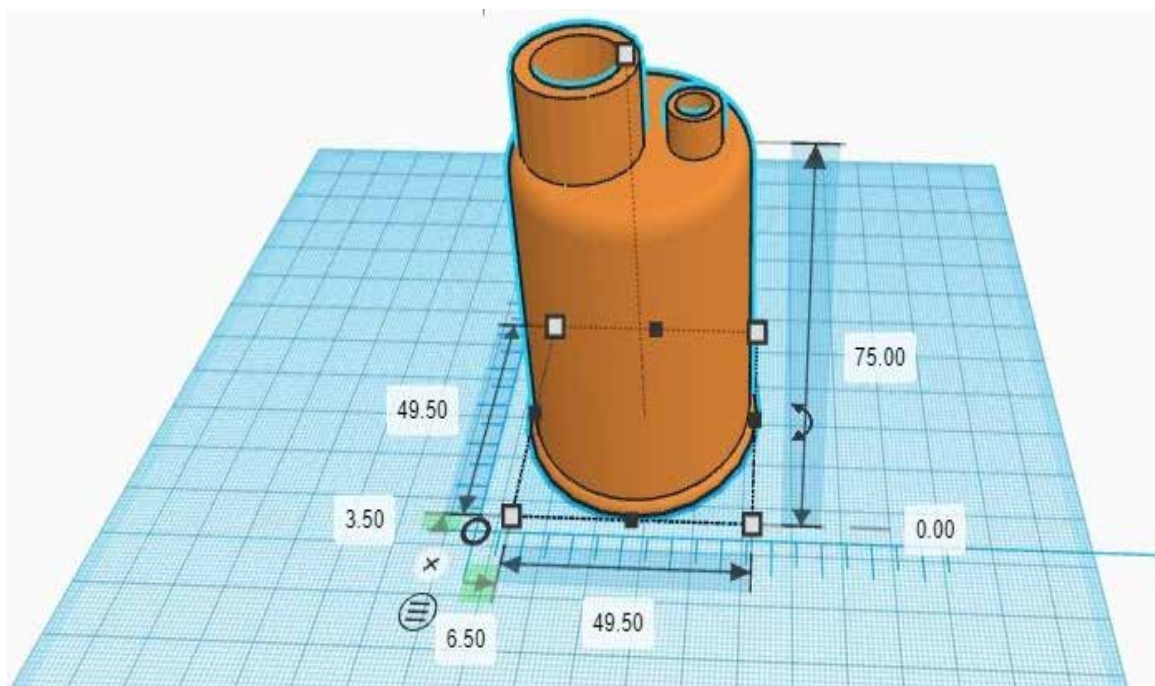


Figura 5

Vista tridimensional 02 del prototipo de la vagina artificial

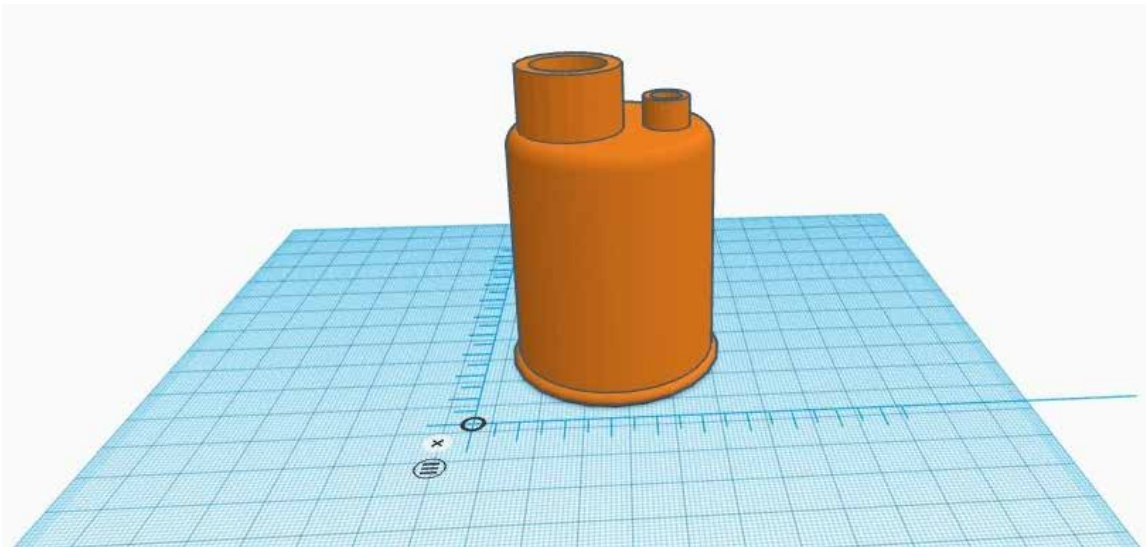
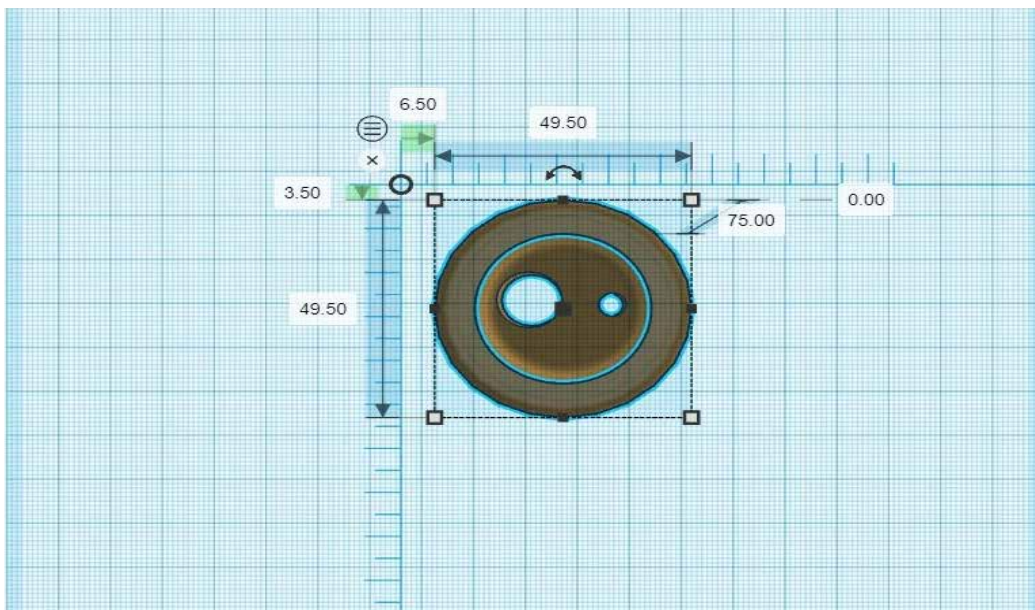


Figura 6

Vista superior de la vagina artificial



En la Tabla 1 se detallan los costos asociados a la producción de la vagina artificial impresa en 3D para la recolección de semen de conejos, expresados en soles (S/), donde según los cálculos, se requiere vender nueve unidades de vaginas artificiales para alcanzar el punto

de equilibrio y cubrir los costos asociados a la inversión. Esta cifra representa el umbral necesario para evitar pérdidas y garantizar la sostenibilidad financiera de la innovación en el FAB LAB del IES “Huando”.

Tabla 1

Costo de producción de la vagina artificial expresado en soles

Categoría de Costos	Costos Fijos	Costos Variables
Alquiler del local	0	-
Salarios Administrativos	250	-
Servicios públicos	25	-
Mantenimiento y reparaciones	50	-
Depreciación de Maquina	50	-
Gastos administrativos	50	-
Materias primas PLA	-	120
Mano de obra directa	-	250
Gastos de transporte	-	50
Costos de producción	-	50
Gastos de marketing y publicidad	-	100
Total	425	570

Dentro de los costos finales se estableció:

$$\text{Costo Total} = \text{Costo fijo} + \text{Costo Variable}$$

Costos Total S/. = 995

Costo Unitario: S/. 99.50

Rentabilidad 50%: S/. 49.75

Precio de Venta: S/. 149.25

Con esta información se determinó el Punto de Equilibrio de la presente innovación.

Punto de Equilibrio

Costos Fijos S/. = 425.00

Precio de Venta S/. = 149.25

Costo de Venta S/. = 99.50

$$\text{Punto de Equilibrio} = \text{PE}$$

$$\text{P.E.} = 8.5 \dots (9 \text{ unidades})$$

Y también de la encuesta real de años de experiencia que indica un interés activo en la crianza de conejos y el uso potencial de tecnologías reproductivas. Asimismo, el 10%, sugirió que están en una búsqueda constante de mejoras en las

prácticas de reproducción.

A pesar de que ninguno de los participantes había utilizado una vagina artificial hasta la fecha de la encuesta, todos mostraron un interés significativo y estuvieron dispuestos a recibir capacitación

sobre su uso. Esta disposición refleja un interés potencial en la adopción de esta tecnología en el futuro.

En términos de percepción económica, los participantes consideraron que el precio de una vagina artificial (S/ 149.25) era accesible para los pequeños y medianos criadores de conejos, lo que se considera como un indicativo de una percepción positiva en el mercado y sugiere un potencial interés en la inversión de esta tecnología para mejorar la producción.

Las características más buscadas en una vagina artificial fueron la economía y la durabilidad, lo que señala la preferencia por inversiones a largo plazo y la reducción de costos de reproducción; asimismo, los participantes expresaron una disposición favorable a pagar entre US\$ 50.0 y 80.0 dólares por una vagina artificial de alta calidad, indicando una valoración positiva en este rango de precios.

Por lo tanto, los resultados de las encuestas indican un interés generalizado y una percepción positiva sobre la viabilidad del uso de las vaginas artificiales en criaderos de conejos, pudiendo orientar a los fabricantes y programas de capacitación, hacia las necesidades específicas de los criadores, promoviendo la adopción exitosa de esta tecnología en la mejora de la producción cunícola.

Discusión

De acuerdo al análisis del entorno de Huaral, proporcionado en el Plan de Negocios, Mercados y Competitividad, destaca la relevancia de la innovación de la vagina artificial impresa en 3D para la recolección de semen en conejos en el contexto local. A continuación, se

exploran los aspectos más destacados y se discuten las implicaciones de esta innovación.

Conexión con la realidad local

La recuperación del turismo en Huaral no solo revela una perspectiva optimista, sino que también señalan una clara dirección hacia el desarrollo económico. Dentro de este contexto, el turismo gastronómico destaca como un elemento fundamental en la economía local (Nieto, 2020), estableciendo conexiones significativas con la producción de carne de conejo. Este entrelazamiento resalta la importancia de fomentar productos alimenticios que no solo sean innovadores, sino también sostenibles, contribuyendo así a la diversificación y fortalecimiento de la base económica de la región; asimismo, Quevedo (2005), resalta que la producción de carne de conejo presenta como ventaja adicional el sostenimiento del empleo rural y la estructura socioeconómica. Esto se debe a que requiere menos capital o inversión en comparación con otras especies, permitiendo la participación activa de las mujeres en el proceso productivo gracias a la facilidad de manejo de la especie.

Modelo de negocio sostenible

La propuesta de valor se alinea con la mejora de la eficiencia reproductiva en la producción de conejos ya que la introducción del PLA como material principal no solo reduce costos, sino que también enfatiza la sostenibilidad y el cuidado ambiental, aspectos esenciales en la actualidad.

Impactos en la producción y economía local

La implementación de la inseminación

artificial utilizando la vagina artificial impresa en 3D puede ofrecer mejoras significativas en la producción de carne de conejo. Por su versatilidad y sus diversas aplicaciones (César-Juárez et al., 2018). Esta Técnica se concibió inicialmente para imprimir capas delgadas de material de forma secuencial, seguida por un proceso de curado mediante luz ultravioleta que da lugar a estructuras tridimensionales sólidas, conocido como “estereolitografía”. Esta técnica, presentada por primera vez por Charles W. Hull en 1986 (Takagishi & Umezu, 2017), ha experimentado una evolución significativa con el tiempo, volviéndose más rápida y sofisticada. Este impacto no solo satisface la demanda creciente de manera sostenible, sino que también abre oportunidades económicas para los criadores locales.

Formación y capacitación

La inclusión de servicios de capacitación y entrenamiento refleja un enfoque integral. No solo se introduce una herramienta tecnológica, sino que se proporciona la capacitación necesaria para garantizar su uso efectivo. Este compromiso con la formación fortalece la adopción exitosa de la innovación. Por su parte, Trejo et al. (2012) indican que uno de los elementos determinantes para el éxito de la Inseminación Artificial (IA) en fresco es la utilización de diluyentes; y según Ayala (2011), la inseminación implica depositar el semen en la extremidad de la vagina de la coneja, cerca del cuello uterino. Por otro lado, González y Caravaca (2005) informan que la recolección del semen se lleva a cabo en la jaula del macho, utilizando una vagina artificial y engañándolo con una hembra, maniquí o una piel de coneja. El volumen del eyaculado oscila entre

0,3 y 1,2 ml, y con una concentración de espermatozoides varía de 50 a 500 millones por ml.

Contribuciones a los ODS

La vinculación directa con múltiples Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), incluyendo Hambre Cero, Trabajo Decente y Crecimiento Económico, Industria, Innovación e Infraestructura, Producción y Consumo Responsables, y Acción por el Clima, subraya la integralidad y el impacto positivo de la innovación en la comunidad.

Perspectivas de Competitividad Local e nacional

La innovación no solo atiende las necesidades locales, sino que también posiciona a los criadores de conejos de Huaral en un contexto competitivo más amplio y con la accesibilidad económica a la tecnología de avanzada que impulsa la competitividad tanto a nivel local como nacional.

Evaluación Financiera y Punto de Equilibrio:

La evaluación financiera refleja una estructura de costos sólida, permitiendo un precio de venta atractiva y rentable, determinando el punto de equilibrio en una cantidad de venta de nueve (09) unidades para cubrir costos, destacando la viabilidad económica de la innovación.

La vagina artificial impresa en 3D no solo aborda las necesidades de los criadores de conejos en Huaral, sino que también se integra armoniosamente en el contexto más amplio del desarrollo local y nacional sostenible. La combinación de eficiencia,

sostenibilidad y alineación con los ODS, resalta la contribución significativa de esta innovación a la mejora de la producción de carne de conejo y al progreso económico y social de la provincia de Huaral.

Conclusiones

El estudio y desarrollo de la vagina artificial impresa en 3D para la recolección de semen en conejos, llevado a cabo en el Laboratorio de FAB LAB del IES “Huando”, presenta las siguientes conclusiones:

La investigación y desarrollo de la vagina artificial utilizando tecnología de impresión 3D, junto con el uso del

ácido poliláctico (PLA) como material principal, ha demostrado ser técnicamente y económicamente viable, además que enfatiza la sostenibilidad ambiental.

Permite a los criadores de conejos, mejorar su capacidad técnica y operativa, mejorar la producción de carne de conejo, así como posicionarlos competitivamente en el mercado local y nacional.

Se alinea estratégicamente con varios Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

La viabilidad financiera, respaldada por un precio de venta atractivo, indica la capacidad de la innovación para no solo cubrir costos sino también generar beneficios.

Referencias

Alcántar, V. (2013). *Inducción de la ovulación con monta natural utilizando machos vasectomizados o análogo sintético de GnRH en conejos NuevaZelandablanca*. [TesisFacultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia - Universidad Nacional Autónoma de México] <https://ru.dgb.unam.mx/bitstream/20.500.14330/TES01000687459/3/0687459.pdf>

Avalos, R., Ayala, B., & Barruecos, J. (1977). Una vagina artificial para la recolección de semen de conejos. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. <https://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/view/2652/2216>

Ayala, E. (2011). Manual de manejo reproductivo en conejos. Universidad Veracruzana. Recuperado de <http://file:///C:/Documents%20and%20Settings/ADC/Escritorio/conejos/>

Ayala%20Per ez.pdf

Bocanegra, M. (2014). *La gastronomía como factor clave del desarrollo del turismo en la provincia de Huaral*. [Tesis de licenciatura, Universidad Cesar Vallejo,] Lima, Perú.

Brown, T., & Wyatt, J. (2010). Design Thinking for Social Innovation. *Stanford Social Innovation Review*, 30–35.

César-Juárez, Á., Olivos-Meza, A., Landa-Solís, C., Cárdenas-Soria, V., Silva-Bermúdez, P., Suárez, C., Olivos, B., & Ibarra-Ponce de León, J. (2018). Uso y aplicación de la tecnología de impresión y bioimpresión 3D en medicina. *Revista de la Facultad de Medicina (México)*, 61(6), 43-51. <https://doi.org/10.22201.fm.24484865e.2018.61.6.07>

Cruz, R., Díaz, M., Jiménez, J., García, M., Miranda, G., Hernández, A., Mena

- M., León, E., & Rayas, A. (2019). Características de la carne de conejo y su vida de anaquel valorada con el perfil de aminos biogénica. *Agro Productividad*, 12(11). <https://doi.org/10.32854/agrop.vi0.1498>
- Dal Bosco, A., Scuota, S., Castellini, C., & Cenci, T. (1997). Estudio de una vagina artificial para reducir la contaminación microbiana del semen de conejo. *World Rabbit Science* (1996, 4.4.). *Lagomorpha: Revista de la Asociación Española de Cunicultura*, (91), 56-58.
- Dávila, M., Badía, S., & Rebollar, P. G. (2004). Primeros resultados de inseminación artificial en conejas de monte en cautividad. In XXIX Symposium de la Asociación Española de Cunicultura (ASESCU). pp. 113-118.
- Fernández, M. (2019). El Punto de Vista en Design Thinking. *Desing Thinking*: <https://desire.webs.uvigo.es/design-thinking/el-punto-de-vista/>
- Guzmán, A., Cuatzo, C., Itzcua, M., & Balderas, G.A. (2022). Diseño y construcción de una extrusora para la obtención de filamento PLA reciclado. *Difu100ci@*, *Revista De difusión científica, ingeniería Y tecnologías*, 16(3), 126-131. Recuperado a partir de <http://difu100cia.uaz.edu.mx/index.php/difuciencia/article/view/252>
- González & Caravaca. (2005.) Producción de conejos de aptitud cárnica. (Consultado el 3 de julio del 2016). [Disponible en]: http://www.uco.es/zootecniaygestion/img/pictorex/09_10_34_Cunicultura.pdf
- IDEO (2020). About IDEO. Retrieved from IDEO website: <https://www.ideo.com/about>
- Infinitia. (2021). El prototipado: Beneficios, fases y técnicas. Infinitia Industrial Consulting: <https://www.infinitiaresearch.com/noticias/prototipado-definicion-fases-tecnica/>
- Latorre-Coscolluela, C., Vázquez-Toledo, S., Rodríguez-Martínez, A., & Liesa-Orús, M. (2020). Design Thinking: creatividad y pensamiento crítico en la universidad. *Revista electrónica de investigación educativa*, 22, e28. Epub 02 de marzo de 2021. <https://doi.org/10.24320/redie.2020.22.e28.2917>
- Lavara, R. (2009). *Estimación de los parámetros genéticos de y calidad seminal e ster internacional en mejora genética animal y biotecnología de la reproducción los parámetros genéticos de producción y calidad seminal en una línea paternal de conejos*. [Tesis de Master Internacional en Mejora Genética Animal y Biotecnología de la Reproducción, Universidad Politécnica de Valencia, España].
- Legaz, I., Gutiérrez, L., & Luna, A., (2017). Brainstorming como recurso docente para desarrollar competencia investigadora. *Revista iberoamericana de educación*. 74(1), 133-148
- Machado, C. F., & Berger, H. (2012).

- Uso de modelos de simulación para asistir decisiones en sistemas de producción de carne. *Revista Argentina de Producción Animal*, 32(1), 87-105.
- Nieto, A. (2020). Gastronomía y turismo: una reflexión cultural [online]. Bogotá: Editorial Fundación Universitaria San Mateo, 2020, 147 p. Libros resultado de investigación collection. ISBN: 978-958-52633-8-3. <https://doi.org/10.7476/9786289558210>.
- Prieto, K. (2023). Aplicación del modelo Lean Canvas y Design Thinking como herramientas de innovación para emprendimientos de centros de desarrollo infantil privados. *Revista Científica Ciencia y Tecnología*, 23 (38), 16-35. DOI: <https://doi.org/10.47189/rcct.v23i38.592>
- Quevedo, F. (2005). *Adecuación de la nutrición a la mejora genética de la coneja reproductora*. [Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España] 218 pp. <https://aplicat.upv.es/exploraupv/ficha-tesis/tesis/2222>
- Takagishi, K., & Umezu, S. (2017). Development of the improving process for the 3D printed structure. *Sci. Rep.-UK*. 2017 Jan 5;7:39852.
- Trejo, C.A., Meza, V., Antonio, E., Cotera, R.J. & Antonio-Cisneros, C.M. (2012.) Agua de coco (*Cocus nucifera*) como diluyente para semen fresco de conejo en la Inseminación Artificial. Universidad del Papaloapan. Loma Bonita. Oaxaca. México. *Arch. Zootec.* 62 (238): 299-302. 2013

Anexo 1

Anexo 1: Encuesta para clientes de la vagina artificial de conejos

Por favor, tómame unos minutos y bríndanos la siguiente información.

Fecha:.....}

1. ¿Cuál es su edad?
 - a) Menor de 25 años
 - b) Entre 25 y 35 años
 - c) Entre 35 y 45 años
 - d) Mayor de 45 años

2. ¿Cuántos años tiene su criadero de conejos?
 - a) Menos de 1 año
 - b) Entre 1 y 5 años
 - c) Entre 5 y 10 años
 - d) Más de 10 años

3. ¿Ha utilizado alguna vez una vagina artificial para la inseminación de conejos?
 - a) Sí
 - b) No

4. Si ha utilizado una vagina artificial, ¿qué problemas ha enfrentado con ella?
 - a) No ha enfrentado problemas
 - b) Problemas de limpieza
 - c) Problemas de uso
 - d) Problemas de durabilidad

5. ¿Cree que el costo de una vagina artificial es accesible para pequeños y medianos criadores de conejos?
 - a) Sí
 - b) No

6. ¿Qué características busca en una vagina artificial? (Seleccione todas las que correspondan)
 - a) Fácil de usar
 - b) Duradera
 - c) Económica
 - d) Fácil de limpiar
 - e) Adecuada para conejos de diferentes tamaños

7. ¿Estaría dispuesto a recibir capacitaciones sobre el uso de una vagina artificial?
 - a) Sí

- b) No
8. ¿Cómo cree que una vagina artificial podría ayudar a mejorar la producción de su criadero?
- a) Aumentando la tasa de inseminación exitosa
 - b) Reduciendo el tiempo de inseminación
 - c) Reduciendo los costos de inseminación
9. ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por una vagina artificial de alta calidad?
- a) Menos de 30 dólares
 - b) Entre 30 y 50 dólares
 - c) Entre 50 y 80 dólares
 - d) Más de 80 dólares
10. ¿Tiene algún comentario o sugerencia adicional sobre el uso de una vagina artificial para la inseminación de conejos?
- a) Sí
 - b) No

Muchas gracias por la atención prestada

Algoritmos del cifrado para protección de datos biométricos

Encryption algorithms for biometric data protection

Recibido: julio 23 de 2023 | Revisado: setiembre 20 de 2023 | Aceptado: octubre 18 de 2023

MARVIN CHAVEZ-FERREL¹
ALBERTO MENDOZA-DE LOS SANTOS²

RESUMEN

La presente revisión tuvo como objetivo examinar las diferentes técnicas o algoritmos de cifrado de datos biométricos usados en la autenticación para la seguridad de la información. En consecuencia, se utilizó la metodología PRISMA para seleccionar artículos en diferentes bases de datos durante el periodo comprendido entre 2019 y 2023. Las bases de datos utilizadas fueron SCOPUS, SCIELO y GOOGLE ACADÉMICO, donde al aplicar los criterios de inclusión y exclusión planteados se consideraron 13 artículos para la presente investigación. De esta forma se pudo notar la necesidad de la aplicación de los algoritmos de cifrado como forma de prevención de ataques y orientados al cumplimiento de los objetivos de la seguridad de la información, siendo los más utilizados el AES (Advanced Encryption Standard) y el cifrado caótico.

Palabras clave: cifrado; biometría; autenticación; seguridad de la información

ABSTRACT

The objective of this review was to examine the different biometric data encryption techniques or algorithms used in authentication for information security. Consequently, the PRISMA methodology was used to select articles in different databases during the period between 2019 and 2023. The databases used were SCOPUS, SCIELO and GOOGLE ACADEMICO, where when applying the proposed inclusion and exclusion criteria, they were considered 13 articles for this research. In this way, it was possible to notice the need to apply encryption algorithms as a form of attack prevention and aimed at meeting the objectives of information security, the most used being AES (Advanced Encryption Standard) and encryption chaotic.

Keywords: encryption, biometrics, authentication, security of the information

- 1 Escuela de Ingeniería de Sistemas, Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo - Perú
- 2 Escuela de Ingeniería de Sistemas, Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo - Perú

Autor de correspondencia:
r513300420@unitru.edu.pe

© Los autores. Este artículo es publicado por la Revista Campus de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de San Martín de Porres. Este artículo se distribuye en los términos de la Licencia Creative Commons Atribución No-Comercial – Compartir-Igual 4.0 Internacional (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), que permite el uso no comercial, distribución y reproducción en cualquier medio siempre que la obra original sea debidamente citada. Para uso comercial contactar a: revistacampus@usmp.pe.

<https://doi.org/10.24265/campus.2023.v28n36.08>

Introducción

La información es un activo vital dentro de cualquier institución, la seguridad de la información y la ciberseguridad está definidas por un compuesto de instrucciones y elementos, que tienen como misión brindar las tres características fundamentales de la misma las cuales son: disponibilidad, confidencialidad, integridad; implementar políticas de y controles de seguridad de los datos se ha convertido en un proceso de vital importancia para que las organizaciones mantengan salvaguardada sus sistemas ataques, daños o pérdidas. (Ramírez y Rincon, 2022).

En ese contexto, una de las técnicas para garantizar la seguridad de la información usada por las organizaciones es la autenticación biométrica, esta basa en la identificación de características físicas o comportamentales únicas de un individuo, como huellas dactilares, reconocimiento facial, voz, patrones de escritura, entre otros. Estos datos biométricos se utilizan para verificar la identidad de un usuario y proporcionar acceso a sistemas o datos sensibles. La principal ventaja de la autenticación biométrica es que es difícil de falsificar o robar, ya que los rasgos biométricos son inherentes y exclusivos de cada persona (Prieto, 2015).

Sin embargo, a medida que se usa más tecnologías como el reconocimiento facial, las huellas dactilares y la voz para acceder a nuestros dispositivos, cuentas y edificios, ha surgido una preocupación creciente entre los usuarios: ¿cómo se están almacenando y protegiendo nuestros datos biométricos?

La seguridad de almacenamiento es la principal preocupación. Los usuarios temen que los sistemas que almacenan sus datos biométricos puedan ser vulnerables a ataques cibernéticos y que sus características únicas puedan ser robadas. La posibilidad de suplantación de identidad es una preocupación legítima que se encuentra en el centro de esta inquietud.

La preocupación también se extiende a cómo se utilizan nuestros datos biométricos. ¿Pueden ser utilizados para rastrear nuestras actividades, dirigir publicidad hacia nosotros o tomar decisiones automatizadas que afecten nuestra vida cotidiana? Los usuarios quieren saber cómo se utilizan sus rasgos únicos y cuáles son sus derechos en relación con estos datos. La falta de transparencia en la recopilación y uso de datos biométricos es otra fuente de inquietud. Los usuarios desean entender claramente los propósitos detrás de la recopilación de sus datos y quieren que se les informe sobre cómo se utilizarán y protegerán. A pesar de la creencia de que los datos biométricos son difíciles de falsificar, la posibilidad de engañar a los sistemas biométricos es un tema que preocupa a muchos usuarios. ¿Podrían nuestros rasgos biométricos ser suplantados o engañados, lo que pondría en peligro nuestra seguridad?

Para garantizar la seguridad de la información en el contexto de la autenticación biométrica, se utilizan algoritmos de protección de datos biométricos. Estos algoritmos desempeñan un papel crucial en la gestión y almacenamiento de los datos biométricos para evitar su compromiso y asegurar la privacidad de los usuarios.

Método

Se realizó una investigación documental utilizando la metodología PRISMA como guía para revisión sistemática. Se planteó las siguientes preguntas para la implementación de la metodología: ¿Cuáles son los algoritmos de cifrado para protección de datos biométricos? ¿Cuáles son los beneficios de algoritmos de cifrado para protección de datos biométricos?

Las revisiones sistemáticas son resúmenes claros y organizados de información que responden preguntas específicas. Son muy confiables porque se basan en muchos estudios y siguen un proceso claro para reunir, seleccionar y evaluar la evidencia sobre el objetivo de la investigación (Moreno et al., 2018).

Criterios de inclusión y de exclusión

Se utilizó como criterio de inclusión a los artículos publicados entre los años 2019 y 2023. Además, se consideró que contengan los términos como “Algoritmos de Cifrado”, “Seguridad de la información biométrica”, “Autenticación”. Asimismo, los artículos deben estar tanto en español como en inglés para mayor profundización de la revisión.

Finalmente, se consideró los criterios de exclusión como cuando no se detalla de forma practica el uso del algoritmo y no existe una relación del algoritmo de cifrado con biometría. Para una mayor comprensión, se resume lo expuesto con anterioridad en la Tabla 1.

Tabla 1
Criterios de inclusión y exclusión

CRITERIOS DE INCLUSIÓN	Artículos o tesis publicados en el periodo de 2019 - 2023
	Idioma en Español o Inglés
	Se muestra la aplicación de una tecnología y/o algoritmo biométrico
CRITERIOS DE EXCLUSIÓN	No se detalla de forma practica el uso del algoritmo
	No existe una relación del algoritmo de cifrado con biometría

Proceso de recolección de la información

El proceso de búsqueda y recolección de datos se llevó a cabo utilizando una combinación de palabras clave relacionadas con la aplicación de algoritmos de cifrados en la autenticación biométrica. Las palabras clave incluyeron “algoritmos de cifrado para protección de datos biométricos”, “autenticación biométrica” y “seguridad

de la información”. Se utilizó un enfoque transparente para buscar lecturas científicas, y se emplearon diferentes fuentes de datos como SciELO, Google Académico y Scopus.

En el caso del buscador académico SciELO se utilizó el siguiente motor de búsqueda: “encryption algorithm”. Los resultados fueron un total de 26 artículos encontrados, de las cuales aplicando los criterios de inclusión y exclusión se seleccionaron dos.

Luego para Google Académico, se buscó con el siguiente motor de búsqueda: “Algoritmo de cifrado y biometría”; donde los resultados fueron un total de 24100 escritos generalizados, ya que es una cantidad muy elevada se le aplicó el filtrado por “artículos”, resultando un total final de 141 artículos académicos de los cuales fueron seleccionados cuatro.

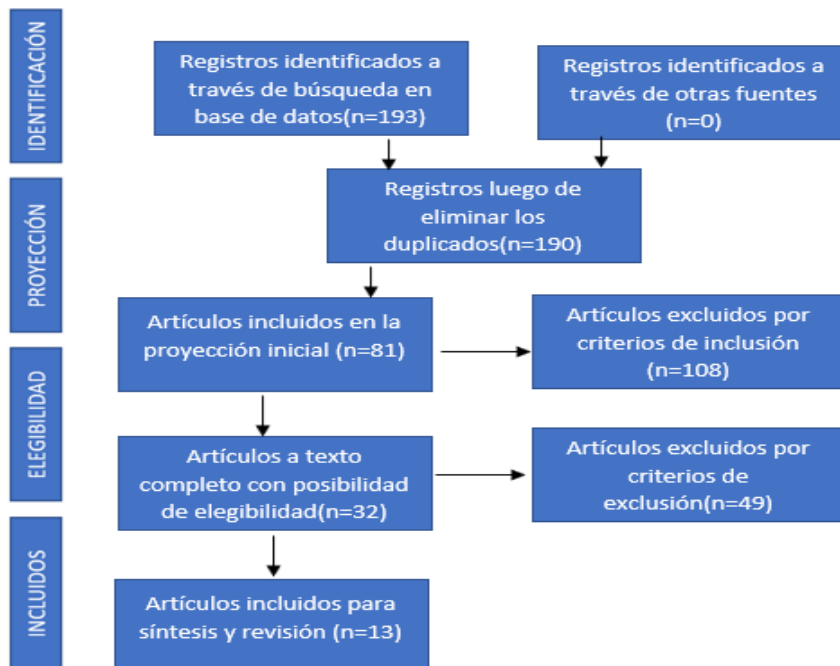
Para el caso de Scopus se hizo la búsqueda en base a “TITLE-ABS-KEY (encryption AND biometrics AND information AND

security) AND PUBYEAR > 2018 AND PUBYEAR < 2023 AND (LIMIT-TO (EXACTKEYWORD, “Biometrics”) OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD, “Authentication”) OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD, “Cryptography”)) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE, “English”) OR LIMIT-TO (LANGUAGE, “Spanish”)) AND (LIMIT-TO (OA, “all”)) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE, “ar”))” la cual arrojó un resultado de 26, y fueron seleccionados siete en base a los criterios de exclusión/inclusión.

Tabla 2
Bases de datos y artículos seleccionados

Bases de datos	Motor de Búsqueda	Resultados	Seleccionados
SciELO	encryption algorithm	26	2
Google Académico	Algoritmo de cifrado y biometría	141	4
Scopus	TITLE-ABS-KEY (encryption AND biometrics AND information AND security) AND PUBYEAR > 2018 AND PUBYEAR < 2023) AND (LIMIT-TO (OA , “all”))”	26	7

Figura 1
Proceso de selección de artículos / Flujoograma PRISMA



Resultados

Con los artículos seleccionados y la posterior revisión, se obtuvieron

resultados de cada uno de ellos y estos son presentados en la Tabla 3, donde se muestra el(los) autor(es), técnica o algoritmo, país y resultados.

Tabla 3

Resultados de artículos seleccionados

Nº	Autor(es)	Técnica o algoritmo	País	Resultados
1	Lee, J. et al. (2023)	PUF	Corea	Para demostrar que el protocolo propuesto es seguro contra diversos ataques y proporciona funciones de seguridad, se realizó una verificación formal y una verificación informal a través del modelo ROR, la lógica BAN y la herramienta AVISPA Protocolo propuesto puede ser seguro contra ataques de adivinación, repetición, MITM, suplantación y captura de sensores y puede proporcionar anonimato, secreto directo perfecto y autenticación mutua segura.
2	Man, Z. (2023)	Algoritmo de cifrado de imágenes de difusión por rotación adaptativo basado en doble caos	China	La información se almacena en forma de texto cifrado, lo que puede impedir que personal no autorizado la robe y altere ilegalmente El algoritmo es adaptable y eficaz contra ataques de texto sin formato seleccionados. Tras realizarse pruebas al algoritmo se pudo determinar que las claves de cifrado tienen buena aleatoriedad, puede resistir ataques de fuerza bruta, su clave es altamente sensible y puede ocultar efectivamente la información.
3	Patil, S. et al. (2022)	Interpolación de Lagrange y transformación de coseno discreta	India	Los rasgos multibiométricos originales de tamaño 512x512 se reducen a una plantilla de base de datos de 8x8. La técnica de transformación a través de Lagrange y DCT permite crear una imagen irreversible, invulnerable y renovable. Permite una autenticación con alta precisión, una base de datos de tamaño constante, ahorro en almacenamiento y protección de rasgos multibiométricos.
4	Hammad, M. et al. (2019)	Biohashing	China	Al aplicar biohashing, técnica biométrica cancelable, se pudo proteger la plantilla de funciones de ECG y huellas dactilares y aumentar la precisión de la autenticación del sistema. La técnica biohashing mejorada permitió proteger las funciones extraídas y permitir la fusión interna, es decir, de las características importantes de cada biométrico y adoptar un sistema multimodal. Se obtuvo Acc(precisión) de 99,12%, FRR(tasa de falsos rechazos) de 0 y FAR(tasa de aceptaciones falsas) de 1,2%.

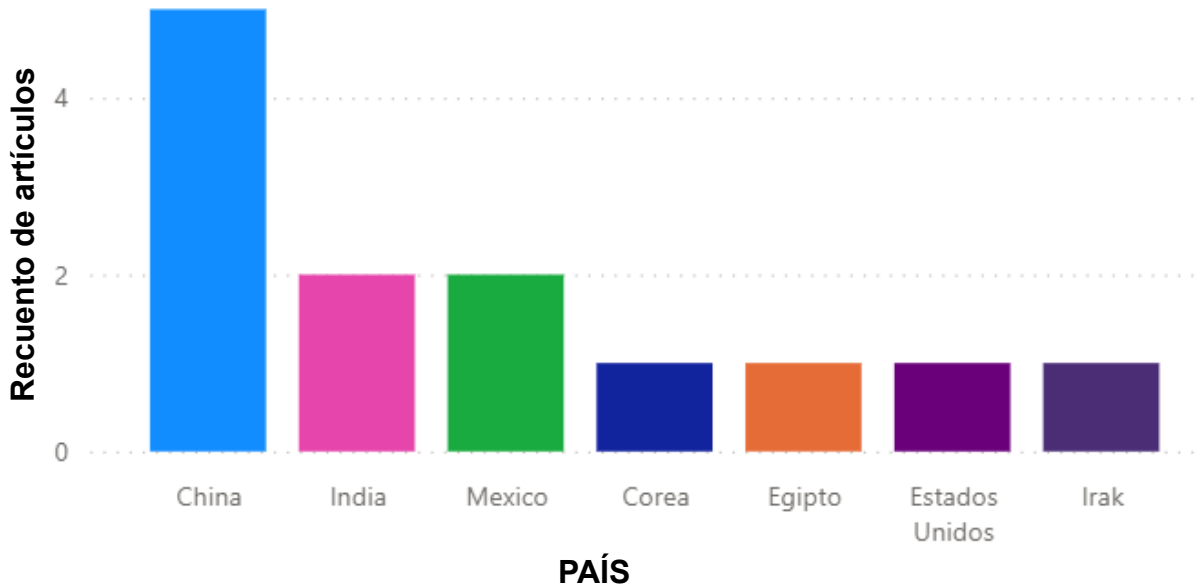
5	Wang, F. et al. (2019)	Mapa caótico de Chebyshev	China	<p>En el presente trabajo se agrega una carga de cálculo adicional, como el cálculo del polinomio de Chebyshev, para garantizar la seguridad de la información.</p> <p>El esquema presentado es inmune a ataques de adivinanzas fuera de línea, esquema es inmune al ataque de divulgación de claves de sesión, ataque de desincronización, proporciona secreto directo y anonimato del usuario.</p>
6	Kou, L. et al. (2019)	Método de bóveda difusa	Estados Unidos	<p>El protocolo propuesto puede lograr un proceso de autenticación rápido protegiendo las plantillas biométricas. No solo resuelve eficazmente las posibles amenazas a la seguridad de la percepción de la información de IoT, sino que también se implementa fácilmente sin cambiar ninguna condición del hardware.</p> <p>Para mejorar la seguridad del algoritmo, se recomienda que el trabajo futuro puede mejorar el algoritmo aplicando el algoritmo de cifrado ligero.</p>
7	Wu, T. et al. (2021)	Criptografía de curva elíptica (ECC)	China	<p>La seguridad de la comunicación del esquema fue validada por la herramienta ProVerif, y la lógica BAN indicó que la autenticación mutua se puede completar de forma segura.</p> <p>Proporciona anonimato al usuario, un secreto directo perfecto, superar ataques internos privilegiados y de la información temporal específica de la sesión conocida.</p>
8	Ther, B. et al. (2021)	Hash perceptual	Irak	<p>La ventaja de utilizar p-hash es su capacidad tolerante a variaciones sin importancia en la calidad y el formato de la entrada. El tamaño del valor hash que se genera mediante hash perceptivo difiere de 64 a 128 bits.</p> <p>Utilizando la lógica BurrowsAbadi-Needham (BAN), la herramienta de simulación de validación automatizada de protocolos y aplicaciones de seguridad de Internet (AVISPA) y el análisis de seguridad informal demuestran que el algoritmo propuesto es superior a los usados por protocolos de autenticación existentes, en seguridad, funcionalidad y gastos de comunicación y hardware.</p>
9	Wang, Y. et al. (2021)	Generación de claves biológicas Cifrado AES	China	<p>Se utiliza códigos binarios aleatorios para representar datos biométricos y un modelo de aprendizaje profundo para establecer la relación entre los datos biométricos y el código binario aleatorio para cada usuario.</p> <p>Para proteger la privacidad y garantizar la revocabilidad de la clave biométrica, se usa una operación de permutación aleatoria para mezclar los elementos del código binario y actualizar una nueva clave biométrica.</p> <p>Se construyó un módulo de compromiso difuso para generar los datos auxiliares sin revelar ninguna información biométrica durante la inscripción.</p> <p>Para la evaluación se utilizan tres conjuntos de datos de referencia, incluidos ORL, Extended YaleB y CMU-PIE. Los resultados del experimento muestran una tasa de aceptación genuina (GAR) superior a los métodos más modernos con una tasa de aceptación falsa (FAR) del 1% y, mientras tanto, satisface las propiedades de revocabilidad y aleatoriedad de las claves biométricas.</p>

10	Shalaby, A. et al. (2021)	Algoritmo de cifrado caótico generada por una secuencia de mapas logísticos y secuencias de estados de (LFSR)	Egipto	LFSR proporciona mejores resultados criptográficamente en comparación con los métodos que cifran utilizando únicamente un esquema de mapa logístico; proporciona un alto grado de secreto y seguridad. También proporciona un método seguro de transmisión de plantillas de iris a través del canal de comunicación entre los cajeros automáticos y los servidores del banco protegiendo el iris mediante cifrado caótico.
11	Patiño, M. et al. (2021)	Advanced Encryption Standard(AES)	México	AES es un algoritmo muy robusto, ya que no posee claves débiles o semi-débiles, ya que para que un algoritmo de cifrado de imágenes tenga alta seguridad, el espacio de claves debe ser como 2 elevado a la 100, en AES-CAOS el espacio de llaves está dado por 2 elevado a la 128, por lo que no hay restricciones en la selección de la clave. Para que el algoritmo funcione bien, solo se necesita que la clave para cifrar y descifrar sea exactamente la misma. Si se cambia la clave, lo más mínimo posible, los resultados no serán correctos y hacer el descifrado será mucho más complicado.
12	Lohkande, T. et al. (2021)	TDEA (Triple Data Encryption Algorithm)	India	Algoritmo mejorado de DES, que ahora se considera inseguro, debido a que el tamaño efectivo de la clave de 56 bits es demasiado pequeño. Triple DES aumenta el tamaño de la clave de DES para proteger contra ataques sin diseñar un algoritmo de cifrado de bloque completamente nuevo, 64 bits. DES triple se está volviendo poco a poco menos usado, pero todavía es una manera confiable de proteger información importante en el mundo de las finanzas y otras áreas.
13	De Abiega, A. et al. (2022)	Bóveda difusa Algoritmo de Lagrange AES	México	Se plantea un algoritmo mediante bóveda difusa basada en huellas dactilares que resiste ataques de multiplicidad de registros conocidos y que no filtra información sobre las huellas dactilares protegidas a partir de datos de alineación auxiliares Se pudo comprobar que con la bóveda cifrada el ataque de fuerza bruta no logró recuperar el polinomio y por lo tanto no se pudo vulnerar la seguridad de este sistema. La prueba en este trabajo se realizó con 256 bits de seguridad, como consecuencia, este nuevo sistema biométrico de bóveda difusa no sólo sería seguro para los tiempos actuales sino también para el futuro. En futuros trabajos es necesario probar otro tipo de ataques como un ataque de correlación o un ataque a través de la multiplicidad de registros, de esta forma se podría demostrar que esta propuesta puede ser efectiva para la protección contra múltiples ataques.

Como se muestra en la siguiente figura, el país que cuenta con mayor número de artículos tomados en cuenta en esta revisión

es China con cinco publicaciones, seguido por México y la India con dos publicaciones como se observa en la Figura 2.

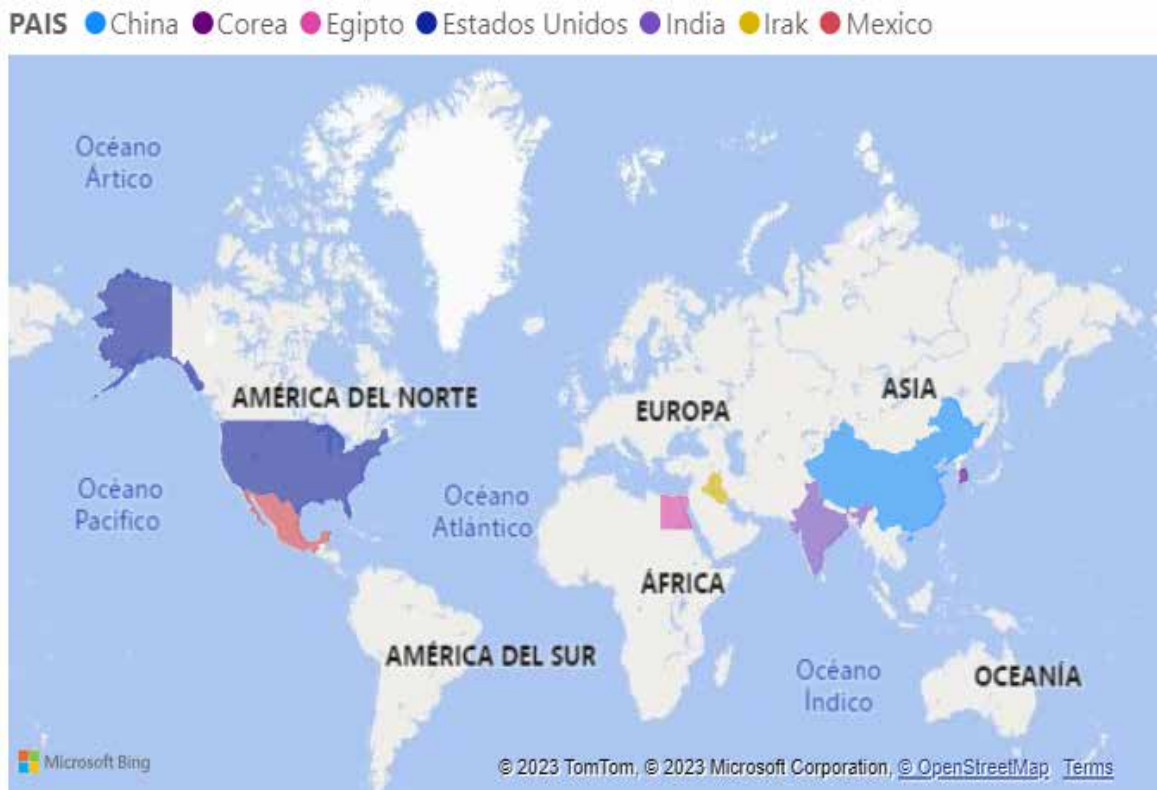
Figura 2
Cantidad de artículos por país



En la Figura 3 se observa la ubicación geográfica de los países donde se elaboraron los artículos cuya investigación es acerca de la aplicación algoritmos de cifrado para

protección de datos biométricos usados en la autenticación para seguridad de la información

Figura 3
Mapa coroplético de los artículos seleccionados

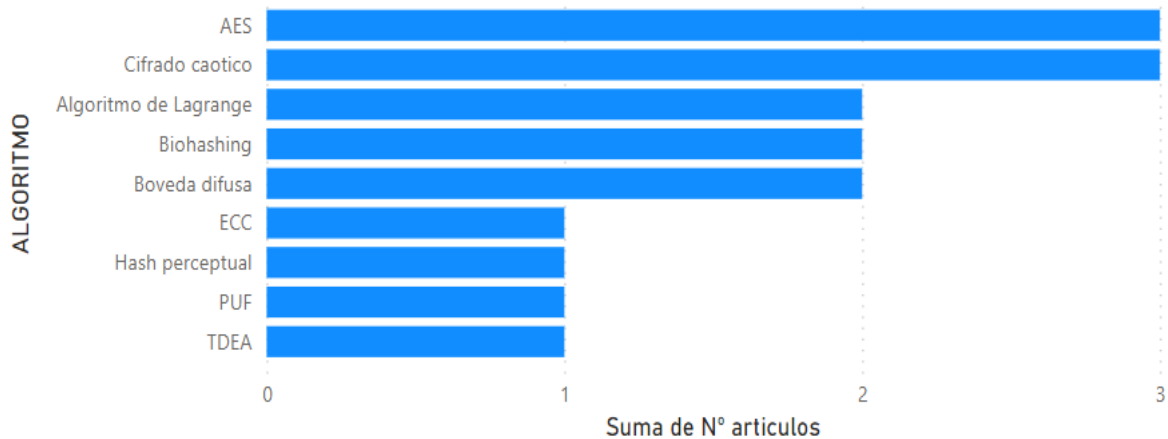


Producto de la investigación se pudo encontrar los algoritmos y/o técnicas de cifrado usados para protección de datos biométricos que son presentados a continuación; Biohashing, Algoritmo de Lagrange, Hash perceptual, Cifrado Caotico, AES (Advanced Encryption Standard), Boveda difusa, ECC (Criptografía de curva elíptica), PUF (circuitería de función física no clonable), TDEA (Triple Data Encryption

Algorithm). Es posible apreciar que los algoritmos más usados son el Cifrado caotico y el AES (Advanced Encryption Standard). Esto debido a que utilizan códigos binarios aleatorios con una gran capacidad y robustez lo que permite proporciona mayor seguridad y complejidad en el descifrado, esta información se muestra reflejada en la Figura 4.

Figura 4

Cantidad de artículos por algoritmo aplicado



Discusión

En base a lo presentado producto de esta revisión vemos como los diversos autores de los artículos nos brindan una visión general de cómo se están implementando algoritmos o técnicas de cifrado para resguardar los datos biométricos usados en la autenticación de los sistemas de información de las organizaciones. Después de analizar los resultados se puede decir que la aplicación de algoritmos y/o técnicas de cifrado biométrico es un campo de aplicación relativamente nuevo y que está siendo altamente demandado por el creciente desarrollo de nuevas amenazas que afectan la vulnerabilidad de los sistemas que utilizan datos biométricos lo que causa

preocupación en los clientes, trabajadores y otros usuarios.

Con respecto a los beneficios de los algoritmos, en la mayoría de investigaciones se pudo notar que estaban orientados a proporcionar una seguridad adicional como alternativa de protección frente a ataques, esto se ve reflejado, principalmente, en los resultados presentados por Lee et al. (2023) y Man, Z. (2023) donde el algoritmo usado es seguro contra ataques de adivinación, repetición, MITM, suplantación y captura de sensores y puede proporcionar anonimato, secreto directo perfecto, autenticación mutua y frente a ataques de fuerza bruta.

Asimismo, los algoritmos de cifrado aseguran que los datos biométricos se mantengan confidenciales, incluso si se almacenan en bases de datos centralizadas o se transmiten a través de redes no seguras, esto se ve reflejado en los resultados dados por Hammad, M. et al. (2019) Wang, Y. et al. (2021) donde la técnica usada fue el bihashing o generación de clave biológica, donde para proteger la privacidad y garantizar la revocabilidad de esta, se usa una operación de permutación aleatoria para mezclar los elementos del código binario y actualizar una nueva clave biométrica y la aplicación del cifrado se realiza sin revelar ninguna información biométrica durante la inscripción o toma de datos.

Además, los algoritmos de cifrado utilizados en la autenticación biométrica permiten la implementación de sistemas multimodales o de múltiples factores, reforzando la confidencialidad, uno de los objetivos de la seguridad de la información, este aspecto se puede notar en los artículos elaborados por Patil, S. et al. (2022) donde los rasgos multibiométricos originales se reducen a una plantilla de base de datos de menor tamaño, creando imágenes irreversibles e inviolables con alta precisión, una base de datos de tamaño constante, ahorro en almacenamiento y protección de rasgos multibiométricos.

Por último, se puede apreciar que ciertos algoritmos surgen como reemplazo o en base de las falencias encontradas por otro, como por ejemplo el algoritmo usado por Lohkande, T. et al. (2021), TDEA, surge en base al DES; sin embargo, está quedando obsoleto por lo que está siendo reemplazado por el algoritmo AES, utilizado por Patiño, M.

et al. (2021), De Abiega, A. et al. (2022) y Wang, Y. et al. (2021) o por la técnica de Hash perceptual usada por Taher, B. et al. (2021), esto principalmente a que no cumple con la condición dada que para que un algoritmo de cifrado de imágenes tenga alta seguridad, el espacio de claves debe ser al menos tan grande como 2 elevado a 100, lo que garantiza robustez y la alta precisión.

Conclusiones

Las tecnologías de la información (TI) han revolucionado nuestra capacidad para recopilar, procesar y gestionar datos de manera eficiente en la era digital. En este contexto, la gestión de datos biométricos se ha convertido en un aspecto crítico de las TI, con una importancia creciente debido a su carácter altamente personal y único.

La presente investigación identificó las técnicas o algoritmos de cifrado utilizados para la protección de los datos biométricos usados en la autenticación a partir de la revisión de artículos científicos y tesis publicadas a partir de 2019 a 2023 tomando como referencia las bases de datos SCOPUS, SCIELO y GOOGLE ACADEMICO; donde se pudo determinar que AES y el cifrado caótico son las más utilizados, teniendo la presencia en tres artículos cada uno, asimismo, el país que tuvo mayor número de investigaciones referentes al cifrado biométrico fue China.

En cuanto a las limitaciones, podemos decir que los resultados obtenidos corresponden a tres bases de datos, cantidad que puede ser ampliado en una investigación más profunda que complemente la realizada en esta revisión.

Asimismo, se espera continuar ampliando la información en investigaciones futuras, dado que el campo de biometría y en específico los algoritmos de cifrado de datos biométricos se desarrollan continuamente, debido a que algunos van quedando obsoletos, ya que los atacantes encuentran formas de violarlos, por los

que surgen nuevas propuestas como respuesta a la necesidad y preocupación de los usuarios acerca del mantenimiento y protección que se les aplica a estos frente a los ataques para evitar la suplantación de identidad y otros más que atenten contra su persona.

Referencias

- Camargo, E. A. R., & Pinzón, M. A. R. (2022). La importancia de la seguridad de la información en el sector público en Colombia. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, 46, 87–99. <https://doi.org/10.17013/risti.46.87-99>
- De Abiega-L'Eglise, A. F., Gallegos-García, G., Nakano-Miyatake, M., Rosas Otero, M., & Azpeitia Hernández, V. (2022). A New Fuzzy Vault based Biometric System robust to Brute-Force Attack. *Computación y sistemas*, 26(3). <https://doi.org/10.13053/cys-26-3-4184>
- Hammad, M., Liu, Y., & Wang, K. (2019). Multimodal biometric authentication systems using convolution neural network based on different level fusion of ECG and fingerprint. *IEEE access: practical innovations, open solutions*, 7, 26527–26542. <https://doi.org/10.1109/access.2018.2886573>
- Kou, L., Shi, Y., Zhang, L., Liu, D., & Yang, Q. (2019). A lightweight three-factor user authentication protocol for the information perception of IoT. *Computers, Materials & Continua*, 58(2), 545–565. <https://doi.org/10.32604/cmc.2019.03760>
- Lee, J., Oh, J., & Park, Y. (2023). A secure and anonymous authentication protocol based on three-factor wireless medical sensor networks. *Electronics*, 12(6), 1368. <https://doi.org/10.3390/electronics12061368>
- Man, Z. (2023). Biometric information security based on double chaotic rotating diffusion. *Chaos, Solitons, and Fractals*, 172(113614), 113614. <https://doi.org/10.1016/j.chaos.2023.113614>
- Moreno, B., Muñoz, M., Cuellar, J., Domancic, S., & Villanueva, J. (2018). Revisiones Sistemáticas: definición y nociones básicas. *Revista Clínica de Periodoncia, Implantología y Rehabilitación Oral*, 11(3), 184–186. <https://doi.org/10.4067/s0719-01072018000300184>
- Patil, S. D., Raut, R., Jhaveri, R. H., Ahanger, T. A., Dhade, P. V., Kathole, A. B., & Vhatkar, K. N. (2022). Robust authentication system with privacy preservation of biometrics. *Security and Communication*

- Networks*, 2022, 1–14. <https://doi.org/10.1155/2022/7857975>
- Patiño, M., Godínez, E., Patiño, J., Balankin, A., Flores, R., Martínez, M., García, S., Manuel, V. (2021). Encriptado de Imágenes Basado en Advanced Encryption Standard y Caos. https://www.researchgate.net/publication/351824897_ENCRIP_TADO_DE_IMAGENES_BASADO_EN_ADVANCED_ENCRYPTION_STANDARD_Y_CAOS
- Prieto Rodríguez, J. D. (2015). Algoritmo de generación de llaves de cifrado basado en biometría facial. *Revista inventum*, 10(19), 41–51. <https://doi.org/10.26620/uniminuto.inventum.10.19.2015.41-51>
- Shalaby, A., Gad, R., Hemdan, E. E.-D., & El-Fishawy, N. (2021). An efficient multi-factor authentication scheme based CNNs for securing ATMs over cognitive-IoT. *PeerJ. Computer Science*, 7(e381), e381. <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.381>
- Taher, B. H., Liu, H., Abedi, F., Lu, H., Yassin, A. A., & Mohammed, A. J. (2021). A secure and lightweight three-factor remote user authentication protocol for future IoT applications. *Journal of Sensors*, 2021, 1–18. <https://doi.org/10.1155/2021/8871204>
- T. Lokhande, S. Sonekar y A. Wani, “Development of an Algorithmic Approach for Hiding Sensitive Data and Recovery of Data based on Fingerprint Identification for Secure Cloud Storage,” 2021 8th International Conference on Signal Processing and Integrated Networks (SPIN), Noida, India, 2021, pp. 800-805, doi: 10.1109/SPIN52536.2021.9566026.
- Wang, F., Xu, G., & Xu, G. (2019). A provably secure anonymous biometrics-based authentication scheme for wireless sensor networks using chaotic map. *IEEE access: practical innovations, open solutions*, 7, 101596–101608. <https://doi.org/10.1109/access.2019.2930542>
- Wu, T.-Y., Yang, L., Lee, Z., Chen, C.-M., Pan, J.-S., & Islam, S. K. H. (2021). Improved ECC-based three-factor multiserver authentication scheme. *Security and Communication Networks*, 2021, 1–14. <https://doi.org/10.1155/2021/6627956>
- Wang, Y., Li, B., Zhang, Y., Wu, J., & Ma, Q. (2021). A secure biometric key generation mechanism via deep learning and its application. *Applied Sciences (Basel, Switzerland)*, 11(18), 8497. <https://doi.org/10.3390/app11188497>

Transformación biodegradable mediante tratamiento ambiental con minerales en la laguna de la Huacachina, Ica-Perú: Estudio piloto

Biodegradable transformation through environmental treatment with minerals in the Huacachina lagoon, Ica-Peru: A pilot study

Recibido: octubre 09 de 2023 | Revisado: octubre 25 de 2023 | Aceptado: noviembre 14 de 2023

GEORGE ARGOTA PÉREZ¹

RESUMEN

El objetivo del estudio fue analizar la transformación biodegradable mediante tratamiento ambiental con minerales en la laguna de la Huacachina, Ica-Perú. Entre mayo y agosto de 2023 se seleccionó de forma probabilística, dos puntos de muestreo a nivel de orilla y con una distancia aproximada de 80 m para la medición de la DBO_{5,20} y la DQO antes y después de tratar el agua disponible mediante un sistema mineral con dos capas para la remoción de la DBO_{5,20} y la DQO: 1ra) arena silicatada, y 2da) carbón activado granulométrico. El porcentaje de remoción para los parámetros fue: DBO_{5,20} (punto 1 = 22,31%; punto 2 = 23,97%) y DQO (punto 1 = 23,0%; punto 2 = 20,28%). El coeficiente de transformación indicó, que las aguas son biodegradables (punto 1 = 0,44; punto 2 = 0,5 / condición biodegradable = 0,2-0,7). Aunque, los valores de la DBO_{5,20} y DQO disminuyeron con el sistema de tratamiento mineral, la concentración final indicó incumplimiento del nivel regulatorio. Se concluye, que la transformación biodegradable mediante el tratamiento ambiental con minerales en la laguna de la Huacachina, disminuyó el contenido de materia orgánica, aunque no fue suficiente para considerar, que la calidad del agua removida sea adecuada.

Palabras clave: calidad de agua – ecoturismo – gestión urbana – laguna de la Huacachina

ABSTRACT

The objective of the study was to analyze the biodegradable transformation by environmental treatment with minerals in the Huacachina lagoon, Ica-Peru. Between May and August 2023, two sampling points were selected probabilistically at shore level and with a distance of approximately 80 m for the measurement of BOD_{5,20} and COD before and after treating the available water by means of a mineral system with two layers for the removal of BOD_{5,20} and COD: 1st) silicate sand, and 2nd) granulometric activated carbon. The percentage of removal for the parameters were: BOD_{5,20} (point 1 = 22.31%; point 2 = 23.97%) and COD (point 1 = 23.0%; point 2 = 20.28%). The transformation coefficient indicated that the waters are biodegradable (point 1 = 0.44; point 2 = 0.5 / biodegradable condition = 0.2-0.7). Although the BOD_{5,20} and COD values decreased with the mineral treatment system, the final concentration indicated non-compliance with the regulatory level. It is concluded that the biodegradable transformation through environmental treatment with minerals in the Huacachina lagoon decreased the organic matter content, although it was not sufficient to consider the quality of the water removed as adequate.

¹ Centro de Investigaciones Avanzadas y Formación Superior en Educación, Salud y Medio Ambiente "AM-TAWI". Puno, Perú.

Autor de correspondencia:
george.argota@gmail.com

Keywords: water quality – ecotourism – urban management – lagoon de la Huacachina

© Los autores. Este artículo es publicado por la Revista Campus de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de San Martín de Porres. Este artículo se distribuye en los términos de la Licencia Creative Commons Atribución No-Comercial – Compartir-Igual 4.0 Internacional (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), que permite el uso no comercial, distribución y reproducción en cualquier medio siempre que la obra original sea debidamente citada. Para uso comercial contactar a: revistacampus@usmp.pe.

<https://doi.org/10.24265/campus.2023.v28n36.09>

Introducción

El Perú destaca por su patrimonio cultural, arqueológico y turístico (Cambra *et al.*, 2022). La laguna de la Huacachina que se ubica en la ciudad de Ica, está entre los patrimonios culturales (Peralta, 2019), y en la actualidad es una zona de reserva (Presidente de la República, 2014). Tiene una peculiaridad, pues combina lo cultural con el turismo de aventura. Las actividades que se desarrollaban se afectaron por la pandemia COVID-19 porque hubo de cumplirse el distanciamiento social (Abbas *et al.*, 2021). Luego, con las medidas de control se reactivó,

nuevamente la transitabilidad turística (Navarro & Lorenzo, 2021).

La laguna de la Huacachina representó en el pasado siglo XX un escenario atractivo y de aglomeración humana debido a las características fango-medicinales de su lodo sedimentario (Paz Soldán & Paz Soldán, 1862; Escomel, 1936).

Sin embargo, la coloración física aparente de la columna de agua demuestra su estado de contaminación (Figura 1). Las infraestructuras y los sistemas de gestión de residuos sólidos se agudizaron durante la emergencia sanitaria (Torres & De la Torre, 2021), lo que probablemente provocó más contaminación.

Figura 1

Contaminación física de la columna de agua, laguna de la Huacachina (Ica, Perú).



La suspensión de los sólidos totales representa uno de los parámetros físico-químicos que justifica la perturbación antropogénica (Suzuki *et al.*, 2018; Chen & Chau, 2019). Si, los sitios de restaurantes que se ubican alrededor de la laguna de la Huacachina, no presentan

sistemas de tratamiento de sus aguas residuales, entonces ocurren procesos eutróficos (Ménèsquen & Lacroix, 2018; Pérez *et al.*, 2019).

Por tanto, se requiere la implementación de programas ambientales para el

tratamiento y la conservación de las aguas (Argota *et al.*, 2019), donde la Laguna de la Huacachina podría, al menor recuperar la transparencia. La relación entre la DBO_{5,20} (demanda bioquímica de oxígeno) y la DQO (demanda química de oxígeno) es esencial en la evaluación analítica funcional como servicio ecosistémico (Jouanneau *et al.*, 2014).

El objetivo de la investigación fue analizar la transformación biodegradable mediante tratamiento ambiental con

minerales en la laguna de la Huacachina, Ica-Perú.

Método

El estudio se realizó entre mayo y agosto de 2023. En la laguna de la Huacachina se seleccionaron de forma probabilística, dos puntos de muestreo a nivel de orilla y con una distancia aproximada de 80 m (Figura 2). Las muestras de agua se recolectaron siguiendo los protocolos de muestreo y análisis para su determinación analítica (ISO 1980, 1991, 1994).

Figura 2

Laguna de la Huacachina (Ica, Perú)



Se diseñó un sistema ambiental de tratamiento mineral con dos capas para la remoción de la DBO_{5,20} y la DQO: 1ra) arena silicatada, y 2da) carbón activado granulométrico. La DBO_{5,20} y la DQO se midió antes y después del sistema de tratamiento mineral. La concentración se comparó con el límite máximo permisible que indica el Decreto Supremo 004-2017 MINAM.

El análisis estadístico de los datos se realizó con el programa Statgraphics centurion v18. La medida descriptiva

de tendencia relativa que se utilizó fue el porcentaje.

Aspectos éticos del estudio: el parafraseo de la información científica fue el adecuado y no hubo manipulación de los datos hacia el logro de los objetivos.

Resultados

La Tabla 1 muestra las concentraciones de los parámetros físico-químicos antes y después del tratamiento mineral. Se observó, que la concentración de la

DBO_{5,20} y DQO en los dos puntos de muestreo superó el valor permisible normativo. Asimismo, disminuyó la concentración de la DBO_{5,20} y DQO después del tratamiento ambiental con minerales. El porcentaje de remoción

para los parámetros fue: DBO_{5,20} (punto 1 = 22,31%; punto 2 = 23,97%) y DQO (punto 1 = 23,0%; punto 2 = 20,28%). El coeficiente de transformación indicó, que las aguas son biodegradables: punto 1 = 0,44; punto 2 = 0,5.

Tabla 1

Transformación biodegradable de las aguas mediante tratamiento con minerales

Momento de tratamiento	Parámetros físico-químicos	Punto de muestreo 1	Punto de muestreo 2	Referencia ambiental*
Antes	DBO _{5,20}	38,1 mg.L ⁻¹	63,4 mg.L ⁻¹	15,0 mg.L ⁻¹
	DQO	87,4 mg.L ⁻¹	121,8 mg.L ⁻¹	40,0 mg.L ⁻¹
Después	DBO _{5,20}	29,6 mg.L ⁻¹	48,2 mg.L ⁻¹	
	DQO	67,3 mg.L ⁻¹	97,1 mg.L ⁻¹	
	Coeficiente de transformación**	0.44	0.5	

*Límite máximo permisible del Decreto Supremo 004-2017 MINAM

**Agua residual muy biodegradable (>0,7); biodegradable (0,2-0,7); no biodegradable (<0,2)

Discusión

En este estudio, el coeficiente de transformación biodegradable señaló, que las condiciones ambientales de eutrofización limitan el exceso de la materia orgánica biodegradable, según la disponibilidad del oxígeno disuelto (Ramos *et al.*, 2017; Romero & Castillo, 2018). Aunque, los valores de la DBO_{5,20} y DQO disminuyeron con el sistema de tratamiento mineral, la concentración final indicó incumplimiento del nivel regulatorio. Sin embargo, puede que en estudios posteriores bajo otras condiciones de mayor masa de las capas del sistema de tratamiento mineral, ocurra una retención superior del agua contaminada, y probablemente mejore las concentraciones de la DBO_{5,20} y DQO.

No obstante, en este estudio la calidad ambiental de la laguna de la Huacachina como ecosistema no fue adecuada, pues el sistema acuático se comportó como un cuerpo receptor de descargas contaminantes. Esta observación, puede impactar en el turismo como identidad cultural de la localidad (Tavarez, 2021).

La limitación principal del estudio fue no comparar las concentraciones de la DBO_{5,20} y DQO en otros puntos de muestreo a nivel de orilla y profundidad.

Se concluye, que la transformación biodegradable mediante el tratamiento ambiental con minerales en la laguna de la Huacachina, disminuyó el contenido de materia orgánica, aunque no fue suficiente para considerar, que la calidad del agua removida sea adecuada.

Referencias

- Abbas, J., Mubeen, R., Iorember, P.T., Raza, S., & Mamirkulova, G. (2021). Exploring the impact of COVID-19 on tourism: transformational potential and implications for a sustainable recovery of the travel and leisure industry. *Current Opinion in Behavioral Sciences*; 2, 1-11. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/J.CRBEHA.2021.100033>
- Argota, P.G., Moreno, T.E.G., & Iannacone, O. (2019). Costo ambiental sostenible relativo con agregación de biomarcadores para la estimación de la calidad ambiental en ecosistemas acuáticos. *The Biologist*; 17(2), 295-305. Disponible en: <https://doi.org/10.24039/rtb2019172365>
- Cambra, F.J.J., Fuentes, B.M., Huerta, A.R., & Olavarría, J.A. (2022). Destination recovery during COVID-19 in an emerging economy: insights from Perú. *European Research on Management and Business Economics*; 28, 1-9. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/J.IEDEEN.2021.100188>
- Chen, F., Li, H., & Zhang, A. (2019). Ecological risk assessment based on terrestrial ecosystem services in China. *Acta Geographica Sinica*; 74(3), 432-445. Disponible en: <https://doi.org/10.11821/dlxb201903003>
- Escomel, E. (1936). Notas biológicas sobre la laguna medicinal de Huacachina, Perú. *Revista Chilena de Historia Natural*. 40, 139-143. Disponible en: http://rchn.biologiachile.cl/pdfs/1936/1/Escomel_1936.pdf
- ISO (Normalization Standart International: ISO) 5667-1. 1980. Water quality. Sampling. Part 1: Guidance on the design of sampling programmes. Ed. ISO, Londres.
- ISO (Normalization Standart International: ISO) 5667-3. 1994. Water quality. Sampling. Part 3: Guidance on the preservation and handling of samples. Ed. ISO, Londres.
- ISO (Normalization Standart International: ISO) 5667-2. 1991. Water quality. Sampling. Part 2: Guidance on sampling techniques. Ed. ISO, Londres.
- Jouanneau, S., Recoules, L., Durand, M.J., Boukabache, A., Picot, V., Primault, Y., Lakel, A., Sengelin, M., Barillon, B., & Thouand, G. (2014). Methods for assessing biochemical oxygen demand (BOD): A review. *Water Research*; 49, 62-82.
- Ménesguen, A., & Lacroix, G. (2018). Modelling the marine eutrophication: A review. *Science of The Total Environment*; 636, 339-354. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.183>
- Navarro, D.D., & Lorenzo, C. (2021). Sensitivity and vulnerability of international tourism by covid crisis: South America in context.

- Research Global*; 3, 1-8. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/J.RESGLO.2021.100042>
- Paz Soldán, M., & Paz Soldán, M.F. (1862). Geografía del Perú: obra póstuma. Librería de Fermín Didot.
- Peralta, R.E.S. (2019). Situación de la calidad de agua de la laguna Huacachina en base a indicadores biológicos. Tesis para optar el Grado Académico de Maestro en Ecología y Gestión Ambiental [Maestría en Ecología y Gestión Ambiental, Universidad Ricardo Palma, Lima]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14138/2422>
- Pérez, R.A., Campillo, S., Fernández, P.J.M., García, L.A., García, O.M., Ibáñez, H., Navarro, M.P.C., Pérez, M.M., Pérez, R.I.M., Quispe, B.J.I., Sala, M.A., Sánchez, O., Marcos, C. (2019). Long-term dynamic in nutrients, chlorophyll a, and water quality parameters in a coastal lagoon during a process of eutrophication for decades, a sudden break and a relatively rapid recovery. *Frontiers in Marine Science*; 6, 1-23. Disponible: <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00026>
- Presidente de la República. (2014). Decreto Supremo No. 008: Establecen la desafectación de la zona reservada laguna de Huacachina y el área de conservación regional laguna de Huacachina. Diario Oficial El Peruano. Disponible en: <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2014/08/DS-008-2014-MINAM.pdf>
- Ramos, R.M., Muñoz, P.J.F., & Saldarriaga, M.J.C. (2017). Efecto de la secuencia anaeróbica-óxica-anóxica (AOA) en la eliminación de materia orgánica, fósforo y nitrógeno en un SBR modificado a escala de laboratorio. *Ingeniare*; 25, 477-491. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052017000300477>
- Ramos, R.M.; Muñoz, P.J.F. & Saldarriaga, M.J.C. (2017). Efecto de la secuencia anaeróbica-óxica-anóxica (AOA) en la eliminación de materia orgánica, fósforo y nitrógeno en un SBR modificado a escala de laboratorio. *Ingeniare*; 25, 477-491. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052017000300477>
- Romero, L.T.J., & Castillo, T.Y. (2018). Actualización del estado de las lagunas de estabilización de la provincia Mayabeque. *Ingeniería, Hidráulica y Ambiental*; 39, 72-85. Disponible en: <https://riha.cujae.edu.cu/index.php/riha/article/view/444>
- Suzuki, J., Imamura, M., Nakano, D., Yamamoto, R., & Fujita, M. (2018). Effects of water turbidity and different temperatures on oxidative stress in caddisfly (*Stenopsyche marmorata*) larvae. *Science of the Total Environment*; 630, 1078-1085. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.02.286>
- Tavarez, L. (2021). El impacto del turismo en la identidad cultural en el Perú. *Revista Internacional de Ciencias Sociales*; 97(3): 1-74.

Torres, F.G., & De la Torre, G.E. (2021).
Face mask waste generation and
management during the COVID-19
pandemic: an overview and the
Peruvian case. *Science of the Total
Environment*, 786, 1-8. Disponible
en: [https://doi.org/10.1016/J.
SCITOTENV.2021.147628](https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2021.147628)

Evaluación de la integral térmica como factor ambiental para el cultivo de lechugas hidropónicas en el sistema de raíz flotante en la localidad de Lima

Evaluation of the thermal integral as an environmental factor for the cultivation of hydroponic lettuce in the floating root system in the town of Lima

Recibido: octubre 15 de 2023 | Revisado: noviembre 02 de 2023 | Aceptado: noviembre 20 de 2023

RAFAEL CHUQUICONDOR VILLAFUERTE¹

DONATO POMAR HUAMALIANO²

VIOLETA LEONOR ROMERO CARRION³

JULIÁN CCASANI ALLENDE⁴

OSIAS POMAR HUAMALIANO⁵

LEONARDO DANTE ACUÑA DELGADO⁶

RESUMEN

El sistema hidropónico es un sistema cerrado y eficiente desde el punto de vista económico, técnico y ambiental, disminuyendo considerablemente el estrés, la fertilidad y el agotamiento del suelo, mejorando la calidad alimentaria y por ende la calidad de vida en los peruanos. El estudio se realizó en el Centro Experimental (INVERGEP SAC), ubicado en la comunidad fundo Boza de Huaral, Lima - Perú. El objetivo fue producir lechugas (*Lactuca sativa*) mediante el sistema hidropónico, aplicando técnicas del modelo de NFT, y promover nuevas alternativas para generar cadenas productivas de tecnología intermedia como son los cultivos hidropónicos para las comunidades rurales y urbanas. Mediante un termohigrómetro se realizó el proceso fenológico en la etapa de nacencia y en la fase de recolección, obteniéndose la sumatoria térmica. Se obtuvieron datos del registro diario en referenciales del módulo experimental para evaluar en la tapa de nacencia y luego en la fase de recolección: primero en la etapa de almácigo GDD = 11. 2° C; GDA = 71. 8° C, durante el periodo vegetativo; GDD = 11.2°C; GDA = 289.76 C. El trabajo de investigación se llevó a cabo durante 1 mes y medio; desde el 1 de setiembre al 6 de octubre 2023. El índice de los grados acumulados diarios, durante todo el periodo vegetativo, muestran que el sector de la localidad de Lima norte es apto para la instalación del cultivo hidropónico por presentar temperaturas mínimas de 11°C hasta 19°C.

Palabras clave: integral térmica, cultivo hidropónico, lechuga

ABSTRACT

The hydroponic system is a closed and efficient system from the economic, technical and environmental point of view, considerably reducing stress, fertility and soil depletion, improving food quality and therefore the quality of life of Peruvians. The study was conducted at the Experimental Center (INVERGEP SAC), located in the Boza community in Huaral, Lima, Peru. The

1 Universidad Nacional Federico Villarreal – Ingeniería Agroindustrial

2 Universidad Nacional Federico Villarreal – Ingeniería Industrial

3 Universidad Nacional Federico Villarreal – Ingeniería Industrial

4 Universidad Nacional Federico Villarreal – Ingeniería Industrial

5 Escuela Tecnológica de Administración - Administración

6 Universidad Nacional Federico Villarreal – Ingeniería Agroindustrial

Autor de correspondencia:
rchuquicondor@unfv.edu.pe

© Los autores. Este artículo es publicado por la Revista Campus de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de San Martín de Porres. Este artículo se distribuye en los términos de la Licencia Creative Commons Atribución No-Comercial – Compartir-Igual 4.0 Internacional (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), que permite el uso no comercial, distribución y reproducción en cualquier medio siempre que la obra original sea debidamente citada. Para uso comercial contactar a: revistacampus@usmp.pe.

<https://doi.org/10.24265/campus.2023.v28n36.10>

objective was to produce lettuce (*Lactuca sativa*) using the hydroponic system, applying techniques of the NFT model, and to promote new alternatives to generate intermediate technology production chains such as hydroponic crops for rural and urban communities. Using a thermohygrometer, the phenological process was carried out in the hatching stage and in the harvesting stage, obtaining the thermal summation. Data were obtained from the daily register in reference values of the experimental module to evaluate in the hatching cover and then in the harvest phase: first in the seedling stage GDD = 11.2° C; GDA = 71.8° C, during the vegetative period; GDD = 11.2°C; GDA = 289.76 C. The research work was carried out during one month and a half; from September 1 to October 6, 2023. The daily accumulated temperature index, during the whole vegetative period, shows that the sector of the northern Lima locality is suitable for the installation of hydroponic cultivation because it has minimum temperatures from 11°C to 19°C.

Keywords: hydroponics, hydroponic cultivation, lettuce, lettuce

Introducción

La inseguridad alimentaria se agudizó durante la pandemia en el mundo, y en Perú no fue la excepción. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, más del 25% de la población peruana presenta desafíos para garantizar su alimentación.

El problema fundamental se sustenta en la disminución de la fertilidad de suelos agrícolas, de acuerdo con Urrestarazu (2015) citado por (Pertierra & Quipe, 2020). El aumento constante de la población y la disminución de los suelos agrícolas causan preocupación por el abastecimiento de alimentos.

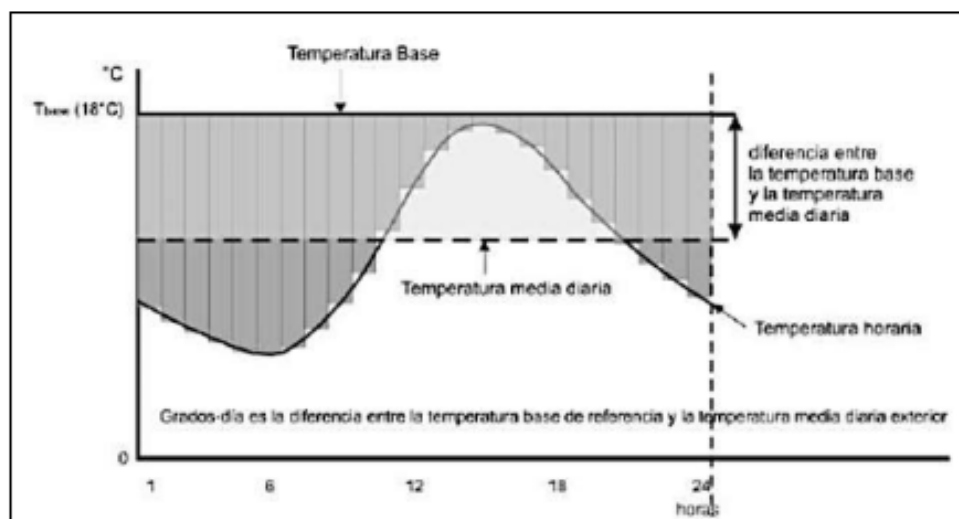
La tecnología evoluciona en pro del aumento de la productividad y la sustentabilidad mediante el mejoramiento genético, así como con la inclusión de tecnologías de alto impacto sobre rendimiento y calidad del producto, agricultura de precisión, tecnologías de riego y nutrición, entre otros. Los cultivos protegidos sin suelo apuntan a este mismo objetivo, haciendo posible un alto rendimiento en menos superficie y durante todo el año. La hidroponía

con recirculación (sistema cerrado) es la más eficiente desde el punto de vista técnico, económico y ambiental, por su ahorro considerable en agua, fertilizantes y mínimo vertido de solución fertilizante residual al ambiente.

En lo referente al rol del estado, el Ministerio de Agricultura y Riego MIDAGRI (2020) citado por (Poma, 2020) sostiene que, la agricultura peruana de hoy en día está en riesgo debido al cambio climático. En los últimos 40 años, hubo una disminución del 20% a 30% de los glaciares; colocando en peligro a la agricultura convencional, provocando la desertificación del suelo, el desequilibrio en las tierras agrícolas, el sistema minifundista por medio de fraccionamiento de parcelas, la calidad de los cultivos y las condiciones productivas, teniendo efectos negativos en la producción agropecuaria. Asimismo, se estimó que el 34% del suelo agrícola costera está en constante riego; sin embargo, el 66% del suelo agrícola andino está pendiente al riego por precipitaciones, volviéndolo vulnerable a los impactos ambientales negativos producidos por los factores abióticos.

Figura 1

Esquema de la definición grado-día



Nota. Los Grados – hora Diarios (GHD) son las diferencias acumuladas de la temperatura hora a hora a lo largo de todo el día; pero si los datos se dividen para 24 horas se obtiene GDD, adaptado como esquema de la definición Grado-día (Chamorro y Velástegui, 2021).

En referencia al estudio de los factores ambientales en el desarrollo de las plantas la integral térmica como una herramienta, Chamorro y Velástegui, (2021) citado por (Fuentes-Freixanet, 2010) afirma:

Uno de los modelos matemáticos que se utiliza para determinar los grados de temperatura acumulados diarios por cada planta, es la integral térmica, que es un parámetro importante para la definición de las estrategias de diseño, los requerimientos de climatización ya sea natural o artificial. Básicamente los Grados-día Diarios (GDD), no es otra que la diferencia entre la temperatura base de referencia y la temperatura media diaria exterior.

De acuerdo con Fuentes-Freixanet (2010), citado por (Chamorro y Velastegui, 2021) define que los Grados-día son los requerimientos acumulados en cierto período de tiempo (mensual, semanal, diario u horario) de

calentamiento o enfriamiento necesarios para alcanzar la zona óptima. Si se habla de GDD específicamente es el déficit o superávit acumulado de los 365 días del año y viene dada por la fórmula:

$$GD = \sum_1^{365} (T - T_{base})$$

Dónde:

GD = Grado – Días (°C)

T_{base} = Temperatura base (límite de referencia, inferior o superior de confort (°C)

T = Temperatura media diaria (°C)

Si no se tiene la información diaria se puede usar los datos mensuales de temperatura multiplicados por el número de días del mes, Fuentes-Freixanet, (2010) señala:

Por la variación diaria de las temperaturas horarias, generalmente, de manera simplificada se emplean los Grados-día mensuales; esto es las

diferencias entre la temperatura base de referencia y la temperatura media diaria acumulada durante el mes, con la siguiente ecuación (Chamorro y Velastegui, 2021).

$$GD = \sum_1^n (T - T_{base})$$

Donde n: el número de días del mes

Sobre el rol de los factores abióticos que intervienen en el cultivo de lechugas, es el parámetro temperatura diaria. Fuentes-Freixanet, (2010) sostiene que “Si no se tiene la información diaria se puede usar los datos mensuales de temperatura multiplicados por el número de días del mes, que representan los datos promedio de todos los días del mes” (Chamorro & Velastegui, 2021).

$$GD = n * (T_{mensual} - T_{base})$$

De acuerdo Fuentes-Freixanet, (2010) citado por (Chamorro y Velástegui, 2021) para obtener resultados de mayor precisión sostiene que:

Para realizar un análisis de mayor precisión, se puede hacer de manera horaria en Grados - hora; esto es de manera acumulada anual (de 1 a 8,640 horas) o mensual (720 horas), para lo cual se utiliza la fórmula.

$$Gh = \sum_1^{8760} (T_{Horario} - T_{base})$$

$$Gh = GD \times 24$$

Gh = Grados - hora (°C)

T_{base} = temperatura base (límite de referencia inferior o superior de confort °C)

$T_{horario}$ = temperatura horaria (°C)

Según Velásquez, Rosales, Rodríguez y Salas, (2015) citado por (Chamorro & Velastegui, 2021) señala: Los Grados Días Acumulados (GDA) se obtiene de la suma entre la temperatura máxima y temperatura mínima, dividiendo entre 2 y cuyo resultado es restada por la temperatura base. Como muestra la formula a continuación.

$$GDA = \sum_1^n \left(\frac{T_{max} - T_{min}}{2} \right) - T_b$$

Dónde:

T_{max} = Temperatura máxima.

T_{min} = Temperatura mínima.

T_b = Temperatura base.

De acuerdo con López, (2003) citado por (Chamorro & Velastegui, 2021) para calcular los días de recolección de una cosecha afirma:

Los Grados de Madurez Acumuladas (GMA), es el índice más usado para la cosecha de frutos, pero debe diferenciarse la madurez fisiológica de la madurez comercial. La primera es aquella que se alcanza luego que se ha completado el desarrollo mientras que la segunda se refiere al estado en el cual es requerido por el mercado.

Integral térmica

$$\sum_{k=siembra}^{maduracion} (T_k - T_b) : T_k \geq T_b$$

Dónde:

T_k = Temperatura promedio

T_b = Temperatura base

Figura 2

Principales tipos comerciales de lechuga



Nota. Características físicas de lechugas hidropónicas. Del Pino, (2021)
Variedades de lechuga mantecosa, criolla, francesa o crespa (de izquierda a derecha).

Sobre la degradación de suelos de la capa arable por el uso indiscriminado de fertilizantes químicos. Gomero & Velásquez (1999) sostienen que la pérdida de su capacidad para cumplir sus funciones como medio para el crecimiento de las plantas, regulador del régimen hídrico y filtro ambiental.

Al respecto los cultivos hidropónicos son una alternativa tecnológica para cultivar hortalizas limpias e inocuos: El proyecto de investigación es una alternativa para mitigar en la actualidad la pérdida de fertilidad de los suelos vigentes; realidad por lo que los productores no puedan desarrollar actividades agrícolas de buena calidad, de ahí la innovación de nuevas técnicas mediante los cultivos hidropónicos, en el que se poseen algunas ventajas como producir productos de alta calidad e inocuos, mayor rendimiento por metro cuadrado, economía del recurso hídrico, mayor rentabilidad, etc. Además, en la actualidad los cultivos hidropónicos han tomado mucha importancia debido a que alcanzan rápido la madurez, pudiéndose reducir el tiempo de cosecha (Cajo, 2016).

En lo referente a las ventajas de los cultivos sin suelo, sus características

fisicoquímicas de las hortalizas son libres de sustancias tóxicas como los agroquímicos de acuerdo con Llanos, (1988) citado por (Guerrero et al., 2014) señala: Los cultivos hidropónicos tienen algunas ventajas sobre los cultivos tradicionales, como mejorar el control de factores abióticos, bióticos, plagas, enfermedades, deficiencia o exceso de nutrientes, mejorar la calidad de los productos a cosechar, mayor precocidad en la obtención del producto, aumento de la productividad, mejorar el aprovechamiento del área disponible, ya que por medio de este sistema es posible cultivar en varios pisos, aprovechamiento de áreas infértiles, mayor densidad de plantación que nos conduce a un incremento en la producción por unidad de área, además de ser independiente del factor suelo

La iniciativa surge como alternativa de producir productos inocuos y producir hortalizas saludables que se ajuste a un esquema de alimentos saludables, al respecto Hurtado (1998) citado por, (Alfredo, 2017) establece que la seguridad alimentaria es una preocupación de las autoridades ya que genera desnutrición y pone peligro la salud pública, por la carencia de alimentos que surge como una necesidad de un grupo o comunidad

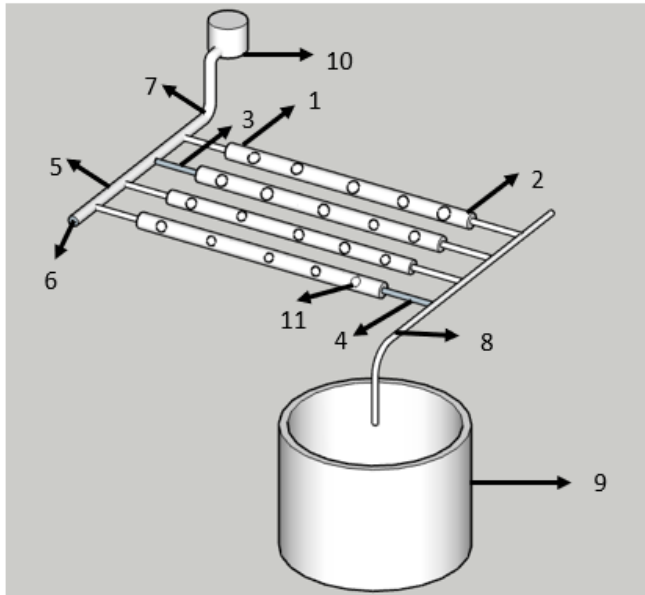
y afectando a los seres humanos, de tal manera que el consumidor es el eslabón final que sufre las consecuencias.

El objetivo del proyecto fue producir lechuga (*Lactuca sativa* L) mediante

el sistema hidropónico, aplicando técnicas del modelo NFT. y promover nuevas alternativas para generar cadenas productivas de tecnología intermedia como son los cultivos hidropónicos para las comunidades rurales y urbanas.

Figura 3

Prototipo de sistemas de cultivo a nivel experimental



LEYENDA

- 1.- Tubos PVC desagüe 4" diámetro
- 2.- Tapones de PVC desagüe 4" diámetro
- 3.- Manguera ciega de 16mm (polietileno)
- 4.- Manguera polietileno de 20 mm
- 5.- Tubería PVC 1" diámetro
- 6.- Tapón de PVC 1" diámetro
- 7.- Codo PVC 1" diámetro
- 8.- Tubo de desagüe 2mm diámetro
- 9.- Recipiente de reciclaje
- 10.- Tanque de solución (balde)
- 11.- Soporte del tanque
- 12.- Aguajero para plantas 1" diámetro

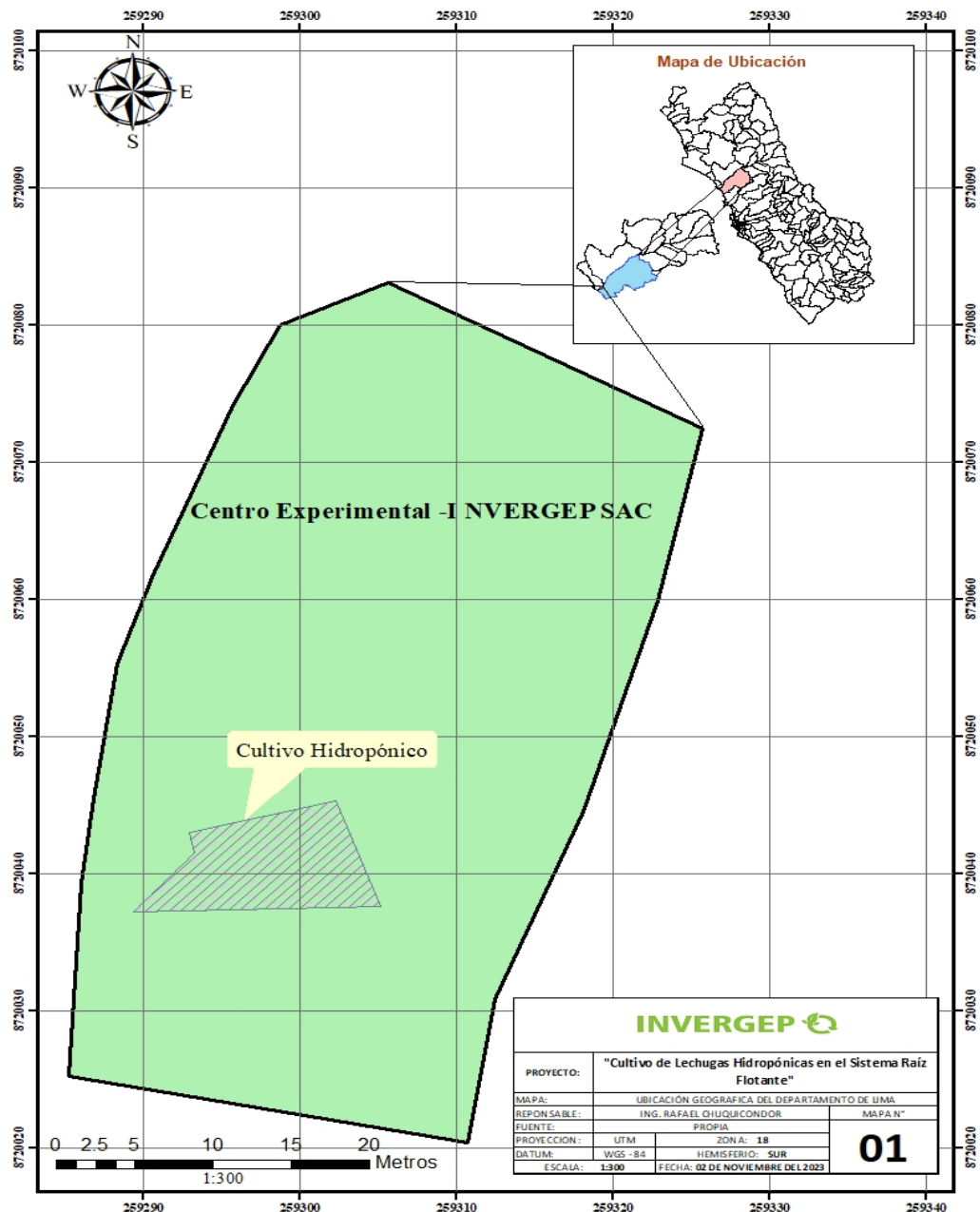
Nota. Sistema NFT a nivel laboratorio adaptado Prototipo de sistemas de cultivo a nivel experimental [adaptado] guía práctica de hidroponía (Chuquicondor, 2023)

Método

Este proyecto se realizó a nivel experimental. Se implementó como una unidad productiva, con una batería en

un área de 17 m² para cultivar lechuga; ubicado en Huaral - Lima a 500 msnm, con una precipitación promedio anual de 1050 mm y la temperatura promedio anual de 22° C.

Figura 4
Ubicación



Para cultivar las lechugas se construyó una estructura en bancadas o también llamada sistema de producción escalonada. Se utilizaron tubos de desagüe pesados para su mayor duración de 4" para producir diferentes variedades de hortalizas con un esquema de siembra de 20 a 22 cm de planta a planta y 20 cm entre plantas de seis metros de largo, por ocho tubos por bancada.

La semilla no puede ser el eslabón débil de un proceso productivo, por tanto, debemos concederle su verdadera importancia. (Dueñas y Chuquicondor, 2012) sostiene que:

La semilla es el material biológico más importante y básicos de la producción de las lechugas. Por lo que es de gran importancia su calidad para su correcto

uso. Los parámetros más importantes que miden la calidad de un lote de semillas son: Pureza y fuerza germinativa, vigor germinativo.

Los almácigos se sembraron en una bandeja de 200 alveolos cada semana, lo cual abastecería material de siembra todas las semanas. En esta actividad se utiliza turba estéril en proporción de 300 gramos por bandeja de 200 alveolos; la semilla utilizada fue de lechuga verde crespa variedad Vera seleccionada de

las casas comerciales. Para obtener los mejores resultados se realizó una prueba de germinación de la cual se obtuvo como resultado el 99% de germinación, lo que indica alta calidad de la semilla (Pachón, 2020).

Pureza

Se entiende por pureza (P) de un lote de semillas el % en peso de semillas de la especie considerada respecto del total de una muestra.

$$P \text{ (pureza)} = \frac{\text{peso de las semillas de semillas puras de la especie}}{\text{peso total de la muestra}} \times 100$$

Lo deseable sería que en cualquier lote de semillas la pureza fuera 100% pero es difícil sobre todo en especies tales como las hortalizas de cereales o leguminosas de

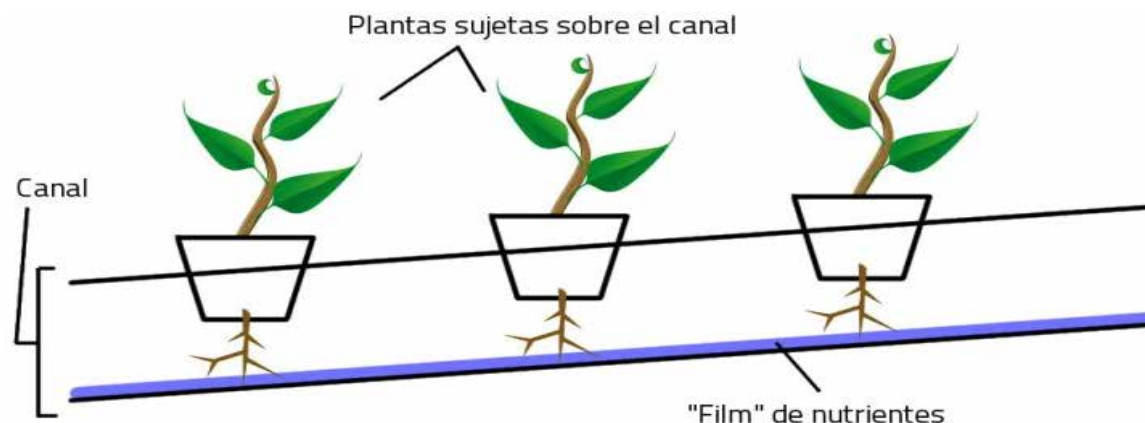
cultivos extensivos en las cuales durante la cosecha y procesado de semillas es casi imposible evitar impurezas y rupturas.

Tabla 1
Requerimientos climáticos para un cultivo de lechugas

Requerimiento	Fase	Características	Rango
Temperatura	Germinación		18°C
		Día	14°C a 18°C
	Crecimiento	Noche	5° C a 8° °C
		Temperatura superior	30°C
		Temperatura inferior	-6 °C
Humedad relativa			60% a 80%
Ph Óptimo			6.7 a 7.4
Riegos	Planta		200 ml a 400ml

Nota. Los requerimientos climáticos para un cultivo de lechugas son factores directos que influyen en el desarrollo de los cultivos de lechugas. Adaptada tesis (p. 22), por Castaño, 2018.

Figura 5
Sistema de cultivo NFT



Nota. Sistema NFT. Tomado de pasos-para-fabricar-un-sistema-nft-hidroponico-muy-sencillo-y-barato portal frutícola, 2019, <https://www.portalfruticola.com/>

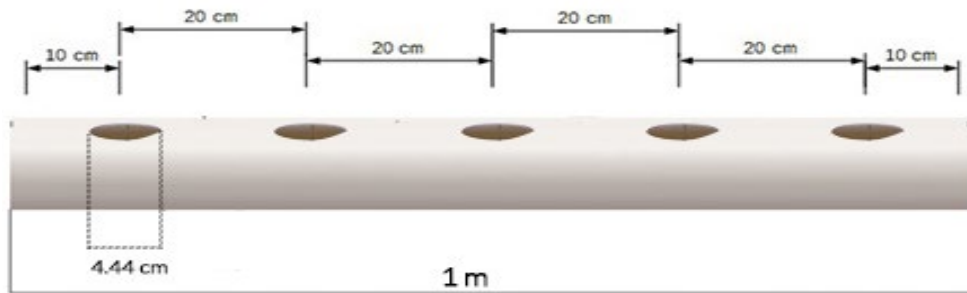
Tabla 2
Implementación de un sistema de riego con recirculación de dos baterías

Materiales	Cantidad	Unidad de medida	Costo unitario	Costo total (S/.)
Batería de 9 metros *10 tubos de 4 pulgadas sistema NFT				
Tubería de 4 plg *3 metros	60	Unidad	36.00	2160.00
Tanque de 600 litros	1	Unidad	570.00	570.00
Electrobomba (accesorios de riego)	1	Unidad	370.00	370.00
Accesorios de riego (tapón, reducción etc.)	2	---	300.00	300.00
Caballetes de (fierro de ½ corrugado)	14	Unidad	75.00	1050.00
Operatividad (instalaciones eléctricas)	---	---	---	500.00
Materiales (espuma, canastilla, otros)	---	---	---	719.00
Total				5669.00

Nota. Implementación de un sistema de riego con circulación baterías NFT. Adaptado “implementación de un sistema de riego con recirculación de dos baterías” Chuquicondor,2023

Figura 6

Guía: NFT detalle para su instalación



Nota. Esquema de caracterización de una instructiva. Tomado [fotografía], (hydroenv., 2023) Nhttps://hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=product_info&cPath=56&products_id=575

Figura 7

Proceso productivo sistema NFT



Nota. Operación del primer trasplante de los plantines, LETHAM PERÚ, (2023).

Figura 8

Trasplante definitivo del cultivo SRF



Nota. Actividad manejo de trasplante fase productiva. Sistema raíz flotante etapa productivo. LETHAM PERÚ, (2023)

Tabla 3

*Costo de construcción de un sistema de riego cama de raíz flotante 2.40*1,20 metros*

Materiales	Cantidad	Unidad de medida	Costo Unitario	Costo total (S/.)
Implementación de una cama de madera sistema raíz flotante para plantines				
Tablas 0.20*2.54 metros	11	Unidad	22	242.00
Listones 4 m. largo (0.2*0.3) metros	4		11	46.00
Almacigueras (sustrato, bandejas, etc.)	--	Unidad	--	400.00
Accesorios (clavos, llaves, otros.)	--	Unidad	--	200.00
Bomba de oxigenación (accesorios)	--	Unidad	--	300.00
Total				1188.00

Nota. Costo de construcción de un sistema de riego cama raíz flotantes 2.40 * 1.20 metros, implementación de una cama de madera sistemas de raíz flotante para plantines. Adaptado “Costo de construcción de un sistema de riego cama de raíz flotante 2.40*1,20 metros” por Chuquicondor, 2023, comercialización y servicios agroindustriales.

El proceso productivo se subdivide en fases: una parte oscura (donde se induce la germinación) que necesita entre 24 y 20, 48 horas y luego la lechuga se transfiere a la bancada de germinación, donde permanecerá entre siete a 10 días para su trasplante (dependiendo de las condiciones micro climáticas).

Después de los ocho a 12 días de fase de producción de la muda, la plántula se transfiere a la fase intermedia, cuya duración se aproxima de ocho a 10 días. En la fase final, la estimación de cultivo es de 22 a 25 días, para la cosecha de una lechuga cresa con masa de aproximadamente 350 g. Se estima un ciclo total de la lechuga hidropónica entre 38 a 47 días (GroHo, s/f).

Tabla 4

Presupuesto de costo de producción total y unitario 68 metros cuadrados

Detalle	Año 0	Año I	Año II	Año III
Insumos (semillas)	500.00	100.00	200.00	400.00
Materiales de riego	6,857.00		5,669.00	5,669.00
MOD	2057.10	1000.00	1000.00	1000.00
Costo CIF	623.8	1000.00	100.00	100.00
Equipos.	950.00	100.00	00.00	00.00
Costo total	10,987.90	2,200.00	6,969.00	7,169.00
Unidad/periodo (5)		3900.00	9360.00	11700.00
plantas/bancada	390 (1)	780 (2)	1560 (4)	2340 (6)
Costo unitario	-----	0.56	0,74	0,61

Nota. Los periodos son fases de vegetación y aquí podemos observar el presupuesto de la primera etapa de más la infraestructura inicial de acuerdo con los recursos que se dispone en cuanto al presupuesto.

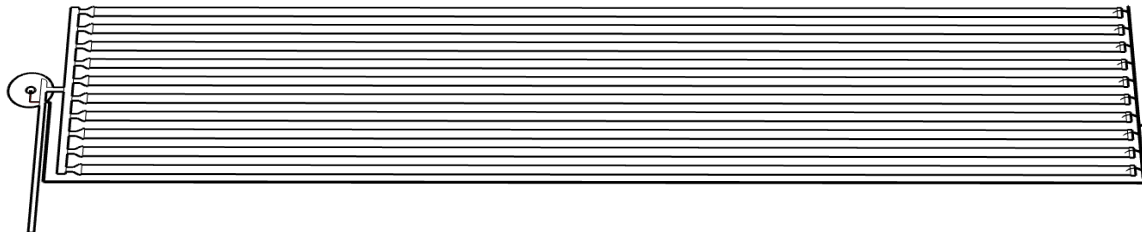
Conocido como el sistema de recirculación continua, este sistema posee canales de PVC que están apoyados sobre una estructura de fierro corrugado a una altura de 1,5 metros que los sostienen (tubos),

una capacidad de 400 plantas. Estas tienen una ligera pendiente que facilita la circulación de la solución nutritiva, la cual es recolectada y almacenada en un tanque con una capacidad de 600 Litros.

Los canales de PVC contienen agujeros con diámetro de dos pulgadas a un
distanciados a 0.22 cm y el espacio entre
canales de 0.20 cm (Garzón, 2006)

Figura 9

Esquema de un sistema de riego tipo experimental



Nota. Diseño de un sistema de cultivo NFT, cada tubo con 40 alveolos batería de 10 tubos: adaptado comercialización y Servicios Agroindustriales. Chuquicondor, (2023) guía práctica hidropónica.

Por otra parte, Castillo (2009), citado por (Cajo, 2016) manifiesta que los cultivos hidropónicos en el sistema NFT, en la actualidad, han tomado mucha importancia ya que tiene grandes ventajas como son las siguientes:

1. Cultivos libres de parásitos, bacterias, hongos y contaminación
2. Reducción de costos de producción
3. Evita la contaminación de los recursos naturales.
4. Producir cosechas en contra estación y precocidad en los cultivos.
5. Ahorro de agua, fertilizantes, plaguicidas, etc.
6. Se evita la utilización de maquinaria agrícola (tractores, rastras, etcétera).

7. Mayor limpieza e higiene en el manejo del cultivo.
8. Alto porcentaje de automatización
9. Se puede cultivar en lugares donde la agricultura es difícil
10. Rápida recuperación de la inversión inicial

De acuerdo con (Cabezas, s/f) los tubos de cultivos, cuanto más corto, es mejor por las siguientes razones:

- Mayor disponibilidad de oxígeno disuelto (OD) ideal para lechugas de 3.0 a 4.0 ppm OD/L de solución nutritiva.
- Mayor renovación de solución nutritiva en los tubos del cultivo

Figura 10

Diseño de dos baterías a nivel comercial



Nota. Sistema de bancadas baterías a nivel comercial. Adaptado de red de distribución primaria de riego por bancadas (Cabezas, s/f p.88)

Resultados

Análisis de calidad de la semilla de las lechugas

Es el porcentaje (%) de semillas que germinan adecuadamente en un ensayo o capacidad de ser viable (reproducirse) experiencia que se realiza con semillas puras.

$$Sg = \frac{\text{numero de semillas germinados}}{\text{total de semillas en prueba}} \times 100$$

Velocidad de germinación (tiempo promedio)

Es un índice del tiempo que tardan en germinar las semillas de una muestra, un menor tiempo en germinar es indicativo de que las semillas tienen más vigor y son mejores.

$$\text{Días promedio (d)} = (\sum n1 \times d/n =) [(n_1 \times d_1) + (n_2 \times d_2) \dots \dots (n_n \times d_n)] / n$$

$$\text{Índice de Kotowsky (i)} = (1/\text{dias promedio}) \times 100$$

Figura 11

Almácigos y sustratos



Nota. El manejo de sustratos y siembra de almácigos. Tomado [fotografía] almácigos y sustratos (Hydro Environment, 2023), https://hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=producto

Tabla 5

Prueba de la fuerza germinativa

Días de la fecha de siembra							
1	2	3	4	5	6	7	8
Brotos			60	10	12	8	8

Nota. Prueba de la fuerza germinativa, los resultados nos indica que alrededor en el día 4 germinaron el mayor número de semillas. Adaptado de “prueba de la fuerza germinativa” (UPV, 2011).

$$d = \frac{4(60)+6(10)+7(12)+8(8)+9(8)}{40+20+10+20+8} = 5,938 \text{ dias}$$

$$\text{índice de kotowsky} = \left(\frac{1}{5,938}\right) \times 100 = 0.1684 = 16.84 \%$$

Figura 12

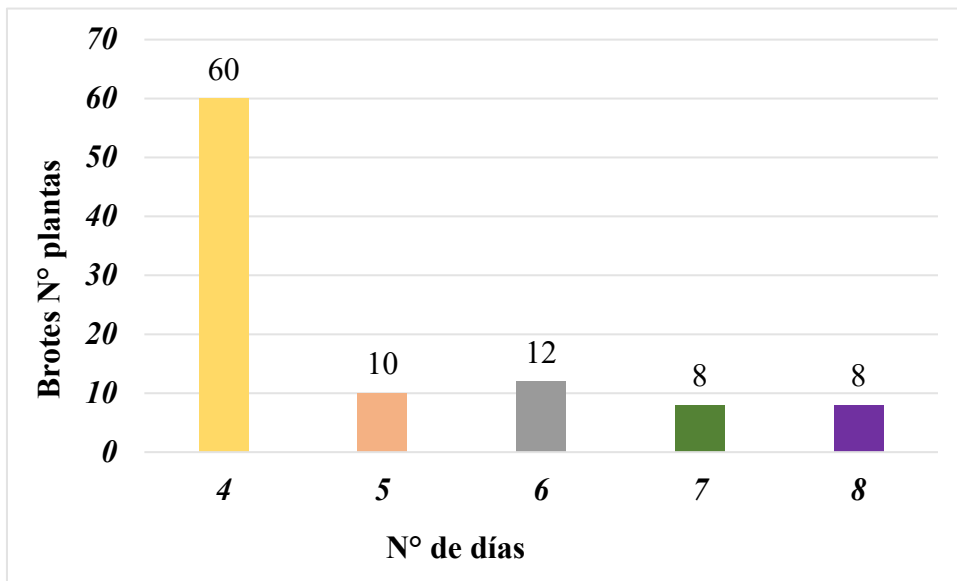
Germinadora primera fase



Nota. Plantas germinadas con dos hojas bandera, Boza (2023)

Figura 13

Prueba de poder germinativo



Nota. En la Figura 7 se observa que índice de Kotowsky en el día sexto presenta el 16% del germinado o brote, con un factor de temperatura promedio de 19 °C. Gráfico prueba el poder germinativo por Chuquicondor (2023) guía práctica hidropónica.

En referencia a la influencia de la temperatura en las etapas de germinación y proceso productivo Del Pino (2021) sostiene:

Las temperaturas óptimas para el crecimiento son de 18 °C, con un rango

entre 7 a 24 °C. La temperatura de base de las raíces es de 7°C, y sufre daños por heladas a los 0 °C, pero al estado de roseta a los -5°C. El crecimiento vegetativo se beneficia por la diferencia entre las temperaturas diurnas y nocturnas (3-12°C). La capacidad de formación de

cabeza es un carácter genético restringido sólo a ciertas variedades (capitana). Si bien las temperaturas óptimas para este

proceso son de 11 y 19°C, existen muchas variedades adaptadas a otros rangos de temperaturas. (Del Pino, 2021)

Tabla 6

Registro de temperaturas mes de setiembre y octubre

Año	FECHA	T° MAX	T° MIN	PROMEDIO	T° base	GDD
2023	1	23.09	15.3	19.195	11.12	8.075
2023	2	23.1	15.56	19.33	11.12	8.21
2023	3	23.08	14.19	18.635	11.12	7.515
2023	4	23.52	14.11	18.815	11.12	7.695
2023	5	24.46	15.22	19.84	11.12	8.72
2023	6	23.4	15.66	19.53	11.12	8.41
2023	7	23.62	14.4	19.01	11.12	7.89
2023	8	23.32	13.71	18.515	11.12	7.395
2023	9	23.99	14.07	19.03	11.12	7.91
2023	10	24.81	14.01	19.41	11.12	8.29
2023	11	24.19	15.33	19.76	11.12	8.64
2023	12	23.07	14.95	19.01	11.12	7.89
2023	13	22.98	14.69	18.835	11.12	7.715
2023	14	23.87	13.81	18.84	11.12	7.72
2023	15	23.24	13.96	18.6	11.12	7.48
2023	16	23.26	14.76	19.01	11.12	7.89
2023	17	22.64	15.89	19.265	11.12	8.145
2023	18	23.78	15.69	19.735	11.12	8.615
2023	19	23.55	14.89	19.22	11.12	8.1
2023	20	23.3	15.13	19.215	11.12	8.095
2023	21	24.34	15.24	19.79	11.12	8.67
2023	22	23.74	14.7	19.22	11.12	8.1
2023	23	24.83	15.46	20.145	11.12	9.025
2023	24	24.08	15.9	19.99	11.12	8.87
2023	25	24.01	16.53	20.27	11.12	9.15
2023	26	23.44	15.45	19.445	11.12	8.325
2023	27	22.48	15.14	18.81	11.12	7.69
2023	28	23.01	15.88	19.445	11.12	8.325
2023	29	21.92	15.94	18.93	11.12	7.81
2023	30	22.87	15.97	19.42	11.12	8.3
2023	1	22.65	15.19	18.92	11.12	7.8
2023	2	21.02	15.96	18.49	11.12	7.37
2023	3	22.18	15.76	18.97	11.12	7.85
2023	4	21.69	14.69	18.19	11.12	7.07
2023	5	22.86	14.76	18.81	11.12	7.69
2023	6	21.9	14.97	18.435	11.12	7.315
Total				690.08	400.32	

Nacencia es cuando una semilla comienza a crecer. Llamamos germinación al proceso mediante el cual un embrión se desarrolla hasta convertirse en una planta en condiciones de humedad adecuadas y con soporte de los sustratos requeridos. Además, el factor temperatura influye de manera significativa en el crecimiento o retraso.

$$IT = \sum_1^{Nacencia} = (Tk - Tb)$$

$$GD = \sum(171.9 - 100.08)$$

$$GD = 71.8$$

$$171.9 = \sum(19 - 11) * \text{día}$$

$$\text{Día} = 71.8 / 8$$

$$\text{Día} = 8.9875$$

Germinación brotes = 9 días

La recolección o cosecha es la etapa donde la planta finaliza su periodo vegetativo, obteniendo sus características fisiológicas en condiciones óptimas para el consumo humano. Denominado madurez fisiológica.

$$IT = \sum_1^{recoleccion} = (Tk - Tb)$$

$$GD = (690.08 - 400.32)$$

$$GD = 289.76 \text{ integral térmica}$$

$$IT = \sum(19 - 11) = 289.76 / 8 = 36 \text{ días.}$$

Recolección

Conclusiones

- Los valores obtenidos son cálculos referenciales y aproximados, porque dependen de la temperatura registrada durante su periodo vegetativo con un termohigrómetro, pero que pueden ayudar a evaluar la producción de la biomasa foliar de la lechuga bajo estas condiciones ambientales.

- El promedio de temperatura diaria es 19°C y la temperatura mínima 11°C, así mismo la temperatura acumulada durante el periodo vegetativo es de 690.08 °C, también se aprecia que la T° mínima acumulada es 400.32°C
- Aplicando el modelo de la integral térmica en la fase de germinación o nacencia, se calculó que el tiempo que demora en germinar la semilla de lechuga es de nueve días bajo las condiciones de temperatura registrada. De acuerdo con la prueba de poder germinativo al 98 % de brotes es a los ocho días, observándose una relación muy buena en los resultados.
- En cuanto al cálculo de recolección desde el trasplante hasta la cosecha en las condiciones ambientales con sus indicadores, se concluye que el tiempo necesario para su madurez fisiológica es 36 días. Siendo 690.08 T° la temperatura acumulada durante su periodo.

Recomendaciones

Para cultivar lechugas hidropónicas, por el sistema NFT, el productor tiene procedimientos básicos importantes que realizar como son: la preparación de almácigo y germinación, considerando la influencia del factor temperatura en su germinación y su producción foliar hasta su cosecha.

En toda actividad hidropónica, se debe implementar un registro de temperatura con un equipo denominado termohigrómetro con el propósito de controlar el factor que influye en la producción de la biomasa foliar, así como el crecimiento-tamaño-forma-apariencia, características organolépticas apropiadas y el tiempo de cosecha.

Referencias

- (s.f.). Alfredo , L. (2017). Producción de Cultivo Hidropónico Lechuga (*Lactuca Sativa L.*) para la Promoción de la Autogestión en la Escuela Básica Bolivariana. *Revista Científica*, 2(4), 204 - 222. http://www.indteca.com/ojs/index.php/Revista_Scientific/article/view/101/98
- Cabezas , R. (s/f). *Hidroponía Manual Práctico. Una guía para aprender de forma rápida.*
- Cajo, A.M. (2016). *Producción hidropónica de tres variedades de lechuga (Lactuca sativa L), bajo el sistema NFT, con tres soluciones nutritivas, [Proyecto de tesis, Universidad Técnica de Ampato]*. e file:///C:/Users/Lenovo/Desktop/libros%20hidroponia/TESIS%20LECHUGA.pdf
- Castaño, G. P. (2018). *Monitoreo de la temperatura superficial de la lechuga en un cultivo urbano empleando el sensor AMG 8833, [Tesis de grado Fundación Universitaria los Libertadores]*. https://repository.libertadores.edu.co/bitstream/handle/11371/4649/Casta%C3%B1o_Gina_2018.pdf?sequence=1
- Chamorro, H., & Velastegui, J. (02 de Enero de 2021). Aplicación de la Integral Térmica como herramienta de control bioclimático y de modelamiento ambiental en el cultivo de tuna (*Opuntia Ficus-indica*). *Conciencia Digital*, 4(1), págs. 106 - 120. file:///C:/Users/Lenovo/Downloads/1537-Texto%20del%20art%C3%ADculo-7433-2-10-20211216%20(3).pdf
- Del Pino, M. (30 de Marzo de 2021). *Guía didáctica: cultivo y manejo de la lechuga*. file:///C:/Users/Lenovo/Downloads/Guia%20apio%20y%20lechuga%202022.pdf
- Dirven, B. B., Pérez, R., Cáceres, R. J., Tito, A. T., Gómez, R. K., & Ticona, A. (2018). *El desarrollo rural establecido en las áreas vulnerables*. Colección Racso.
- Dueñas, A., & Chuquicondor, R. (2012). *Guía Práctica de Campo*. UNFV-FIIS- EPIA.
- Garzón, S. S. (2006). *Evaluación del rendimiento de tres variedades de lechuga bajo el sistema NFT (Nutrient Film Technique) de hidroponía con dos soluciones de nutrientes. [Tesis de grado]*, <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/9706303e-4908-4574-823b-b758dbaa9462/content>
- Gestion. (06 de Octubre de 2021). FAO: siete de cada diez distritos en Perú registran problemas de inseguridad alimentaria. <https://gestion.pe/economia/fao-siete-de-cada-diez-distritos-en-peru-registra-problemas-de-inseguridad-alimentaria-noticia/?ref=gesr>
- Gomero, L., & Velasquez , H. (1999). *Manejo Ecológico de suelos*. RAAA.
- GroHo. (s/f). *Germinación hidropónica*. <https://www.groho.es/post/germinacion-en-hidroponia>
- Guerero, E., Revelo , J., Benavides , O., Chavez , G., & Moncayo , C. (2014). Evaluación de sustratos

- en un cultivo de lechuga bajo un sistema hidropónico en el Municipio de Pasto. *Revista Ciencias Agrícolas*, 31(1), 3 -16. <https://revistas.udenar.edu.co/index.php/rfacia/article/view/1933/2320>
- hydroenv. (2023). *Guía: NFT y su instalación*. www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=102
- Pachon, J. M. (2020). *Producción y comercialización de lechuga hidropónica (Lactuca sativa L.), como una alternativa económica para pequeños productores de Viotá, Cundinamarca*, [tesis de grado, Universidad de la Salle]. https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1180&context=ingenieria_agronomica
- Pertierra, R., & Quipe, J. (2020). Análisis económico de lechugas hidropónicas bajo sistema raíz flotante en clima semiárido. *La granja*, 31(1), 118 - 130. <https://lagranja.ups.edu.ec/index.php/granja/article/view/31.2020.09>
- Poma, W. A. (2020). *Revisión bibliográfica de uso de sistemas hidropónicos en el cultivo de hortalizas [Tesis de grado, Universidad César Vallejo]*. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/54960/Poma_AW%20-%20SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Tovar, G. L. (1986). *El asentamiento y la segregación de los Blancos y Mestizos*. Cengage.
- Universidad Politécnica de Valencia -UPV. (11 de Setiembre de 2011). Pureza y Germinación de un lote de Semillas.[video.]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=JyBBjAcwUn8>

Ingeniería de la economía circular mediante un análisis sistemático desde la ciencia abierta

Circular Economy engineering through a systematic analysis from open science

Recibido: setiembre 24 de 2023 | Revisado: octubre 20 de 2023 | Aceptado: noviembre 15 de 2023

DENISSE MILAGROS PAREDES COTOHUANZA¹
GEORGE ARGOTA PÉREZ²

RESUMEN

El objetivo del estudio fue describir la ingeniería economía circular mediante un análisis sistemático desde la ciencia abierta. El estudio se realizó en octubre de 2023. Mediante la base de datos ScienceDirect se introdujo la ecuación de búsqueda con signos booleanos siguiente: “circular economy model” AND “technological innovation” AND “development”. Se filtraron los años 2021, 2022 y 2023. Los artículos seleccionados correspondieron al tipo de revisión con acceso abierto. El análisis de la información fue con la metodología PRISMA. Se identificaron 32 artículos donde se analizaron finalmente, cuatro que correspondieron dos al 2022 y 2023. La EC con base en la innovación tecnológica considera, una trazabilidad que inicia con un pensamiento de gestión de procesos ecoeficientes mediante el saneamiento y uso de recursos tratados, distribución de uso marcado, consumo y depósito y reciclaje óptimo. Después del 2018 ninguno de los cuatro artículos mostró citas referenciales de coincidencia. Se concluye, que la EC se describe desde una variedad de análisis que permiten el uso eficiente y sostenible de recursos.

Palabras clave: capacidad responsable, diferenciación, economía circular, modelo de competencia, sostenibilidad

ABSTRACT

The objective of the study was to describe circular economic engineering by means of a systematic analysis from open science. The study was conducted in October 2023. Using the ScienceDirect database, the following search equation with Boolean signs was entered: “circular economy model” AND “technological innovation” AND “development”. The years 2021, 2022 and 2023 were filtered. The selected articles corresponded to the type of review with open access. The information was analyzed using the PRISMA methodology. Thirty-two articles were identified and four were finally analyzed, corresponding to 2022 and 2023. The CE based on technological innovation considers, a traceability that starts with a management thinking of eco-efficient processes through sanitation and use of treated resources, distribution of marked use, consumption and optimal deposit and recycling. After 2018 none of the four articles showed matching referential citations. It is concluded, that CE is described from a variety of analyses that enable efficient and sustainable use of resources.

Keywords: circular economy, competition model, differentiation, responsible capacity, sustainability

- 1 Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú
- 2 Centro de Investigaciones Avanzadas y Formación Superior en Educación, Salud y Medio Ambiente “AMTAWI”. Puno, Perú

Autor de correspondencia:
milagros.paredesc@pucp.pe

© Los autores. Este artículo es publicado por la Revista Campus de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de San Martín de Porres. Este artículo se distribuye en los términos de la Licencia Creative Commons Atribución No-Comercial – Compartir-Igual 4.0 Internacional (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), que permite el uso no comercial, distribución y reproducción en cualquier medio siempre que la obra original sea debidamente citada. Para uso comercial contactar a: revistacampus@usmp.pe.

<https://doi.org/10.24265/campus.2023.v28n36.11>

Introducción

La innovación tecnológica constituye el pilar fundamental de la sostenibilidad (Kristoffersen *et al.*, 2020). Un factor viable que impulsa la innovación tecnológica, es el sistema de producción de servicios (González *et al.*, 2019), blockchain, Industria 4.0 (Patil *et al.*, 2023), y la Industria 5.0 (Dwivedi *et al.*, 2023). En este sentido, se considera para la sostenibilidad toda fabricación sustentada en la digitalización, pero no siempre existe la preparación hacia el uso de innovaciones tecnológicas en todos los procesos y la heterogeneidad de servicios (Sassanelli & Terzi, 2022). Para ello, se necesita la adecuación de modelos tecnológicos (Lamperti *et al.*, 2023), que orienten al alcance de capacidades y ampliación de competencias sociales (Chiappetta Jabbour *et al.*, 2020).

Entre los retos de prioridad en la sostenibilidad se encuentra la mitigación de la huella ecológica (Nayak *et al.*, 2019), y cada vez más se espera que sea una tendencia relevante para las próximas décadas. Por tal motivo, los nuevos modelos tecnológicos se basan en la Economía Circular (EC), pues permiten aprovechar las oportunidades durante la transformación de fabricaciones, además de posibilitar una respuesta eficiente ante el cambio climático (Matlin *et al.*, 2020; Papamichael *et al.*, 2023). Existe

la responsabilidad que se comprende que la tecnología representa la vía de solución innovativa dentro de los modelos de la EC (Issaoui *et al.*, 2022).

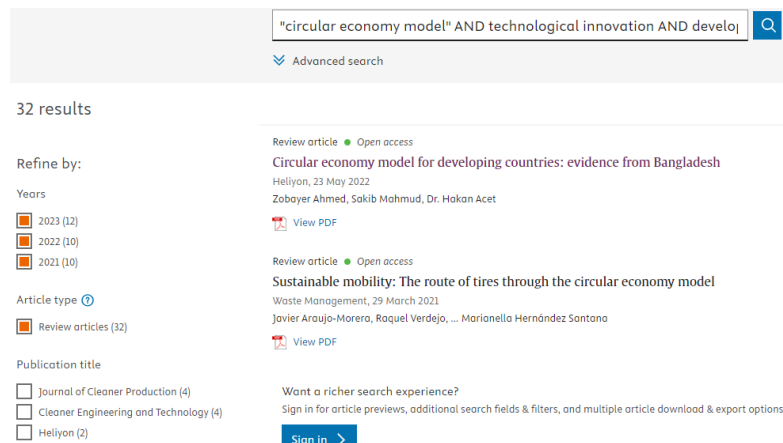
La Economía Circular se basa en indicadores socioeconómicos y ambientales orientados a la tendencia de la sostenibilidad (Alhawari *et al.*, 2021). Se procura que los sistemas, no solo incorporan flujos circulares limitados (Pieroni *et al.*, 2019; Alarcón *et al.*, 2020), sino que se extienda el reconocimiento económico desde una base social (Hutchins *et al.*, 2019, Padilla *et al.*, 2021). El diseño de procesos, productos y/o servicios parece ser fundamental en la sostenibilidad y lo esencial en la EC refiere a la innovación (Rauter *et al.*, 2019). El objetivo del estudio fue describir la economía circular mediante un análisis sistemático desde la ciencia abierta.

Método

El estudio se realizó en octubre de 2023. Mediante la base de datos ScienceDirect se introdujo la ecuación de búsqueda con signos booleanos siguiente: “circular economy model” AND “technological innovation” AND “development”. Se filtraron los años 2021, 2022 y 2023. Los artículos seleccionados correspondieron al tipo de revisión con acceso abierto (Figura 1). El análisis de la información fue con la metodología PRISMA (Pagea *et al.*, 2021).

Figura 1

Selección de los artículos de revisión en la base de datos ScienceDirect



Luego de la selección de los artículos de revisión, entonces se generó un mapa semilla para su análisis.

Aspectos éticos: el parafraseo de la información científica fue adecuado donde se cumplió con los derechos de autoría. El análisis para la selección y lectura de los artículos de revisión se ajusta al cumplimiento de crítico

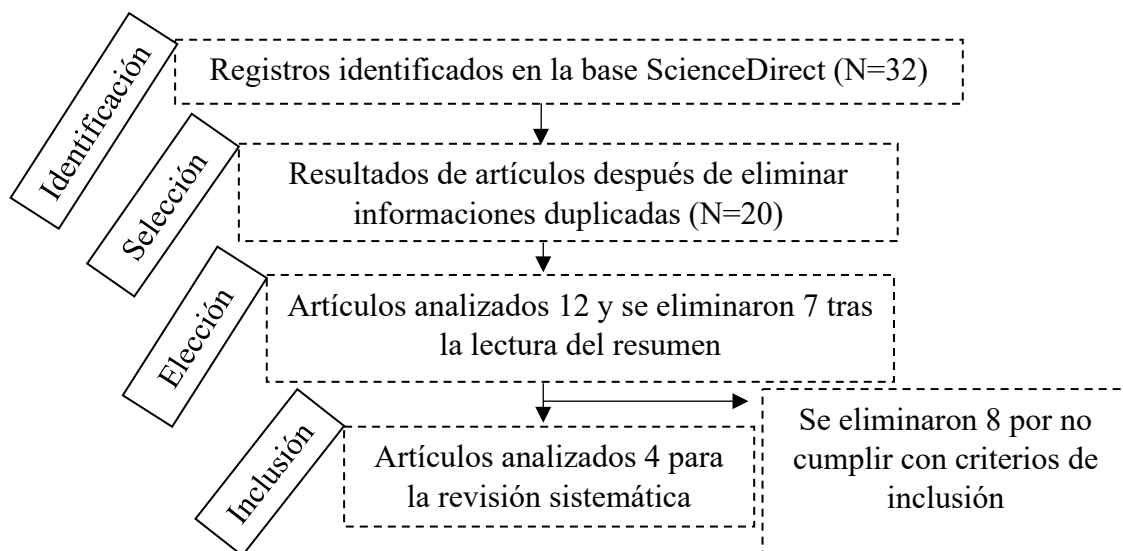
sobre la verificación de los criterios metodológicos.

RESULTADOS

Se identificaron 32 artículos donde eliminaron 20 después de existir informaciones duplicadas. Posteriormente, otros siete se eliminaron tras la lectura del resumen donde quedaron para su análisis solo cuatro artículos de revisión (Figura 2).

Figura 2

Metodología PRISMA para la revisión sistemática



Los artículos de revisión que se incluyeron para su análisis se identifican

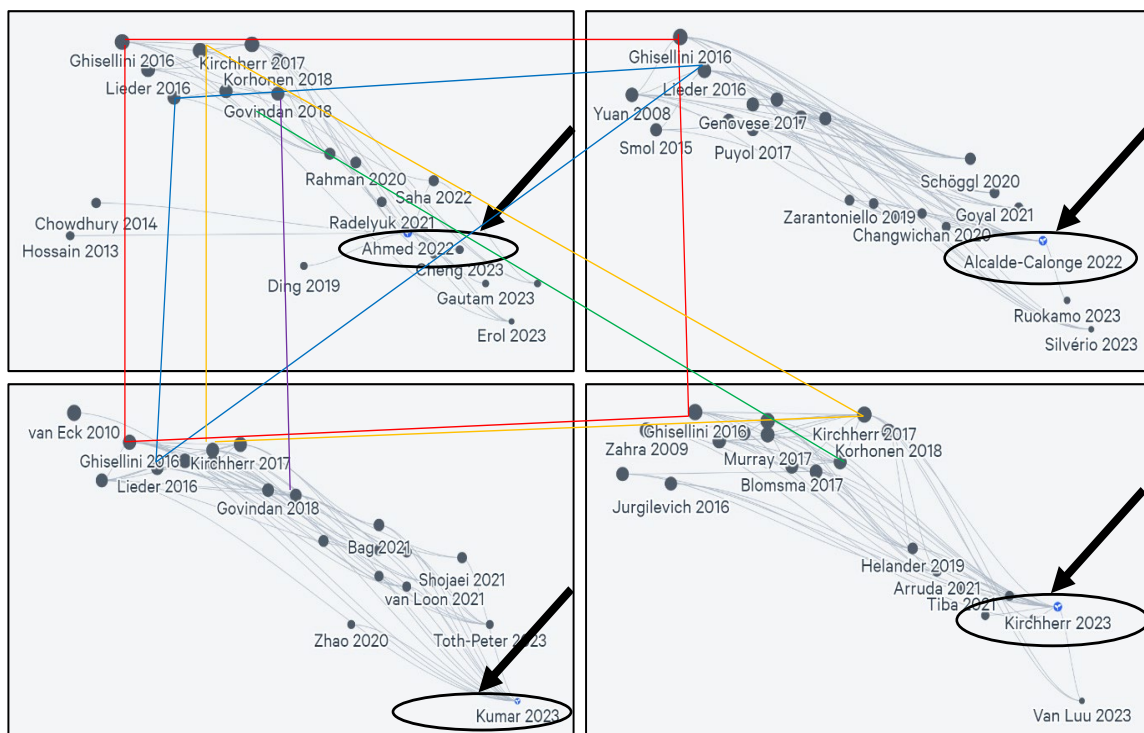
en la Tabla 1. Dos correspondieron al 2022 y otros dos en el 2023.

Tabla 1*Inclusión de artículos de revisión*

TÍTULO	AÑO	AUTOR(ES)
Circular economy model for developing countries: evidence from Bangladesh. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09530	2022	Zobayer <i>et al.</i>
Evolution of research on circular economy and related trends and topics. A thirteen-year review. https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2022.101716	2022	Alcalde <i>et al.</i>
A review of literature on the integration of green energy and circular economy. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e21091	2023	Sarvesh <i>et al.</i>
Conceptualizing the circular economy (revisited): An analysis of 221 definitions. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2023.107001	2023	Kirchherr <i>et al.</i>

Un aspecto común en la lectura de los artículos es que refieren a la EC como una herramienta para el desarrollo sostenible

donde la similitud de cita solo fue hasta el 2018 (Figura 3).

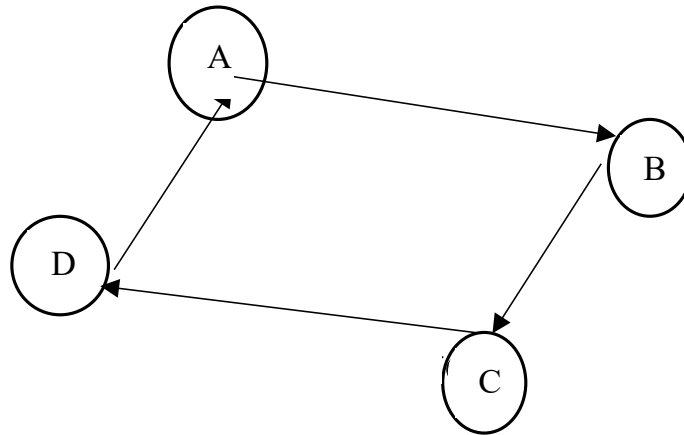
Figura 3*Conexión de informaciones científica con el artículo de revisión como semilla*

A partir, de la interpretación de la información científica puede mostrarse una propuesta de la EC con base en la innovación tecnológica donde se considera, una trazabilidad que se inicia

con un pensamiento de gestión de procesos ecoeficientes mediante el saneamiento y uso de recursos tratados: A, distribución de uso marcado: B, consumo y depósito: C, reciclaje óptimo: D (Figura 4).

Figura 4

Modelo tecnológico de la economía circular



Discusión

En este estudio se observó, que después del 2018 ninguno de los cuatro artículos mostró citas referenciales de coincidencia. Esta descripción de podría indicar, la diversificación conceptual sobre la Economía Circular. Por tanto, la probabilidad que existan múltiples modelos con base en la innovación tecnológica para el desarrollo y la visibilidad sostenible es elevada. El modelo tecnológico de la EC describe una práctica que justifica los objetivos de desarrollo del milenio: saneamiento, energía limpia, productividad y consumo razonable y soberanía de vida en el planeta (Schroeder *et al.*, 2019). Por tanto, la visibilidad social se ofrece desde la competencia de los servicios (Biswas *et al.*, 2019). Asimismo, el modelo tecnológico hace conocer, la implementación de prácticas limpias durante todo el proceso (Dulia *et al.*, 2021).

Una razón que justifica la sostenibilidad sobre la EC para la mayoría de los países en vía de desarrollo estaría en la aplicación de tecnologías sofisticadas y rentables,

pues ello implicaría que la facilitación transformable durante la gestión de residuos (Serrano *et al.*, 2021). La barrera tecnológica imposibilita que la EC sea sostenible (Ding *et al.*, 2019). A pesar, de cualquier esfuerzo hacia la EC mediante la innovación tecnológica, igualmente es necesarios un enfoque colaborativo e inclusión entre las partes sociales (Gunarathne *et al.*, 2019; Radelyuk *et al.*, 2021).

Conclusiones

LA EC se describe desde una variedad de análisis que permiten el uso eficiente y sostenible de recursos. Se reconoce, que cualquier propuesta de modelo tiene su base en la innovación tecnológica donde existe un ciclo de procesos que muestran lo sostenible para cualquier gestión. A pesar, que la literatura científica refiere diversas comunicaciones y formas de entender la EC siendo justificada desde la falta de coincidencia en los hallazgos después del año 2018. No obstante, puede interpretarse que la EC como perspectiva de desarrollo contribuye a la sostenibilidad.

Referencias

- Alarcón, F., Cortés, P.P., Pérez, P.D., & Sanchis, R. (2020). Sustainability vs. circular economy from a disposition decision perspective: A proposal of a methodology and an applied example in SMEs. *Sustainability*; 12, 1-26. <https://doi.org/10.3390/su122310109>
- Alcalde, C.A., Sáez, M.F.J., & Ruiz, P.P. (2022). Evolution of research on circular economy and related trends and topics. A thirteen-year review. *Ecological Informatics*; 70, 101716. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2022.101716>
- Alhawari, O., Awan, U., Bhutta, K.S.B, & Ülkü, M.A. (2021). Insights from circular economy literature: A review of extant definitions and unravelling paths to future research. *Sustainability*; 13(2), 859. <https://doi.org/10.3390/su13020859>
- Biswas, R.K., Kabir, E., & Khan, H.T. (2019). Causes of urban migration in Bangladesh: evidence from the urban health survey. *Journal Population Research and Policy Review*; 38(4), 593-614. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11113-019-09532-3>
- Chiappetta, J., Charbel, J., Fiorini, P.C., Ndubisi, N.O., Queiroz, M.M., & Piato, E.L. (2020). Digitally-enabled sustainable supply chains in the 21st century: A review and a research agenda. *Science of The Total Environment*, 725, 138177. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138177>
- Ding, X., Zhou, C., Zhong, W., & Tang, P. (2019). Addressing uncertainty of environmental governance in environmentally sensitive areas in developing countries: a precisestrike and spatial-targeting adaptive governance framework. *Sustainability*; 11(16), 4510. <https://doi.org/10.3390/su11164510>
- Dulia, E.F., Ali, S.M., Garshasbi, M., & Kabir, G. (2021). Admitting risks towards circular economy practices and strategies: an empirical test from supply chain perspective. *Journal Cleaner Production*; 317, 128420. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128420>
- Dwivedi, A., Agrawal, D.A., Jha, A., & Mathiyazhagan, K. (2023). Studying the interactions among Industry 5.0 and circular supply chain: Towards attaining sustainable development. *Computers & Industrial Engineering*; 176, 108927. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108927>
- González, C.C.A., Romero, D., Rossi, M., Luglietti, R., & Johansson, B. (2019). Circular lean product-service systems design: A literature review, framework proposal and case studies. *Procedia CIRP*, 83, 419-424. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.03.109>
- Gunarathne, A.D.N., Tennakoon, T.P.Y.C., & Weragoda, J.R. (2019). Challenges and opportunities for the recycling industry in developing countries: the case of Sri Lanka. *Journal of Material Cycles and Waste*

- Management*; 21(1), 181-190. <http://dx.doi.org/10.1007/s10163-018-0782-x>
- Hutchins, M.J., Richter, J.S., Henry, M.L., & Sutherland, J.W. (2019). Development of indicators for the social dimension of sustainability in a U.S. business context. *Journal of Cleaner Production*; 212, 687-697. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.199>
- Issaoui, M., Jellali, S., Zorpas, A.A., & Dutournie, P. (2022). Membrane technology for sustainable water resources management: Challenges and future projections. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 25, 100590. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2021.100590>
- Kirchherr, J., Nadja, Y.N.H., Schulze, S.F., Heerink, M.J., & Hartley, K. (2023). Conceptualizing the circular economy (revisited): An analysis of 221 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*; 194, 107001. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2023.107001>
- Korhonen, J., Honkasalo, A., & Seppälä, J. (2018). Circular economy: The concept and its limitations. *ecological economics*; 143, 37-46. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.06.041>
- Kristoffersen, E., Blomsma, F., Mikalef, P., & Li, J. (2020). The smart circular economy: A digital-enabled circular strategies framework for manufacturing companies. *Journal of Business Research*, 120, 241-261. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.07.044>
- Lamperti, S., Cavallo, A., & Sassanelli, C. (2023). Digital servitization and business model innovation in SMEs: A model to escape from market disruption. *IEEE Transactions on Engineering Management*; 99, 1-15. <http://dx.doi.org/10.1109/TEM.2022.3233132>
- Matlin, S.A., Mehta, G., Hopf, H., Krief, A., Keßler, L., & Kümmerer, K. (2020). Material circularity and the role of the chemical sciences as a key enabler of a sustainable post-trash age. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 17, 100312. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2020.100312>
- Nayak, R., Akbari, M., & Maleki, F.M. (2019). Recent sustainable trends in Vietnam's fashion supply chain. *Journal of Cleaner Production*; 25, 291-303. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.239>
- Padilla, R.A., do Carmo, B.B.T., Arcese, G., & Merveille, N. (2021). Social circular economy indicators: Selection through fuzzy delphi method. *Sustainable Production and Consumption*; 26, 101-110. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.09.015>
- Pagea, M.J., McKenzie, J.E., Bossuyt, P.M., Boutron, I., Hoffmann, T.C., Mulrow, C.D., Shamseer, L., Tetzlaff, J.M., Akh, E.A., *et al.* (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *Revista Española de Cardiología*; 74(9), 790-799. <https://doi.org/10.1016/j.recesp.2021.06.016>

- Papamichael, I., Voukkali, I., Loizia, P., Pappas, G., & Zorpas, A.A. (2023). Existing tools used in the framework of environmental performance. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*; 32, 101026. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2023.101026>
- Patil, A., Dwivedi, A., & Moktadir, A. (2023). Big data-Industry 4.0 readiness factors for sustainable supply chain management: Towards circularity. *Computers & Industrial Engineering*; 178, 109109. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2023.109109>
- Pieroni, M.P.; McAloone, T., & Pigosso, D.A.C. (2019). Business model innovation for circular economy and sustainability: A review of approaches. *Journal of Cleaner Production*; 215, 198-216. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.036>
- Radelyuk, I., Tussupova, K., Klemes, J.J., & Persson, K.M. (2021). Oil refinery and water pollution in the context of sustainable development: developing and developed countries. *Journal Cleaning Production*; 302, 126987. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126987>
- Rauter, R., Globocnik, D., Vorbach, E.P., & Baumgartner, R.J. (2018). Open innovation and its effects on economic and sustainability innovation performance. *Journal of Innovation & Knowledge*; 4, 226-233. <https://doi.org/10.1016/j.jik.2018.03.004>
- Sarvesh, K., Arvind, D., & Deepak, R. (2023). A review of literature on the integration of green energy and circular economy. *Helion*; 9(11), 21091. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e21091>
- Sassanelli, C., & Terzi, S. (2022). The D-BEST reference model: A flexible and sustainable support for the digital transformation of small and medium enterprises. *Global Journal of Flexible Systems Management*; 23(2), 1-26. <http://dx.doi.org/10.1007/s40171-022-00307-y>
- Schroeder, P., Anggraeni, K., & Weber, U. (2019). The relevance of circular economy practices to the sustainable development goals. *Journal Industrial Ecological*; 23(1), 77-95. <https://doi.org/10.1111/jieec.12732>
- Serrano, T., Aparcana, S., Bakhtiari, F., & Laurent, A. (2021). Contribution of circular economy strategies to climate change mitigation: generic assessment methodology with focus on developing countries. *Journal of Industrial Ecology*; 25(6), 1382-1397. <https://doi.org/10.1111/jieec.13178>
- Zobayer, A., Sakib, M., & Hakan, A. (2022). Circular economy model for developing countries: evidence from Bangladesh. *Helion*; 8(5), 09530. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09530>

CAMPUS

Indexaciones



Repositorios Institucionales



Plataforma



Redes Sociales



Control de accesos en seguridad de la información: Una revisión sistemática de las técnicas actuales	163	Prototipo de vagina artificial de conejo mediante la innovación 3D en la producción de carne	243
JEAN PACHECO JOSUE CHAVEZ ALBERTO MENDOZA DE LOS SANTOS		BETSY JAZMÍN CARHUACHIN MARCELO ANA MARÍA DELGADILLO MOSQUERA MANUEL TIMANA SANDOVAL MARILYN AURORA BUENDÍA MOLINA ALFONSO VIGO QUIÑONES ERICKSON ÁLVARO RUIZ FIGUEROA	
Patrimonio inteligente y sistemas de información.....	177	Algoritmos del cifrado para protección de datos biométricos.....	259
NORMA LEÓN LESCANO EIRIKU YARNAO TERESA ATENCIO ROBLES LORELEY SALAMONE CALDERÓN		MARVIN CHAVEZ-FERREL ALBERTO MENDOZA-DE LOS SANTOS	
Evaluación de la efectividad de sistemas de extracción de humos en soldadura por arco	193	Transformación biodegradable mediante tratamiento ambiental con minerales en la laguna de la Huacachina, Ica-Perú: Estudio piloto ...	271
FRANCISCO JAVIER ROJAS ALEJANDRO AUGUSTO FELIPE ZINGG ROSSEL ISAAK RAFAEL VÁSQUEZ ROMERO MARILYN AURORA BUENDÍA MOLINA		GEORGE ARGOTA PÉREZ	
Boucherie modificado: Una alternativa para preservar bambú en la amazonía ecuatoriana.....	203	Evaluación de la integral térmica como factor ambiental para el cultivo de lechugas hidropónicas en el sistema de raíz flotante en la localidad de Lima.....	279
ANDREA SALOMÉ JARAMILLO BENAVIDES JORGE BATRES FREDDY LLULLUNA		RAFAEL CHUQUICONDOR VILLAFUERTE DONATO POMAR HUAMALIANO VIOLETA LEONOR ROMERO CARRION JULIÁN CCASANI ALLENDE OSIAS POMAR HUAMALIANO LEONARDO DANTE ACUÑA DELGADO	
Análisis Judd-Ofelt del sistema vítreo Teo ₂ -Zno dopados con Re ³⁺ (Re=Yb, Tm, Er).....	219	Ingeniería de la economía circular mediante un análisis sistemático desde la ciencia abierta	297
J. CHACALIAZA - RICALDI G. LOZANO C. J.L. CLABEL H. C.V. LANDAURO V.A.G. RIVERA E. MAREGA JR.		DENISSE MILAGROS PAREDES COTOHUANZA GEORGE ARGOTA PÉREZ	
Análisis de sentimiento de los mensajes de Twitter respecto a la empresa KFC del primer trimestre en Hispanoamérica 2022	229		
RUSO ALEXANDER MORALES GONZALES JOSÉ ANTONIO GUZMÁN VALDIVIA JOSÉ ALFREDO HERRERA QUISPE			

