



Revista Tecnocientífica URU

No. 24 Enero - Junio 2023
ISSN: 2343 - 6360 / Depósito legal: ppi 201402ZU4464
Maracaibo - Venezuela



Avenida 2 “El Milagro”, entrada autónoma de la Universidad Rafael Urdaneta, luego de la Biblioteca del Estado. Maracaibo, Venezuela. Teléf. (58) (261) - 2000887, Fax (58)(261) 2000868.

Web: <https://uru.edu>



Revista Tecnocientífica URU

ISSN: 2343 - 6360 / Depósito legal: ppi 201402ZU4464

Web Tecnocientífica URU: <https://revistas.fondoeditorial.uru.edu/index.php/tecnocientificauru/index>

Web de Revista Arbitradas URU: <https://revistas.fondoeditorial.uru.edu/>

Teléfono: (58) (261) - 2000892.

Correo electrónico: tecnocientifica@uru.edu revistatecnocientificauru@gmail.com

2023 © Los Autores

De esta edición: Universidad Rafael Urdaneta, Fondo Editorial.

Diseño y Maquetación: Mibsay Contreras

Diseño de Portada: Yanin Dávila



Todos los contenidos de esta revista están bajo una licencia CC BY-SA 4.0. Puedes compartir, adaptar y distribuir nuestros artículos, siempre y cuando cites a los autores y a la Revista Tecnocientífica URU. Descubre más sobre esta licencia aquí: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.es>

Revista Tecnocientífica URU

ISSN: 2343 - 6360 / Depósito legal: ppi 201402ZU4464

Comité Editorial

Profesor Jubert Pérez
Profesor Sergio de Pool
Profesores Edixon Gutiérrez
Profesora Jhanna Brieva

Profesora Arelis Arrieta
Profesora Russet Riquelme
Profesor Alfredo Villalobos
Profesora Jenny Márquez

Profesor Cezar García
Editor – Jefe (E)

Comité de Asesores

MSc. Oscar Urdaneta (Venezuela)
Dr. Shyam Kalla (India)
Dr. Cezar García (Venezuela)
Dr. José Sarabia (Venezuela)
Dr. José Rincón (Venezuela)
MSc. Zulay Mármol (Venezuela)
Dra. Cateryna Aiello (Venezuela)
Dra. Elba Michelena (Panamá)
Dr. Rafael Aracil (España)
MSc. Salvador Conde (Venezuela)
Dr. Ever Morales (Ecuador)
Dra. Nola Fernández (Venezuela)
Dr. Helí Lugo (Venezuela)
Dr. Ras Patnaik (Estados Unidos)
Dr. Gerardo Aldana (Venezuela)
Dra. Susana Salinas (Estados Unidos)
MSc. Lenin Herrera (Venezuela)
Dra. Laugeny Díaz (Venezuela)

Dra. Anali Machado (Canadá)
MSc. Ramón Cadenas (Venezuela)
Dr. Maulio Rodríguez (Venezuela)
Dr. Katsuyuki Nishimoto (Japón)
Mgs. Waldo urribarri (Chile)
Dra. Yaxcelys Caldera (Venezuela)
Dra. Oladis de Rincón (Venezuela)
Dr. Nelson Márquez (Venezuela)
Dr. Ramón Cova (Canadá)
Dr. Mourad E.H. Ismail (Estados Unidos)
Dra. Marinela Colina (Venezuela)
Dr. Freddy Isambert (Venezuela)
Dr. Miguel Sánchez (Venezuela)
Dr. Jorge Barrientos (Venezuela)
Dr. Ernesto Cornieles (Venezuela)
MSc. Augusto Galo (Venezuela)
MSc. Nerio Villalobos (Venezuela)

Comité de Técnico

Esp. *Hosglas Sanchez*, Coordinadora Editorial
Lcda. *Liliana Gonzalez*, Asistente Editorial

Br. *Lexibeth Díaz*, Auxiliar
Br. *Brian Escamilla*, Auxiliar

Revista Tecnocientífica URU es un instrumento de divulgación científica adscrito a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Rafael Urdaneta, Maracaibo, Venezuela. Es una revista arbitrada con periodicidad semestral, contentiva de artículos científicos originales no publicados en las áreas de Ingeniería y Arquitectura y otras disciplinas directamente relacionadas con éstas, de autoría individual o colectiva, que cumplan con las normas de publicación.

Universidad Rafael Urdaneta

M. A. en Des. Econ. Alfredo León, Rector
MgS. Ramón Rincón, Vicerrector Académico
MgS. Oscar Urdaneta, Secretario

Ing. Cezar García
Decano de la Facultad de Ingeniería

Ing. Rómulo Rincón
Decano de la Facultad de Ciencias Agropecuarias

Ing. Gilberto Araujo
Director de la Escuela de Ingeniería de Computación
Director de la Escuela de Ingeniería de
Telecomunicaciones

Ing. Carlos Espinoza
Director de la Escuela de Ingeniería Civil

Ing. Gereli Gutierrez
Directora de la Escuela de Ingeniería Eléctrica

Ing. Ángel González
Director de la Escuela de Ingeniería Química

Ing. Fernando Inciarte
Director de la Escuela de Ingeniería Industrial

Arq. María Medina
Directora de la Escuela de Arquitectura

Contenido

Nota Editorial

Tecnología vs Cambio Climático
César García

9

Artículos

Análisis de redes móviles para implementación de 5G en la ciudad de Maracaibo

Analysis of mobile networks for 5G implementation in Maracaibo city

Abraham D. Velásquez Gutierrez, Miguel A. Pérez Quintero y Gilberto J. Araujo Fernández

11

Plan de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad para los puentes grúa de la empresa TurboPre Services C.A.

Preventive maintenance plan based on reliability for the overhead cranes of the company

TurboPreServices C.A.

Mariana de la Chiquinquirá Tallaferro Fernández, Alejandra Noemi Valbuena González, Fernando

Ignacio Inciarte González y Andrés Antonio Sánchez Semprún

24

Producción artesanal de ácido cítrico y vitamina C (ácido ascórbico) a partir del cajuil (*Anacardium occidentale L.*) y el mango (*Mangifera indica*)

*Artisanal production of citric acid and vitamin C (Ascorbic acid) from cashew (*Anacardium occidentale L.*) and mango (*Mangifera indica*).*

María Lucía Pérez Morales, Francisco Javier Velázquez Villasmil, Arelis Josefina Arrieta y José Ramón Ferrer González.

41

Análisis de la calidad fisicoquímica y microbiológica de muestras de queso doble crema.

Analysis of the physicochemical and microbiological quality of double cream cheese samples.

Paula Beatriz Malaver Briceño y Rómulo Alberto Rincón Abreu.

52

Normas para autores

62

Tecnología vs Cambio Climático

(Nota Editorial)

El desarrollo tecnológico climático ha impulsado a la humanidad a mejores condiciones de vida. Al comparar globalmente al promedio de vida del siglo XVIII de 50 años con la expectativa de vida para el presente siglo XXI en 80 años, atribuible a los avances de la industria farmacéutica, síntesis de vacunas, prácticas medicinales más científicas y servicios públicos controlados por las ingenierías civil y militar.

Con la aparición del carbón y el invento de las máquinas de vapor en Inglaterra, se gestaron las movilizaciones con barcos y trenes. A partir de los años 1900, Henry Ford inicia la producción masiva de vehículos automotores impulsados con gasolina; lo cual marcó el inicio de la industria automotriz en el mundo y, con ello, se fraguaron los efectos nocivos que se acumularían en la atmósfera y la superficie terrestre para las subsiguientes poblaciones. La masiva exploración y explotación de petróleo a nivel mundial, con nuevos procesos de refinación, hizo posible la disponibilidad de combustibles para el transporte terrestre, fluvial y aéreo, facilitándole a la sociedad el acceso a lugares de trabajo, estudio, y en general, el traslado a otros sitios, lugares y países, que hace 100 años tardaría días y meses.

El concepto de Tecnología Climática hace referencia al diseño de tecnologías que generen reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, que disminuyan el impacto del cambio climático.

Existen políticas y decisiones gubernamentales que podrían mitigar los impactos ambientales significativos en muchos países y regiones del mundo, de problemas comunes como la deforestación, la biodegradación de suelos por no aplicar cultivos adecuados y la contaminación de cuerpos de agua. Se estima que el bosque tropical del mundo, la Amazonia, ha perdido el 13% de la cobertura vegetal original, por deforestación no controlada por los gobiernos de los diferentes países.

La era digital, principalmente vinculada a las Ciencias de la Computación, Informática, Electrónica, Telecomunicaciones y otras relacionadas, proporciona cada año, mayores cantidades de residuos electrónicos, por la rápida obsolescencia de la tecnología y la oferta constante de nuevos productos. Resulta mandatorio desarrollar procesos y tecnologías para la reutilización de dispositivos electrónicos, entre otros.

El consumo electrónico de los países más industrializados del mundo, aumenta año tras año, en China, Estados Unidos, Rusia, Brasil, España y Alemania, entre otros. Es necesario, reorientar los procesos de diseño de equipos y maquinarias hacia la Tecnología Climática. Alemania promueve la producción de equipos para acelerar la transición verde, como baterías, paneles solares, turbinas eólicas, bombas de calor, y tecnologías para la captura y almacenamiento del dióxido de carbono.

Debemos alinearnos con procesos de enseñanza basados en Tecnología Climática y alcances de protección de los cuerpos de agua y ambientes naturales.

Prof. César García
Decano de la Facultad de Ingeniería-URU

Análisis de redes móviles para implementación de 5G en la ciudad de Maracaibo

Analysis of mobile networks for 5G implementation in Maracaibo city

Abraham Daniel Velásquez Gutiérrez

Universidad Rafael Urdaneta, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería de Telecomunicaciones. Maracaibo, Venezuela.

 <https://orcid.org/0009-0003-6066-8870> | Correo electrónico: abrahdv@gmail.com

Miguel Andrés Pérez Quintero

Universidad Rafael Urdaneta, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería de Telecomunicaciones. Maracaibo, Venezuela.

 <https://orcid.org/0009-0004-8784-7075/> | Correo electrónico: maperez170702@gmail.com

Gilberto José Araujo Fernández

Universidad Rafael Urdaneta. Maracaibo, Venezuela.

 <https://orcid.org/0009-0008-5586-4945> | Correo electrónico: gilberto.araujo@uru.edu

Admitido: 18/04/2023

Aceptado: 02/05/2023

Resumen

Esta investigación tuvo como objetivo analizar la infraestructura de la red móvil en Maracaibo para la adopción de la tecnología 5G. Se evaluó la red 4G actual y se comparó con los estándares teóricos de 5G, buscando validar su interoperabilidad y satisfacer requisitos de operadores nacionales. Se propuso la instalación de un nodo 5G en la Vereda del Lago. Se empleó un tipo de investigación descriptivo y proyectivo con métodos de recolección de datos como entrevistas y observación directa e indirecta. Los resultados indicaron que 5G ofrece mayor velocidad, pero con un 52,2% de decaimiento en el alcance en comparación con 4G. Se confirmaron acuerdos para despliegue de fibra y se validó la interoperabilidad entre ambas tecnologías. Se sugiere investigar la viabilidad económica del proyecto antes de implementarlo. En conclusión, un despliegue híbrido 4G-5G es factible en la ciudad de Maracaibo si resulta económicamente viable.

Palabras clave: 5G, 4G, Redes, Comunicaciones, Infraestructura.

Abstract

This research was as objective to analyze the mobile network infrastructure in Maracaibo for the adoption of 5G technology. The current 4G network was evaluated and compared with theoretical 5G standards, seeking to validate its interoperability and satisfy the requirements of national the operators. The installation of a 5G node in Vereda del Lago was proposed. A descriptive and projective type of research was used, with data collection methods such as interviews and direct and indirect observations. The results indicated that 5G offers greater speed but with a 52.2% decline in scope compared to 4G. Agreements for fiber deployment were confirmed, and interoperability between both technologies was validated. It is suggested to investigate the economic viability of the project before implementing it. In conclusion, a hybrid 4G-5G deployment is feasible in the city of Maracaibo if it is economically viable.

Keywords: 5G, 4G, Networks, Communications, Infrastructure.

Introducción

Según Rommer [1], “La red 5G es una tecnología de red móvil que utiliza nuevas técnicas de modulación y multiplexación de señales, así como nuevas bandas de frecuencia, para lograr una mayor velocidad de datos y una menor latencia”. Además, la tecnología 5G también permite la conexión de una mayor cantidad de

dispositivos, lo que la hace adecuada para aplicaciones del Internet de las cosas (IoT). Por su parte, para Holma y Toskala [2], “La red 5G es una tecnología de red móvil que se basa en técnicas de modulación y multiplexación avanzadas para aumentar la capacidad de la red y la velocidad de datos”. Por otro lado, la tecnología 5G también puede utilizar la virtualización de funciones de red y la computación en la nube para proporcionar una mayor flexibilidad y eficiencia en la gestión de la red.

Dávila y García [3], en su trabajo titulado “Evaluación de los parámetros a nivel de transmisión para la implementación de una red 5G en la ciudad de Maracaibo”, obtuvieron, en ese momento de una gran crisis económica del país, que la implementación de la red 5G no sería factible debido a que la capa de usuarios no funcionaría correctamente por falta de densidad de usuarios en las celdas. Sin embargo, a nivel mundial, la tecnología celular ha tenido un incremento considerable en los últimos años debido a la implementación de 5G en distintos países. Esto ha despertado el interés en varios países alrededor del mundo por desarrollar en sus territorios redes 5G que ayuden a mejorar las capacidades de las redes móviles existentes. Venezuela no está exenta de ese interés, dado que actualmente se están haciendo pruebas en distintas zonas del país con el objetivo de desarrollar nodos 5G en aquellas zonas donde resulta factible económicamente.

Por consiguiente, el incremento de la demanda de mayores velocidades de 5G viene como consecuencia del incremento de la demanda de conexión a internet, la cual se ha hecho tan vigente en nuestras vidas que siempre damos el internet por sentado. En el contexto de Venezuela, la demanda por conexión a internet ha aumentado, pero esta no ha ido acorde con la oferta de velocidades que actualmente se manejan en el país. Por lo tanto, resulta importante encontrar una solución para esto, y una de las que se propone es la tecnología 5G.

En vista de una futura implementación de 5G, se necesita realizar un análisis de la infraestructura de las redes móviles en Maracaibo, en donde se diagnostique el estado actual de la red móvil 4G para luego comparar los parámetros de la red 5G provistos por la documentación teórica disponible. Asimismo, resulta importante evaluar la interoperabilidad de la red 4G con 5G de manera tal que se pueda realizar un despliegue híbrido en un futuro. Es importante, además, verificar la existencia de los acuerdos entre operadoras con el propósito de sustentar la red 5G y contar con su apoyo al momento de plantear la misma.

Para llevar a cabo este análisis, se emplearon diversos métodos de investigación, como la revisión bibliográfica de fuentes especializadas, la recopilación y análisis de datos estadísticos, la realización de entrevistas a expertos del sector y la aplicación de pruebas técnicas en diferentes zonas de la ciudad. Los resultados de este análisis pueden ser de gran utilidad para los proveedores de servicios de telecomunicaciones, así como para las autoridades encargadas de la regulación de este sector en el país.

Por lo anterior, en este trabajo se planteó como objetivo analizar las redes móviles para su implementación 5G en la ciudad de Maracaibo.

Materiales y Métodos

La presente investigación fue de tipo descriptivo [5], donde se caracterizaron las propiedades de las redes 4G y 5G. Además, fue de tipo proyectivo [6], dado que se propuso un plan para la implementación de la red 5G en la ciudad de Maracaibo. El diseño fue no experimental, documental y de campo [7], debido a que no hubo manipulación de variables. Por un lado, se consultaron fuentes secundarias de información sobre el tema, y por otro, los datos se recolectaron directamente de la realidad. A continuación, se procede a describir los procedimientos y etapas que se llevaron a cabo para realizar la investigación:

Fase 1. Diagnóstico del estado de la red móvil 4G de una operadora típica en la ciudad de Maracaibo considerando aspectos técnicos de la red

Mediante la técnica de la entrevista [6] realizada a tres ingenieros especialistas en redes móviles, que son empleados de una operadora nacional típica, se lograron definir los siguientes parámetros en cuanto transmisión para la red móvil actual 4G: Área de cobertura, sensibilidad del receptor, ancho de banda, velocidad de transmisión, modulación, latencia, topología de red, calidad del servicio y bandas de frecuencia.

Fase 2. Comparación de los parámetros de transmisión de datos de la red 4G de una operadora típica en la ciudad de Maracaibo con los parámetros ofrecidos por la tecnología 5G

Se realizó un análisis de los trabajos escritos por Al-Dulaimi *et al.*, [8] sobre “Redes 5G: Requisitos Fundamentales, Tecnologías Habilitadoras y Gestión de Operaciones” y por Stallings [9] sobre “5G Wireless: A Comprehensive Introduction”, para comparar los parámetros operativos de la red 4G con los de la tecnología 5G, y posteriormente, validar la interoperabilidad entre ellos.

Fase 3. Validación de la interoperabilidad de los equipos 4G con 5G

En esta fase se siguieron las pautas recomendadas en el estándar 3GPP TS 37.340 [10], el cual define un despliegue de red híbrido de 4G y 5G (EN-DC), en el que ambas tecnologías funcionan simultáneamente y describe los protocolos de red que permiten dicha interoperabilidad.

Fase 4. Verificación de los requerimientos de las operadoras nacionales para apoyarse en operadoras locales al implementar la red 5G

Para realizar la verificación de los requerimientos de las operadoras nacionales, también se empleó la técnica de la entrevista [6] aplicada a los mismos ingenieros especialistas, mencionados en la Fase 1 para obtener la información acerca de los acuerdos existentes entre las empresas, con la finalidad de llevar el servicio a través de una infraestructura rentada.

Fase 5. Planteamiento de implementación de la red 5G en Maracaibo considerando parámetros de transmisión

Para esta fase se utilizó el software Xirio [11] para simular una cobertura 4G y 5G en la Vereda del Lago, de tal manera que se puedan tener ambas coberturas de forma simultánea. Además, se tomaron mediciones en el sitio con la finalidad de validar la simulación de 4G en el nodo.

Resultados

Diagnóstico del estado actual de la red móvil 4G

En la Tabla 1 se muestran las especificaciones y parámetros de la red móvil 4G existente en la ciudad de Maracaibo y en la Figura 1 se presenta la topología de la red móvil existente en parte del occidente del país.

Tabla 1. Especificaciones de la red móvil actual

Características de la red móvil actual de Maracaibo	
Área de cobertura	157.15 Km ² (desde Lagomar Beach hasta Manzanillo Sur). De 1 a 5 Km por nodo dependiendo del contexto.
Sensibilidad del receptor	-100 a -110 dBm
Ancho de banda	5 MHz hasta 20 MHz por canal
Velocidad de transmisión	25 – 30 Mbps
Topología de red	Ver Figura 1
Calidad del servicio	Basado en el uso de diferentes niveles de acuerdo al usuario (QoS) Se ha reducido en 1 – 2% por problemas eléctricos. Se determina por inferencia estadística o pruebas de campo
Latencia	50 – 60 ms
Bandas de frecuencia	Banda 3 (1.800 MHz). 1710 MHz – 1785 MHz UL / 1.805 MHz – 1.880 MHz DL
Modulación	OFDM / 64-QAM – UL / 64-QAM y 256 – QAM – DL

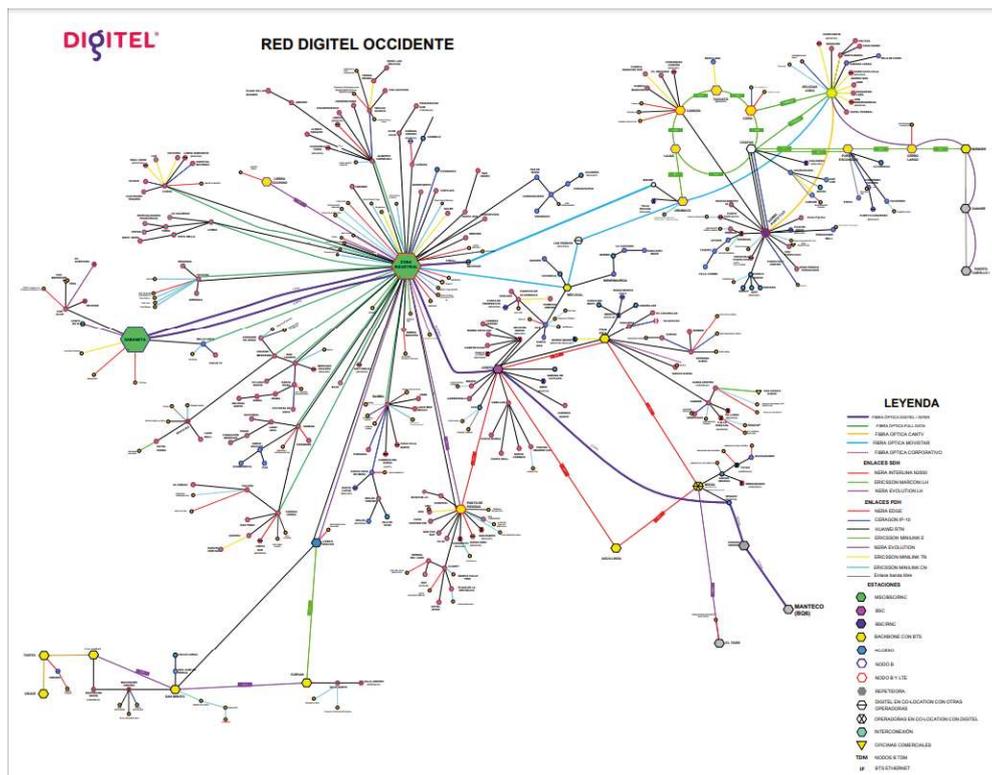


Figura 1. Topología de la red Digitel de occidente (Zulia y parte de Falcón)

Comparación los parámetros de transmisión de datos de la red 4G con los parámetros ofrecidos por la tecnología 5G

Esta parte de la investigación se obtuvo al analizar los parámetros de la red 5G obtenidos por la documentación teórica y los resultados obtenidos en el apartado anterior referentes a la red móvil actual 4G. Cabe destacar que algunos parámetros no fueron posibles de evaluar dado que se requiere de la implementación de la tecnología 5G la cual no existió hasta el momento de esta investigación. Para ello, en la Tabla 2 se contrastan ambas tecnologías en función de los parámetros establecidos con anterioridad.

Tabla 2. Comparación de las redes móviles 4G y 5G

Características de la red móvil	4G	5G
Área de cobertura	157.15 Km ² (desde Lagomar Beach hasta Manzanillo Sur). De 1 a 5 km por nodo dependiendo del contexto.	De 50 a 500 m ² por nodo dependiendo del contexto.
Sensibilidad del receptor	-100 a -110 dBm	-50 a -100 dBm
Ancho de banda	5 MHz hasta 20 MHz por canal	5 MHz hasta 100 MHz por canal (FR1) 50 MHz hasta 400 MHz por canal (FR2)
Velocidad de transmisión	25 – 30 Mbps	58.1 Mbps (Promedio mundial)
Topología de red	N/A	N/A
Calidad del servicio	Basado en el uso de diferentes niveles de acuerdo al usuario (QoS) Se ha reducido un 1 – 2% por problemas eléctricos. Se determinar por inferencia estadística o pruebas de campo	Es igual para ambos

Cont. Tabla 2. Comparación de las redes móviles 4G y 5G

Características de la red móvil	4G	5G
Latencia	50 – 60 ms	1 ms
Bandas de frecuencia	Banda 3 (1.800 MHz). 1710 MHz – 1785 MHz UL / 1.805 MHz – 1.880 MHz DL	(Ver Tablas 3 y 4)
Modulación	OFDM / 64-QAM – UL / 64-QAM y 256 – QAM – DL	OFDM / 1024-QAM (UL y DL) o 256 – QAM (UL y DL) dependiendo del UE y el contexto.

La tecnología 5G cuenta con dos rangos de frecuencias, la FR1 para proveer un servicio similar al 4G y la FR2 para probar las altas velocidades y bajas latencias que promete. Ambos rangos de frecuencias se definen de la siguiente manera (Tablas 3 y 4).

Tabla 3. Rango de frecuencias de FR1 de acuerdo a ETSI [12]

Bandas de operación NR (5G)	Bandas de operación Uplink, Recepción Estación Base (BS) / Transmisión Equipos de usuario (UE) FUL_low – FUL_high	Bandas de operación downlink, Recepción Estación Base (BS) / Transmisión Equipos de usuario (UE) FUL_low – FUL_high	Modo Dúplex
n1	1920 MHz – 1980 MHz	2110 MHz – 2170 MHz	FDD
n2	1850 MHz – 1910 MHz	1930 MHz – 1990 MHz	FDD
n3	1710 MHz – 1785 MHz	1805 MHz – 1880 MHz	FDD
n5	824 MHz – 849 MHz	869 MHz – 894 MHz	FDD
n7	2500 MHz – 2570 MHz	2620 MHz – 2690 MHz	FDD
n8	880 MHz – 915 MHz	925 MHz – 960 MHz	FDD
n12	699 MHz – 716 MHz	729 MHz – 746 MHz	FDD
n13	777 MHz – 787 MHz	746 MHz – 756 MHz	FDD
n14	788 MHz – 798 MHz	758 MHz – 768 MHz	FDD
n18	815 MHz – 830 MHz	860 MHz – 875 MHz	FDD
n20	832 MHz – 862 MHz	791 MHz – 821 MHz	FDD
n24^16	1626.5 MHz – 1660.5 MHz	1525 MHz – 1559 MHz	FDD
n25	1850 MHz – 1915 MHz	1930 MHz – 1995 MHz	FDD
n26	814 MHz – 849 MHz	859 MHz – 894 MHz	FDD
n28	703 MHz – 748 MHz	758 MHz – 803 MHz	FDD
n29	N/A	717 MHz – 728 MHz	SDL
n303	2305 MHz – 2315 MHz	2350 MHz – 2360 MHz	FDD
n34	2010 MHz – 2025 MHz	2010 MHz – 2025 MHz	TDD
n38^10	2570 MHz – 2620 MHz	2570 MHz – 2620 MHz	TDD
n39	1880 MHz – 1920 MHz	1880 MHz – 1920 MHz	TDD
n40	2300 MHz – 2400 MHz	2300 MHz – 2400 MHz	TDD
n41	2496 MHz – 2690 MHz	2496 MHz – 2690 MHz	TDD

Cont. Tabla 3. Rango de frecuencias de FR1 de acuerdo a ETSI [12]

Bandas de operación NR (5G)	Bandas de operación Uplink, Recepción Estación Base (BS) / Transmisión Equipos de usuario (UE) FUL_low – FUL_high	Bandas de operación downlink, Recepción Estación Base (BS) / Transmisión Equipos de usuario (UE) FUL_low – FUL_high	Modo Dúplex
n46	5150 MHz – 5925 MHz	5150 MHz – 5925 MHz	TDD ¹³
n47 ¹¹	5855 MHz – 5925 MHz	5855 MHz – 5925 MHz	TDD
n48	3550 MHz – 3700 MHz	3550 MHz – 3700 MHz	TDD
n50	1432 MHz – 1517 MHz	1432 MHz – 1517 MHz	TDD ¹
n51	1427 MHz – 1432 MHz	1427 MHz – 1432 MHz	TDD
n53	2483.5 MHz – 2495 MHz	2483.5 MHz – 2495 MHz	TDD
n65	1920 MHz – 2010 MHz	2110 MHz – 2200 MHz	FDD ⁴
n66	1710 MHz – 1780 MHz	2110 MHz – 2200 MHz	FDD
n67	N/A	738 MHz – 758 MHz	SDL
n70	1695 MHz – 1710 MHz	1995 MHz – 2020 MHz	FDD
n71	663 MHz – 698 MHz	617 MHz – 652 MHz	FDD
n74	1427 MHz – 1470 MHz	1475 MHz – 1518 MHz	FDD
n75	N/A	1432 MHz – 1517 MHz	SDL
n76	N/A	1427 MHz – 1432 MHz	SDL
n77 ¹²	3300 MHz – 4200 MHz	3300 MHz – 4200 MHz	TDD
n78	3300 MHz – 3800 MHz	3300 MHz – 3800 MHz	TDD
n79 ¹⁷	4400 MHz – 5000 MHz	4400 MHz – 5000 MHz	TDD
n80	1710 MHz – 1785 MHz	N/A	SUL
n81	880 MHz – 915 MHz	N/A	SUL
n82	832 MHz – 862 MHz	N/A	SUL
n83	703 MHz – 748 MHz	N/A	SUL

Tabla 4. Rango de frecuencias FR2 de acuerdo a ETSI [12]

Bandas de operación NR (5G)	Bandas de operación Uplink, Recepción Estación Base (BS) / Transmisión Equipos de usuario (UE) FUL_low – FUL_high	Bandas de operación downlink, Recepción Estación Base (BS) / Transmisión Equipos de usuario (UE) FUL_low – FUL_high	Modo Dúplex
n257	26500 MHz – 29500 MHz	26500 MHz – 29500 MHz	TDD
n258	24250 MHz – 27500 MHz	24250 MHz – 27500 MHz	TDD
n259	39500 MHz – 43500 MHz	39500 MHz – 43500 MHz	TDD
n260	37000 MHz – 40000 MHz	37000 MHz – 40000 MHz	TDD
n261	27500 MHz – 28350 MHz	27500 MHz – 28350 MHz	TDD
n262	47200 MHz – 48200 MHz	47200 MHz – 48200 MHz	TDD

Validación la interoperabilidad de los equipos 4G con 5G

Se empleó la especificación 3GPP TS 37.340 en donde se describe la operación de 4G y 5G en simultáneo, siendo el eNodeB (4G) el nodo maestro y el gNodeB (5G) el nodo secundario de la arquitectura. Este esquema se denomina E-UTRAN-New Radio Dual Connectivity (EN-DC) y está estructurado de la siguiente manera (Figura 2):

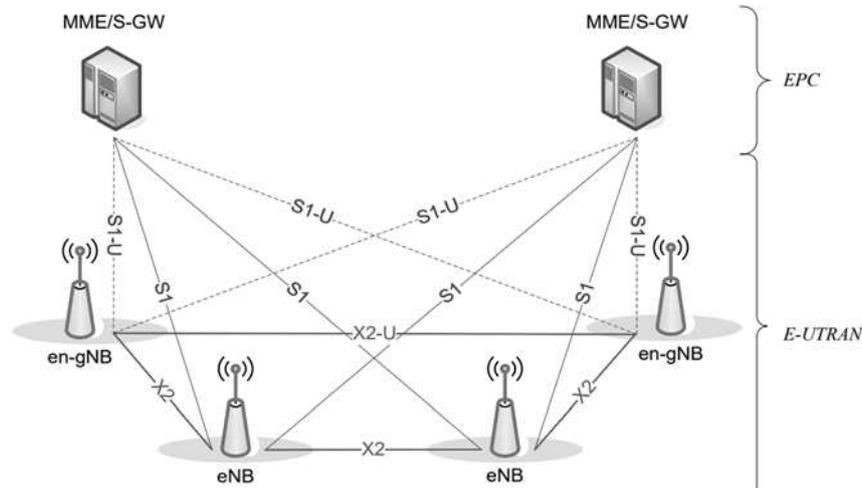


Figura 2. Arquitectura EN-DC[10]

E-UTRAN maneja MR-DC vía E-UTRA-NR Dual Connectivity (EN-DC), en donde un UE está conectado a un eNB que actúa como un MN y un en-gNB que actúa como un SN. El eNB está conectado al EPC vía la interfaz S1 y a la interfaz en-gNB vía la interfaz X2. El en-gNB podría estar conectado al EPC vía la interfaz S1-U y a otros en-gNBs vía la interfaz X2-U.

Los resultados también mostraron la estructura y organización de los protocolos utilizados para la comunicación por la interfaz de radio en redes inalámbricas, los cuales se conformaron de la siguiente manera (Figura 3):

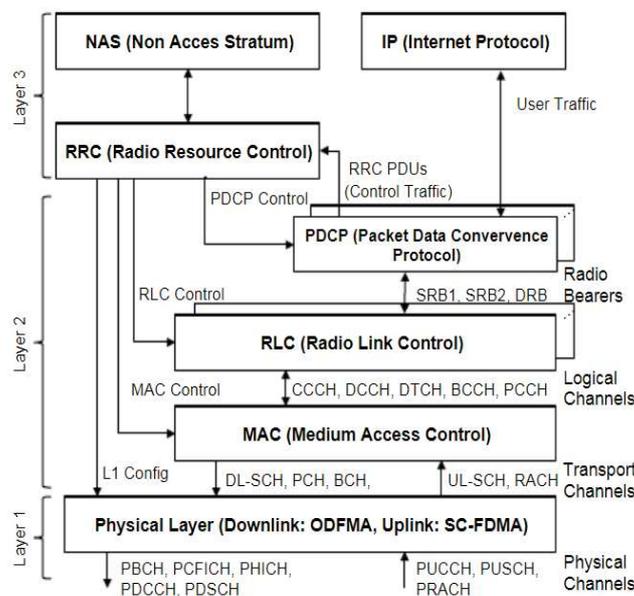


Figura 3. Arquitectura de protocolos de red LTE[13]

Con respecto al plano de control, se tiene lo siguiente:

En MR-DC, el UE tiene un solo estado RRC, basado en el RRC del MN, y una conexión del plano de control hacia la Red Central. Cada nodo tiene su propia entidad RRC que puede generar PDUs RRC para ser enviados al UE.

Los PDUs RRC generados por el SN pueden ser transportados vía el MN hacia el UE. El MN siempre envía la configuración RRC del SN vía el Portador de Radioseñalización (SRB) del Grupo Maestro de Celdas (MCG) (SRB1), pero las reconfiguraciones siguientes pueden ser transportadas por el MN o el SN.

En una E-UTRA conectada a un EPC, la conexión inicial del SRB1 utiliza Protocolo de Convergencia de Datos en Paquetes (PDCP) de E-UTRA. Si el UE soporta EN-DC, independientemente de si el EN-DC está configurado, después de la conexión los SRB del MCG (SRB1 y SRB2) pueden ser configurados por la red para que se pueda usar el PDCP E-UTRA o el PDCP NR. El cambio de uno a otro se logra mediante el procedimiento handover o por el cambio inicial del SRB1 desde el E-UTRA hacia el NR, antes de la activación de seguridad inicial.

Si el SN es un gNB (como es en el caso del EN-DC), el UE puede ser configurado para establecer un SRB con un SN (SRB3) para permitir que los PDUs RRC puedan ser enviados directamente entre el UE y el SN.

La división de SRB es soportada por todas las opciones MR-DC, permitiendo así la copia de PDUs RRC generados por el MN, mediante un camino directo o por el SN. La división de SRB utiliza el PDCP de NR.

En EN-DC, la configuración del Grupo Secundario de Celdas (SCG) se mantiene suspendida en el UE. Durante la reanudación de la conexión, si el UE soporta la reanudación con EN-DC, el UE puede ser configurado para liberar, restaurar o reconfigurar la configuración del SCG. De lo contrario, libera la configuración SCG. En el plano de control, la arquitectura está definida de la siguiente manera (Figura 4):

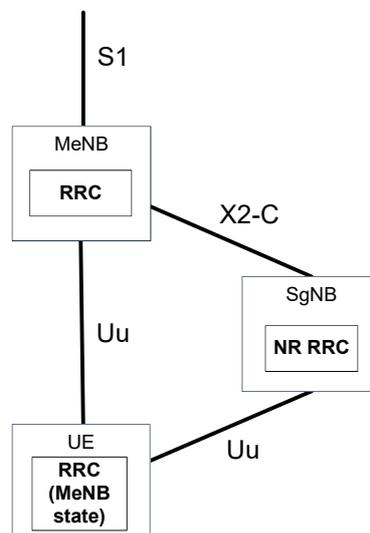


Figura 4. Arquitectura del plano de control para EN-DC[10]

Con respecto al plano de usuario, se tiene que en MR-DC, visto del UE, existen tres tipos de portadores: el portador MCG, el portador SCG y el portador dividido (Figura 5).

En E-UTRA conectado al EPC, si el UE maneja EN-DC, sin importar si el EN-DC está configurado o no, la red se puede configurar con el PDCP E-UTRA o el PDCP NR para los portadores de MCG que terminan en el MN, mientras que el PDCP NR siempre se usa para todos los demás portadores. El cambio entre el PDCP E-UTRA hacia el NR o viceversa se logra mediante un proceso de reconfiguración, ya sea liberando o agregando Portadores de Radio de Datos (DRB) o utilizando la opción de una configuración completa.

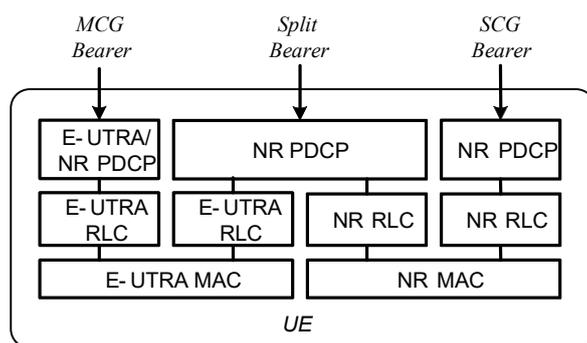


Figura 5. Arquitectura de Protocolo de Radio para portadores MCG, SCG y los portadores divididos desde la perspectiva del UE para EN-DC [10]

Visto desde la red, cada portador puede terminar tanto en el MN o en el SN, como se muestra en la Figura 6.

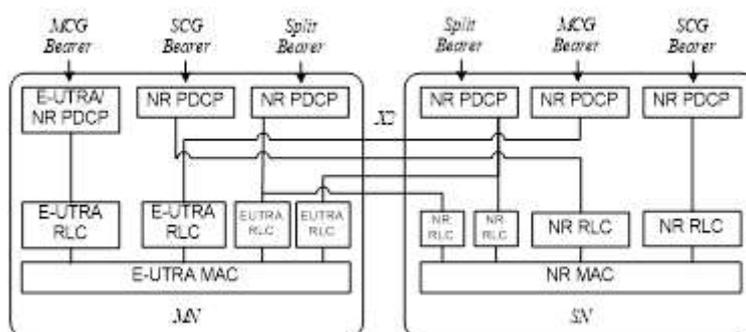


Figura 6. Arquitectura de Protocolo de Radio para portadores MCG, SCG y los portadores divididos desde la perspectiva de la red para EN-DC[10]

Haciendo énfasis en las interfaces de red se tiene que:

Para el plano de control, en MR-DC, existe una interfaz entre el MN y el SN para la señalización y coordinación del plano de control. Por cada UE MR-DC, también hay una conexión del plano de control entre el MN y la entidad correspondiente, entidad de la Red Central (CN). El MN y el SN involucrados en MR-DC para un determinado UE controlan sus recursos de radio y son los principales responsables de asignar los recursos de radio de sus celdas (Figura 7).

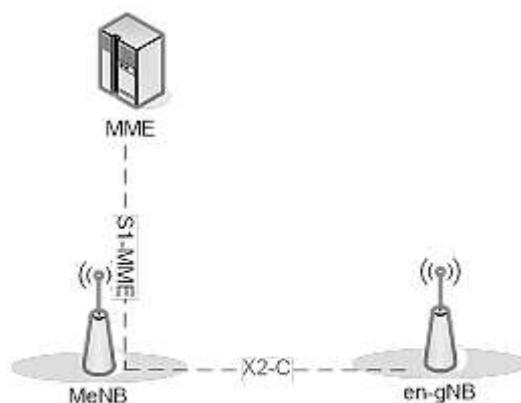


Figura 7. Conectividad del plano de control para EN-DC[10]

En EN-DC, la entidad de la red central involucrada es el MME. S1-MME termina en el MN y el MN está conectado con el SN mediante la interfaz X2-C (Figura 8).

Ahora, en el plano de usuario se tiene lo siguiente:

- Existen varias opciones de conectividad para el plano de usuario para el MN y el SN. La conectividad depende de la opción de portador configurada.
- Para los portadores terminados en el MN, la conexión del plano de usuario con la entidad CN se termina en el MN.
- Para los portadores terminados en el SN, la conexión del plano de usuario con la entidad CN se termina en el SN.
- El transporte de datos del plano de usuario sobre Uu involucra recursos de radio MCG o SCG, o ambos.
 - Para los portadores MCG, solo se utilizan recursos de radio MCG.
 - Para los portadores SCG, solo se utilizan recursos de radio SCG.
 - Para los portadores divididos, se utilizan recursos de radio tanto MCG como SCG.
 - Para los portadores divididos, los portadores SCG terminados en el MN y los portadores MCG terminados en el SN, los datos PDCP se transfieren entre el MN y el SN a través de la interfaz de plano de usuario MN-SN.

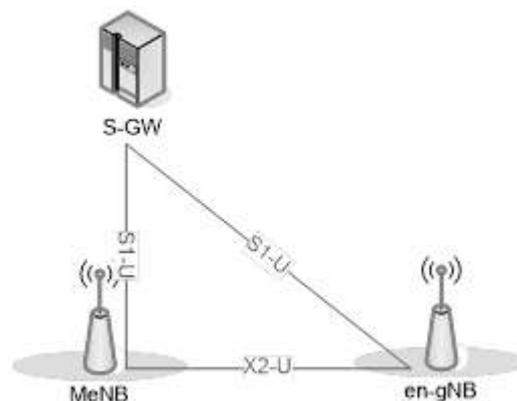


Figura 8. Conectividad del plano de usuario para EN-DC[10]

Para EN-DC, la interfaz X2-U es la interfaz de usuario entre MN y SN, y la S1-1 es la interfaz del plano de usuario entre el MN, SN o ambos y el S-GW.

Verificación los requerimientos de las operadoras nacionales para apoyarse en operadoras locales al implementar 5G

En algunas zonas de la ciudad, resulta costoso e ineficiente utilizar una infraestructura propia para proveer el servicio, por lo que la operadora se apoya principalmente en tres empresas: Movistar, Full Data e Intercable, para el transporte de datos por conectividad de fibra óptica

Básicamente, lo que hacen las empresas que tienen acuerdos comerciales es proveerle a la operadora circuitos de fibra óptica para el transporte de datos entre nodos. Estas ofrecen a sus aliados comerciales ancho de banda (la cantidad de datos que pueden transmitirse en un período determinado) y/o circuitos de fibra óptica en aquellas zonas en donde a ellos, a su vez, no les resulta factible llegar. También se ofrece pagar una cuota mensual por el alquiler de los circuitos. Es de mencionar que los contratos específicos que tienen las operadoras son negociados y almacenados en el Departamento de Administración y no están disponibles al público.

En la ciudad de Maracaibo existen 88 nodos y dicha distribución cuenta con servicio 4G LTE. A continuación, se muestran los nodos que proveen 4G LTE, tanto por fibra como sin ella (Figura 9):

- Fibra óptica Digital/Inter: 7 nodos (8%)
- Fibra óptica Fulldata: 10 nodos (11,4%)
- Fibra óptica CANTV: 6 nodos (6,8%)
- Sin fibra óptica: 65 nodos (73,9%)

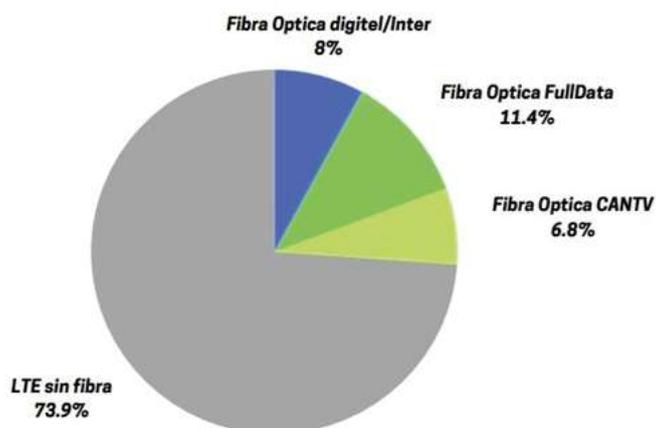


Figura 9. Porcentaje del total de la red perteneciente a los aliados comerciales

Planteamiento de implementación de la red 5G en Maracaibo considerando parámetros con respecto a la transmisión

Se planteó un nodo hipotético 5G mediante el despliegue híbrido EN-DC, utilizando como referencia el nodo ubicado en la Vereda del Lago y tomando las medidas de transmisión consideradas en el sitio.

Para empezar, es necesario evaluar las condiciones del nodo 4G en la Vereda del Lago. Para ello, se utilizó como referencia la medida del RSRP (Referencia Signal Received Power), dado que esta provee un promedio de la potencia recibida desde una señal de referencia enviada por el nodo para evaluar las condiciones del UE.

Para realizar lo planteado anteriormente, se utilizó el software Xirio, el cual proporcionó los siguientes datos:

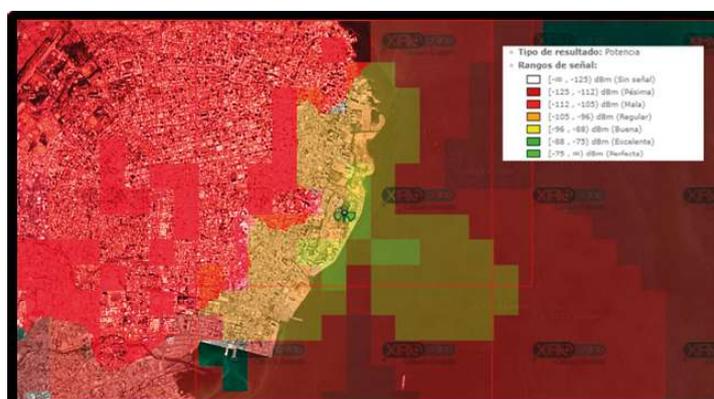


Figura 10. Cobertura 4G de La Vereda del Lago con RSRP como referencia

La banda de frecuencias utilizada para la simulación fue la banda B3, que corresponde a 1800 MHz. Para continuar con el análisis, se procede a realizar el mismo procedimiento para la red 5G, como se muestra en la Figura 11:

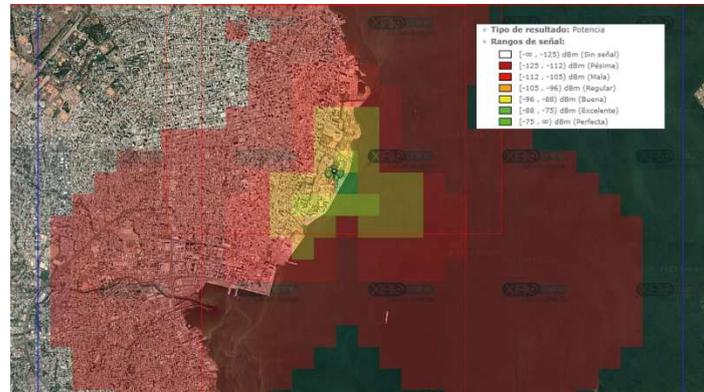


Figura 11. Cobertura 5G de La Vereda del Lago mediante RSRP como referencia

La banda de frecuencias utilizada para este análisis fue la banda n260, que corresponde a 39 GHz. Esta frecuencia fue seleccionada dado que corresponde a la frecuencia más alta del FR2 y, por ende, es aquella que provee la mayor velocidad y menor latencia a los usuarios conectados a la red.

Conclusiones

La red móvil 5G tiene mayor velocidad y mayor modulación frente a la red 4G, pero esto trae consigo una pérdida de más del 50 % del alcance de la red para aprovechar la 5G al máximo y, además, resulta ser más vulnerable al ruido. Omitiendo estas diferenciales puntuales, las redes 5G y 4G no resultan ser tan diferentes en cuestiones prácticas, lo cual es perfectamente posible debido a que una de ellas fue construida sobre la otra.

Las tecnologías 4G y 5G son compatibles entre sí y, además, están bien definidas las condiciones que se deben cumplir para que se logre el despliegue mencionado. Es importante resaltar que los resultados provistos se enfocan solo a nivel del funcionamiento de la red y todos los protocolos involucrados, dejando a un lado el nombre específico de los equipos que permiten este despliegue.

Teniendo en consideración los resultados obtenidos, las tres empresas con las que se tienen acuerdos comerciales resultan ser, en el ámbito de las telecomunicaciones, dos de las más importantes del país y una de las más importantes a nivel regional, por lo que se garantiza que el servicio sea confiable para los usuarios. La tendencia es que estos acuerdos sean renovados con el tiempo debido a que la operadora nacional no tiene planes para extender su red de fibra óptica en el contexto actual.

La implementación de la red 5G en el nodo de La Vereda del Lago representaría un incremento en la velocidad de transmisión para los UEs, siempre y cuando se encuentren a una distancia de aproximadamente 1 km del nodo en cualquier dirección. Para distancias mayores de 1 km, el servicio ya no sería 5G, sino que se bajaría a 4G y se navegaría como se ha hecho hasta ahora.

De forma general, se puede concluir que el despliegue híbrido entre 5G y 4G es posible en la ciudad de Maracaibo siempre y cuando sea factible económicamente.

Referencias bibliográficas

[1] Rommer, S., Hedman, P., Olsson, M., Frid, L., Sultana, S., y Mulligan, C. **“5G Core Networks: Powering Digitalization.”** Editorial EEUU y Reino Unido. Academic Press, (2019).

[2] Holma, H., Toskala, A., Nakamura, T (Ed.). **“5G Technology 3GPP New Radio”.** First Edition. Wiley Publication, (2019).

[3] Dávila, J., y García, W. “**Evaluación de los parámetros a nivel de transmisión para la implementación de una red 5G en la ciudad de Maracaibo**”. Trabajo Especial de Grado, URU. Maracaibo, Venezuela, (2017).

[4] Urdaneta, F., Ziccardi, L. “**Plan de integración entre operadoras nacionales y proveedores de internet para el despliegue de la tecnología 5G en la ciudad de Maracaibo**”. Trabajo Especial de Grado, URU. Maracaibo, Venezuela, (2022).

[5] Guevara, G., Verdesoto, A., Castro, N. “**Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción)**”. Recimundo. Vol. 4, No. 3, 163-173. Julio, (2020).

[6] Hurtado, J. “**Metodología en la investigación holística**”. Editorial Fundación Sypal. Caracas, Venezuela, (1998).

[7] Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., Baptista Lucio, P. “**Metodología de la investigación**” (5a ed.). McGraw-Hill Interamericana Editores, S. A de C. V. México D. F, (2010).

[8] Al-Dulaimi, A., Wang, X, Chih-Lin, I. “**5G Networks: Fundamental Requirements, Enabling technologies, and Operations Management.**” 1era edición. Editorial Wiley, (2018).

[9] Stallings, W. “**5G Wireless: A Comprehensive Introduction.**” 1era edición. Editorial Addison-Wesley Professional, (2021).

[10] 3GPP. “**3rd Generation Partnership Project, Technical Specification Group Radio Access Network, Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) and NR; Multi-connectivity; Stage 2 (Release 17)**”. Especificaciones Técnicas, (2023).

[11] Aptica. “**Bienvenido a Xirio online**”. Xirio Online. <https://www.xirio-online.com/web/home/welcome.aspx>

[12] ETSI. 5G; NR. “**User Equipment (UE) radio transmission and reception; Part 1: Range 1 Standalone (3GPP TS 38.101-1 version 17.5.0 Release 17)**.” Editorial Etsi, (2023). https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/138100_138199/13810101/17.05.00_60/ts_13810101v170500p.pdf

[13] Gualda Muñoz, J. “**Estudio de Arquitectura de protocolos de LTE**”. Proyecto Final de carrera de Ingeniería Telemática. UPC. Barcelona, España, (2016).

Plan de mantenimiento preventivo basado en la confiabilidad para los puentes grúa de la empresa TurboPreServices C.A.

Preventive maintenance plan based on reliability for the bridges cranes of the company TurboPreServices C.A.

Mariana de la Chiquinquirá Tallaferro Fernández

Universidad Rafael Urdaneta, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Industrial. Maracaibo, Venezuela.

 <https://orcid.org/0009-0005-1367-1887> | Correo electrónico: mariana.30029715@uru.edu

Alejandra Noemi Valbuena González

Universidad Rafael Urdaneta, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Industrial. Maracaibo, Venezuela.

 <https://orcid.org/0009-0003-3438-8971> | Correo electrónico: avalbuena17@gmail.com

Fernando Ignacio Inciarte González

Universidad Rafael Urdaneta, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Industrial. Maracaibo, Venezuela.

 <https://orcid.org/0009-0009-6415-9022> | Correo electrónico: finciarte@gmail.com

Andrés Antonio Sánchez Semprún

Universidad Rafael Urdaneta, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Industrial y Escuela de Ingeniería Eléctrica. Maracaibo, Venezuela

 <https://orcid.org/0000-0002-6918-224X> | Correo electrónico: ansaun730@gmail.com

Admitido: 30/04/2023

Aceptado: 01/06/2023

Resumen

En la realización de esta investigación se identificó la situación actual de los equipos pertenecientes a la empresa TurboPreServices C.A., con el fin de proponer un plan de mantenimiento preventivo para garantizar la seguridad y fiabilidad de los mismos. Para lo cual, se describieron las cualidades operativas y funcionales, los sistemas y el estado actual de los equipos, con el objetivo de analizar los modos, efectos y criticidad de las fallas que se pueden presentar. Como resultado se detectó un modo de falla crítico, 49 semi-críticos y 37 fallas no críticas, siendo esto la base para determinar las actividades de mantenimiento que ayudarán disminuir los defectos y ampliar la vida útil de los equipos. Esto brindará orientación al encargado de mantenimiento y a los operadores de los equipos para que realicen las tareas siguiendo los procedimientos establecidos, dentro de un plazo específico y manteniendo un registro organizado de los aspectos relacionados con el mantenimiento.

Palabras clave: Mantenimiento preventivo, Puentes grúa, Equipos.

Abstract

In carrying out this research, the current situation of the equipment belonging to the company TurboPre Services C.A. was identified, in order to propose a preventive maintenance plan to guarantee their safety and reliability. For this, the operational and functional qualities, the systems and the current state of the equipment were described, with the objective of analyzing the modes, effects and criticality of the failures that may occur. As a result, one critical failure mode, 49 semi-critical and 37 non-critical failures were detected, this being the basis for determining maintenance activities that will help reduce defects and extend the useful life of the equipment. This will provide guidance to the maintenance manager and equipment operators to perform tasks following established procedures, within a specific time frame, and maintaining an organized record of maintenance-related issues.

Keywords: Preventive maintenance, Bridge cranes, Equipment.

Introducción

La mayoría de las industrias cuentan con maquinaria y equipos que son utilizados en sus procesos productivos, si bien estos cumplen con sus funciones básicas, muchos de sus componentes requieren de mantenimiento para garantizar la seguridad de los operadores y el personal, así como la continuidad del funcionamiento de los equipos y prolongar sus servicios de vida útil.

Olarte, Botero y Cañón[1] señalan que “el mantenimiento industrial está definido como el conjunto de actividades encaminadas a garantizar el correcto funcionamiento de las máquinas e instalaciones que conforman un proceso de producción permitiendo que éste alcance su máximo rendimiento”.

Para determinar las actividades de mantenimiento, se inicia por conocer a profundidad los equipos de estudio, partiendo de las características funcionales y operacionales junto al estatus actual que serán la base para diseñar el plan de mantenimiento[2].

Siendo un plan de mantenimiento el conjunto de actividades y tareas rutinarias y/o programadas focalizadas en el mantenimiento de los equipos y sus componentes, estas actividades deben seguir las condiciones de los fabricantes para una mejor ejecución y diseño[2].

Los puentes grúa, de acuerdo con Villón Barona y Naranjo Ortiz [3] “son equipos utilizados para la elevación de cargas de gran volumen y peso que no pueden ser manipulados por una persona” (p.9). Es importante que estos equipos cuenten con un mantenimiento adecuado ya que son muy costosos y su mal funcionamiento puede afectar la seguridad, la productividad y la calidad de los servicios que ofrece la empresa TurboPreServices.

El mantenimiento de los puentes grúa debe ser preventivo y correctivo, siguiendo las normas y protocolos establecidos para garantizar su óptimo rendimiento y durabilidad. Además, el mantenimiento de los puentes grúa debe ser realizado por personal cualificado y con experiencia, que pueda detectar y solucionar cualquier problema o anomalía que se presente en estos equipos. De esta forma, se evitan accidentes, retrasos, desperdicios y daños materiales o humanos que puedan perjudicar la reputación y la competitividad de la empresa.

El objetivo de este trabajo fue diseñar un plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad (RCM, siglas en inglés) para los puentes grúa de la empresa TurboPreServices, C. A. El RCM es una metodología que busca optimizar las actividades de mantenimiento y mejorar la confiabilidad de los equipos, teniendo en cuenta el impacto de las fallas en los objetivos de la organización. Para ello, se analizaron las funciones, fallas funcionales, modos de falla y nivel de criticidad de los puentes grúa, se identificaron las frecuencias y tareas de mantenimiento adecuadas y se propusieron acciones de mejora para reducir los costes y el tiempo de inactividad. Con este plan se espera aumentar la disponibilidad, la seguridad y la eficiencia de los puentes grúa, así como prolongar su ciclo de vida útil.

Metodología

El presente estudio fue de tipo descriptivo y proyectivo y se enmarcó dentro de un diseño no experimental, puesto que la variable no fue objeto de manipulación alguna. También se ajustó a un diseño de investigación cualitativo-cuantitativo (de enfoque mixto) y transeccional [4, 5], donde la unidad de análisis estuvo representada por los equipos puentes grúa de la empresa TurboPreServices C. A, que abarcaron las grúas de 20, 16, 8, 5, 4.5 y 3.5 toneladas (Tabla 1):

Tabla 1. Lista de equipos a estudiar

Equipos	Cantidad
Puente grúa 20 ton	1
Puente grúa 16 ton	1

Cont. Tabla 1. Lista de equipos a estudiar

Equipos	Cantidad
Puente grúa 8 ton	1
Puente grúa 5 ton	1
Puente grúa 4.5 ton	1
Puente grúa 3.5 ton	1
Total de equipos operativos	6

Seguidamente, se presentan las actividades que se llevaron a cabo en el proceso de la investigación, las cuales son esenciales para cumplir con los objetivos específicos planteados en el estudio. Es importante destacar que cada actividad se llevó a cabo de manera rigurosa y sistemática, con el fin de garantizar la calidad y validez de los datos obtenidos. La investigación se dividió en cuatro fases como se muestra en la Figura 1:

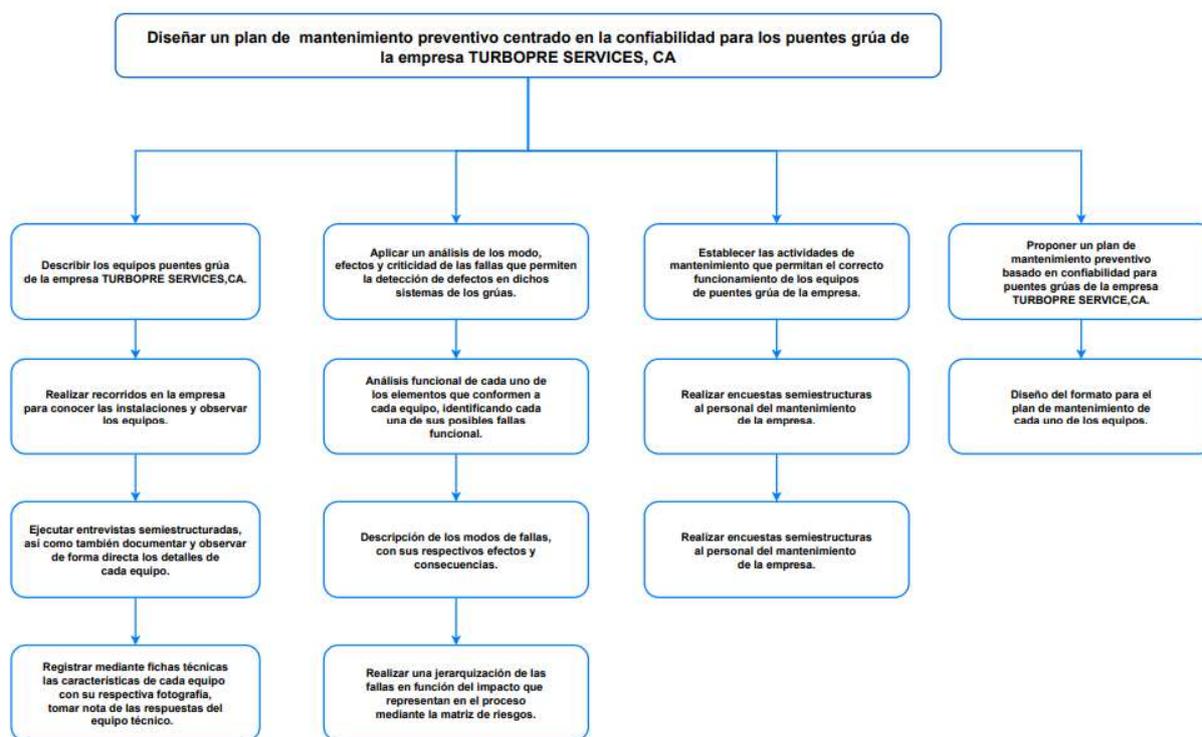


Figura 1. Procedimiento seguido en la investigación

En la Fase I se describieron los equipos puente grúa de la empresa TurboPreServices, C. A., para ello se utilizaron fichas técnicas[6], a fin de detallar las características de cada uno de ellos.

En la Fase II se aplicó el análisis de los modos, efectos y criticidad de las fallas mediante el formato AMFEC [7], lo que permitió la detección de defectos en dichos sistemas de los puentes grúas; con esta finalidad se elaboraron tablas descriptivas donde se identificaron los sistemas de los equipos, así como también los componentes y las partes. Seguidamente, se identificaron las fallas, modos y efectos, así como también se evaluó el nivel de criticidad de las mismas para jerarquizar la importancia de cada una de ellas.

Para la Fase III se establecieron actividades de mantenimiento preventivo para cada uno de los sistemas especificando si son de servicio o reemplazo.

La Fase IV consistió en la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para cada sistema tomando en cuenta las herramientas, la mano de obra a utilizar y la frecuencia de las actividades, entre otras.

Resultados y discusión

Descripción de los sistemas del puente grúa

Se presentan los resultados obtenidos del estudio realizado a cada uno de los equipos mediante las fichas técnicas y el AMFEC, seguido de la elaboración de los planes de mantenimiento para cada sistema de los puentes grúa. En la Tabla 2, se muestran los componentes y partes de los sistemas pertenecientes a los puentes grúa:

Tabla 2. Descripción de los sistemas pertenecientes a los puentes grúa

Área mantenimiento	Sistema	Componentes	Partes
Puente grúa	Estructura principal	Vigas principales	-
		Rieles guía	-
	Sistema de traslación del puente	Motor reductores	Motor eléctrico, reductor, engranajes, ejes, rodamientos.
		Ruedas conductoras	-
		Ruedas inducidas	-
		Tope de cabezal	-
	Estructura del puente	Vigas testeras	-
		Vista de carga	-
		Ruedas inducidas	-
	Polipasto	Motor izamiento	Carcaza, rotor, estator, etc.
		Reductor	Engranajes, carcaza, rodamientos.
		Eje de reductor	-
		Tambor guía cable	Cilindro, tapas, rodamientos
		Eje de tambor	-
		Gancho	-
	Carro transversal Estructura del Puente	Motor reductores	Motor eléctrico, reductor, engranajes, ejes, rodamientos
		Bastidor motriz	-
		Ruedas conductoras	-
	Sistema eléctrico	Contactores velocidad	-
		Guarda motores	-
		Rieles	-
		Rectificadores	-
		Botonera	Carcaza, botones

En la Figura 2 se presenta, como ejemplo, la ficha técnica del puente grúa de 20 toneladas, la cual describe características como: especificaciones técnicas y dimensiones, modelo y condiciones de riesgo, entre otras. Estas fichas técnicas se adaptaron a los elementos y características relevantes para esta investigación.

		TurboPre Services, C.A.		Fecha	abril 2023	
				Realizado por		Tallaferro, M. Valbuena, A.
PUENTE GRÚA 20 TONELADAS Foto Referencial						
						
Función y Descripción del Equipo						
Punte Grúa de Viga doble sobre viga carrilera de 20 toneladas de capacidad, 16.5 m de Luz y 63 m de recorrido del puente . Viga carrilera en estructura metálica fabricada en acero estructural AS TM A-36						
Información Básica						
Marca	R&M		Cantidad	1		
Modelo	SHAW-BOX		Ubicación	NAVE A		
Voltaje	440 V		Tipo	Birrail		
Especificaciones y Dimensiones			Condiciones de Riesgo			
Dimensiones	Alto	10 m	Ruido	X	Eléctrico	X
	Ancho	16.5 m	Vibración	X	Temperatura	
	Largo	63 m	Golpe	X	Otros	X

Figura 2. Ficha técnica del puente grúa de 20 toneladas

Análisis de Modos de Fallas, Efectos y Criticidad (AMFEC)

Una vez que se tuvo conocimiento de los equipos de la empresa que fueron objeto de estudio, se inició el análisis de los modos, efectos y criticidad de las fallas que pudieran presentarse en dichos equipos. Para llevar a cabo este análisis, se realizó una evaluación funcional de cada uno de los elementos que conforman los equipos, con el fin de identificar los posibles modos de falla, conocer sus efectos y consecuencias, y establecer una jerarquía en función del riesgo que representan.

A continuación, se presenta un gráfico con los modos de fallas de todos los sistemas analizados en los puentes grúa, mostrando que el sistema eléctrico fue el que exhibió el mayor número de fallas (Figura 3).

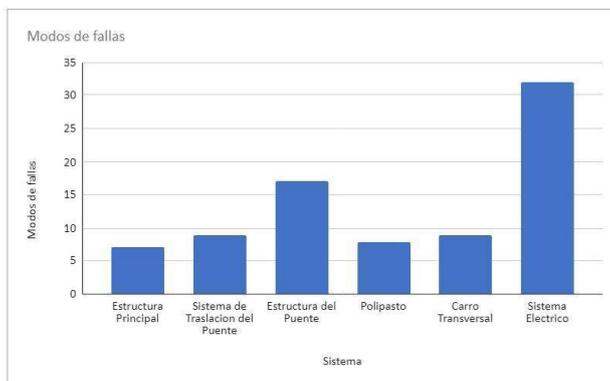


Figura3. Modos de fallas por sistema

En la Tabla 3, se tomó como ejemplo el sistema eléctrico de los puentes grúa, para mostrar los modos y efectos de fallas.

Tabla 3. Modo y efectos de fallas del sistema eléctrico

Sistema eléctrico						
Sistema	Componente		Función Principal	Falla Funcional (FF)		
F	Sistema Eléctrico	F1	Contactores	Es un dispositivo eléctrico que cumple la función de apertura y cierre de circuitos eléctricos, mediante la conexión y desconexión de sus contactos a través de una señal externa.	F1.1	Mal cierre de contactos
					F1.2	Daño en la bobina
		F2	Relé de tiempo	Un relé de tiempo es un tipo de relé que abre y cierra un circuito eléctrico de forma automática y durante un tiempo determinado.	F2.1	Falla del temporizador
					F2.2	Cableado defectuoso o inadecuado
					F2.3	Falla mecánica
					F2.4	Voltaje insuficiente
		F3	Guardamotores	Un guardamotor es un dispositivo eléctrico que se usa para proteger los motores de posibles daños causados por sobrecargas, cortocircuitos o fallas de fase.	F3.1	Configuración incorrecta
					F3.2	Voltaje insuficiente
					F3.3	Daño de bobina
					F3.4	Daño interno de mecanismo de acción
		F4	Relés	La función principal de un relé es controlar un circuito de salida de mayor potencia que el de entrada, actuando como un amplificador eléctrico	F4.1	Daño en la bobina
					F4.2	Falla mecánica
					F4.3	Mala conexión
		F5	Rectificadores	Un rectificador es un dispositivo electrónico que permite convertir la corriente alterna en corriente continua.	F5.1	Diodo abierto
					F5.2	Mala conexión
		F6	Botoneras	La función principal de las botoneras de los puentes grúa es controlar los movimientos de la grúa y la carga que se eleva o transporta.	F6.1	Falla en el mecanismo de los pulsadores
					F6.2	Falla en la transmisión de señales
					F6.3	Luz piloto averiada
		F7	Variador de frecuencia	Regular la velocidad de operación de los motores de la grúa	F7.1	Fallo en sistema rectificador
					F7.2	Fallo del inversor
					F7.3	Falla del microprocesador

Por su parte, en la Tabla 4 se muestra la matriz de riesgo para los modos de falla del sistema eléctrico de los puentes grúa.

Tabla 4. Matriz de riesgo para los modos de falla del sistema eléctrico

Consecuencia Frecuencia	Baja	Media	Grave	Catastrófica
Muy Alta				
Alta		F7.1.1 - F7.3.2		
Media				
Baja	F2.1.1 - F2.4.1 - F3.1.1 - F3.2.1 - F7.3.3	F1.1.2 - F2.1.2 - F4.2.1 - F4.3.1 - F5.1.1 - F5.2.1 - F6.1.1 - F7.3.1	F1.1.3 - F1.2.1, F2.2.2 - F2.3.2 - F2.3.3 - F3.3.1 - F3.4.1 - F4.2.2 - F4.2.3 - F6.2.1 - F6.3.1 - F7.2.1	

Como se puede observar en la matriz de riesgo de los modos de falla para el sistema eléctrico, se presentaron 14 modos de fallas semi-críticos (color amarillo) y 13 modos de fallas no críticos (color verde). Adicionalmente, en la Figura 4 se muestra el nivel de criticidad de las fallas del sistema eléctrico de los puentes grúa.

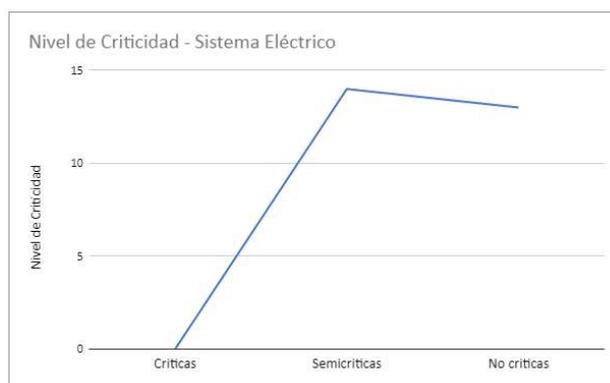


Figura 4. Nivel de criticidad de las fallas del sistema eléctrico

Actividades de mantenimiento

Una vez recopilada la información pertinente a los modos de fallas, efectos consecuencias y criticidad de éstos, se asignaron actividades de mantenimiento, las cuales son necesarias para evitar o reducir la probabilidad de ocurrencia de dichas fallas. Para determinar las actividades de mantenimiento preventivo, se deben tener en cuenta factores como el tiempo de vida útil del equipo, las condiciones operativas, el entorno en el que se encuentra el equipo y la disponibilidad de recursos para llevar a cabo las tareas. A continuación, se presentan las actividades de mantenimiento sugeridas para el sistema eléctrico de los puentes grúa (Tabla 5).

Tabla 5. Plan de actividades de mantenimiento para el sistema eléctrico

Sistema		Modo de Falla (MF)	Descripción de la Actividad	Frecuencia	Tipo	
F	Sistema Eléctrico	F1.1.1	Acumulación de contaminantes en mecanismo	Limpieza de contactos	Semestral	Servicio
		F1.1.2	Contactos soldados por arco de tensión	Revisión de niveles de corriente en equipo	Trimestral	Servicio
		F1.1.3	Rotura de piezas internas	Inspección visual	Trimestral	Servicio
		F1.2.1	Deterioro del aislamiento	Inspección visual	Trimestral	Servicio
		F2.1.1	Temporizador mal configurado	X	X	X
		F2.1.2	Temporizador defectuoso	X	X	X
		F2.2.2	Deterioro del aislamiento por sobrecorriente o sobretensión	Inspección visual	Trimestral	Servicio
		F2.3.1	Acumulación de contaminantes en mecanismo	Limpieza de contactos	Semestral	Servicio
		F2.3.2	Contactos soldados por arco de tensión	Revisión de niveles de corriente en equipo	Trimestral	Servicio
		F2.3.3	Rotura de piezas internas	Inspección visual	Trimestral	Servicio
		F2.4.1	Alimentación insuficiente para la bobina de campo	X	X	X
		F3.1.1	Ajuste incorrecto de corriente y tiempo	X	X	X
		F3.3.1	Desgaste de Solenoide	Inspección visual	Trimestral	Servicio
		F3.4.1	Deformación por temperatura y esfuerzo mecánico	X	X	X
		F3.4.2	Conexiones Flojas	Inspección visual	Trimestral	Servicio
		F4.1.1	Deterioro del aislamiento	Inspección visual	Trimestral	Servicio
		F4.2.1	Acumulación de contaminantes en mecanismo	Limpieza de contactos	Semestral	Servicio
		F4.2.2	Contactos soldados por arco de tensión	Revisión de niveles de corriente en equipo	Trimestral	Servicio
		F4.2.3	Rotura de piezas internas	Inspección visual	Trimestral	Servicio
		F4.3.1	Mal contacto	Inspección visual	Trimestral	Servicio
		F5.1.1	Sobrevoltaje en reversa	X	X	X
		F5.2.1	Mal contacto	Inspección visual	Trimestral	Servicio
		F6.1.1	Atascamiento del botón	X	X	X
		F6.2.1	Daño en la placa integrada	X	X	X
		F6.3.1	Rotura de filamento por sobrecorriente o sobretensión	X	X	X
		F7.1.1	Sobrevoltaje de entrada	X	X	X
		F7.1.2	Exceso de carga	X	X	X
		F7.2.1	Tiristor averiado	X	X	X

Cont. Tabla 5. Plan de actividades de mantenimiento para el sistema eléctrico

Sistema		Modo de Falla (MF)		Descripción de la Actividad	Frecuencia	Tipo
F	Sistema Eléctrico	F7.3.1	Mala soldadura en placa	X	X	X
		F7.3.2	Sobrevoltaje	Revisión de niveles de tensión en equipo	Trimestral	Servicio
		F7.3.3	Sobrecorriente	Revisión de niveles de corriente en equipo	Trimestral	Servicio

Plan de mantenimiento preventivo de los puentes grúa

La estructuración del plan de mantenimiento preventivo es una fase crucial en la investigación actual, dado que busca dar solución a las diversas fallas que pueden presentarse en los equipos. Estas fallas han sido estudiadas minuciosamente y se ha determinado que representan un gran riesgo para el correcto funcionamiento de los mismos. Por ello, se han definido una serie de actividades preventivas de mantenimiento que buscan prevenir la aparición de dichas fallas y prolongar la vida útil de los equipos.

La descripción detallada de estas actividades ha sido realizada en función de las fallas específicas que se buscan prevenir. Asimismo, se han identificado los recursos necesarios para llevar a cabo cada una de estas actividades, utilizando la información obtenida de los análisis realizados a los equipos. De esta manera, se asegura que la asignación de recursos sea acertada y eficiente en la prevención de las fallas, para evitar reparaciones costosas o reemplazos prematuros. De este modo se presentan en las siguientes tablas los planes de mantenimiento preventivo para los distintos sistemas (Tablas 6 a 11).

Tabla 6. Plan de mantenimiento preventivo para la estructura principal

				TURBOPRE SERVICE C.A.			
				PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO			
Cod. Formato				MP-PG-001			
Equipo				Puente Grúa			
Sistema				Estructura Principal	Elaborado por:	Tallaferro, M. Valbuena, A.	
Item	Cod.	Descripción	Tipo	Equipos o Herramientas	Materiales / Consumibles	Mano de Obra	Frecuencia
1	A1.1.1	Limpieza Manual Mecánica	Servicio	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Semestral
2	A1.1.2	Limpieza Manual Mecánica + Reparaciones Mecánicas	Servicio	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Trimestral
3	A1.1.3	Reparaciones Mecánicas + Soldadura	Servicio	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Anual
4	A2.1.1	Alineación de rieles	Servicio	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Trimestral

Cont. Tabla 6. Plan de mantenimiento preventivo para la estructura principal

Item	Cod.	Descripción	Tipo	Equipos o Herramientas	Materiales / Consumibles	Mano de Obra	Frecuencia
5	A2.1.2	Limpieza MM y lubricación de rieles	Servicio	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Mensual
6	A2.2.1	Limpieza Manual Mecánica	Servicio	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Semestral
7	A2.2.2	Limpieza Manual Mecánica + Reparaciones Mecánicas	Servicio	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Trimestral

Tabla 7. Plan de mantenimiento preventivo para el sistema de traslación

				TURBOPRE SERVICE C.A.			
				PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO			
Cod. Formato				MP-PG-002			
Equipo				Puente Grúa			
Sistema				Sistemas de Traslación del Puente	Elaborado por:	Tallaferro, M. Valbuena, A.	
Item	Cod.	Descripción	Tipo	Equipos o Herramientas	Materiales / Consumibles	Mano de Obra	Frecuencia
1	B1.1.1	Inspección de nivel de lubricante	Servicio	HM - HS	MB - EI - ML	MM - CEL - SHA	Mensual
2	B1.1.2	Inspección o reemplazo de engranajes	Reemplazo	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Trimestral
3	B2.1.1	Reemplazo de ruedas	Reemplazo	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Semestral
4	B2.2.1	Limpieza manual mecánica de rieles	Servicio	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Mensual
5	B3.1.1	Reemplazo de ruedas	Reemplazo	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Semestral
6	B3.2.1	Limpieza manual mecánica de rieles	Servicio	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Mensual
7	B4.1.1	Reemplazo de topes	Reemplazo	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Semestral

Tabla 8. Plan de mantenimiento preventivo para el polipasto

				TURBOPRE SERVICE C.A.			
				PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO			
Cod. Formato				MP-PG-003			
Equipo				Puente Grúa			
Sistema				Polipasto	Elaborado por:	Tallaferro, M. Valbuena, A.	
Item	Cod.	Descripción	Tipo	Equipos o Herramientas	Materiales / Consumibles	Mano de Obra	Frecuencia
1	C1.1.1	Pruebas de relé, del disyuntor, CA, CC y la carga de la batería	Servicio	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Trimestral
2	C1.1.2	Inspección del Sistema Eléctrico.	Servicio	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Mensual
3	C1.2.1	Pruebas de relé, del disyuntor, CA, CC y la carga de la batería	Servicio	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Trimestral
4	C1.3.1	Reemplazo de bobinado	Reemplazo	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Anual
5	C1.3.2	Inspección de rodamientos	Reemplazo	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Semestral
6	C1.3.3	Alineación de ejes	Servicio	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Semestral
7	C2.1.1	Inspección y acondicionamiento mecánico	Servicio	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Trimestral
8	C2.2.1	Inspección y limpieza anti-corrosión	Servicio	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Semestral
9	C3.1.1	Inspección y acondicionamiento mecánico	Servicio	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Trimestral
10	C3.2.1	Inspección y limpieza anti-corrosión	Servicio	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Semestral
11	C4.1.1	Inspección y acondicionamiento mecánico	Servicio	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Trimestral
12	C4.2.1	Inspección y limpieza anti-corrosión	Servicio	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Semestral

Cont. Tabla 8. Plan de mantenimiento preventivo para el polipasto

Item	Cod.	Descripción	Tipo	Equipos o Herramientas	Materiales / Consumibles	Mano de Obra	Frecuencia
13	C5.1.1	Inspección y acondicionamiento mecánico	Servicio	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Trimestral
14	C5.2.1	Inspección y limpieza anti-corrosión	Servicio	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Semestral
15	C5.3.1.	Alineación de ejes del tambor	Servicio	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Semestral
16	C6.1.1	Inspección y acondicionamiento mecánico	Servicio	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Trimestral
17	C6.2.1	Inspección y limpieza anti-corrosión	Servicio	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Semestral

Tabla 9. Plan de mantenimiento preventivo para la estructura del puente

				TURBOPRE SERVICE C.A.			
				PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO			
Cod. Formato				MP-PG-004			
Equipo				Puente Grúa			
Sistema				Estructura del Puente	Elaborado por:	Tallaferro, M. Valbuena, A.	
Item	Cod.	Descripción	Tipo	Equipos o Herramientas	Materiales / Consumibles	Mano de Obra	Frecuencia
1	D1.1.1	Inspección y limpieza anti-corrosión	Servicio	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Semestral
2	D1.1.2	Inspección y acondicionamiento mecánico	Servicio	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Semestral
3	D1.1.3	Inspección y acondicionamiento mecánico	Servicio	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Semestral
4	D2.1.1	Inspección y limpieza anti-corrosión	Servicio	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Semestral
5	D2.1.2	Inspección y acondicionamiento mecánico	Servicio	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Semestral
6	D2.1.3	Inspección y acondicionamiento mecánico	Servicio	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Semestral
7	D3.1.1	Reemplazo de ruedas	Reemplazo	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Anual
8	D3.2.1	Limpieza manual mecánica	Servicio	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Mensual

Tabla 10. Plan de mantenimiento preventivo del carro transversal

			TURBOPRE SERVICE C.A.				
			PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO				
Cod. Formato			MP-PG-005				
Equipo			Puente Grúa				
Sistema			Carro Transversal		Elaborado por:	Tallaferro, M. Valbuena, A.	
Item	Cod.	Descripción	Tipo	Equipos o Herramientas	Materiales / Consumibles	Mano de Obra	Frecuencia
1	E1.1.1	Inspección de nivel de lubricante	Servicio	HM - HS	MB - EI - ML	MM - CEL - SHA	Mensual
2	E1.1.2	Inspección y acondicionamiento mecánico	Servicio	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Trimestral
3	E2.1.1	Inspección y limpieza anti-corrosión	Servicio	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Semestral
4	E2.1.2	Inspección y acondicionamiento mecánico	Servicio	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Trimestral
5	E2.1.3	Inspección y acondicionamiento mecánico	Servicio	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Trimestral
6	E2.2.1	Inspección y acondicionamiento mecánico	Servicio	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Trimestral
7	E3.1.1	Reemplazo de elementos	Reemplazo	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Annual
8	E3.2.1	Limpieza manual mecánica	Servicio	HM - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Mensual

Tabla 11. Plan de mantenimiento preventivo para el sistema eléctrico

			TURBOPRE SERVICE C.A.				
			PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO				
Cod. Formato			MP-PG-006				
Equipo			Puente Grúa				
Sistema			Sistema Eléctrico		Elaborado por:	Tallaferro, M. Valbuena, A.	
Item	Cod.	Descripción	Tipo	Equipos o Herramientas	Materiales / Consumibles	Mano de Obra	Frecuencia
1	F1.1.1	Limpieza de contactos	Servicio	HE - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Semestral
2	F1.1.2	Revisión de niveles de corriente en equipo	Servicio	HE - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Trimestral

Cont. Tabla 11. Plan de mantenimiento preventivo para el sistema eléctrico

Item	Cod.	Descripción	Tipo	Equipos o Herramientas	Materiales / Consumibles	Mano de Obra	Frecuencia
3	F1.1.3	Inspección visual	Servicio	HE - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Trimestral
4	F1.2.1	Inspección visual	Servicio	HE - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Trimestral
5	F2.2.2	Inspección visual	Servicio	HE - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Trimestral
6	F2.3.1	Limpieza de contactos	Servicio	HE - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Semestral
7	F2.3.2	Revisión de niveles de corriente en equipo	Servicio	HE - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Trimestral
8	F2.3.3	Inspección visual	Servicio	HE - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Trimestral
9	F3.3.1	Inspección visual	Servicio	HE - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Trimestral
10	F3.4.2	Inspección visual	Servicio	HE - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Trimestral
11	F4.1.1	Inspección visual	Servicio	HE - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Trimestral
12	F4.2.1	Limpieza de contactos	Servicio	HE - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Semestral
13	F4.2.2	Revisión de niveles de corriente en equipo	Servicio	HE - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Trimestral
14	F4.2.3	Inspección visual	Servicio	HE - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Trimestral
15	F4.3.1	Inspección visual	Servicio	HE - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Trimestral
16	F5.2.1	Inspección visual	Servicio	HE - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Trimestral
17	F7.3.2	Revisión de niveles de tensión en equipo	Servicio	HE - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Trimestral
18	F7.3.3	Revisión de niveles de corriente en equipo	Servicio	HE - HS	MB - EI	MM - CEL - SHA	Trimestral

Para una mayor comprensión, se muestra la leyenda a continuación:

- Equipos o herramientas: HM (herramientas mecánicas) y HS (herramientas de seguridad)
- Materiales y consumibles: MB (materiales básicos), EI (equipos de izaje) y ML (materiales de lubricación)
- Mano de obra: MM (mantenimiento mecánico), CEL (cuadrillas de estructura y limpieza) y SHA (seguridad, higiene y ambiente).

La implementación de este plan de mantenimiento preventivo trae consigo una serie de beneficios significativos para la empresa, dado que se reduce el número de intervenciones necesarias para solucionar averías, lo que se traduce en un menor número de horas empleadas y, por tanto, en una disminución de los costos asociados al mantenimiento correctivo.

Conclusiones

Se describieron los seis (6) equipos de puentes grúa, pertenecientes a la empresa TurboPreServices C.A., estos fueron especificados por medio de fichas técnicas detallando la información relacionada a los elementos pertenecientes a estos, colocando las características de cada uno como nombre, marca, modelo, capacidad, voltaje, entre otros aspectos de interés.

Se determinaron las funciones principales de cada equipo y se identificaron las fallas funcionales y sus causas, mediante el análisis de modos, efectos y criticidad de fallas. Aplicando los criterios para determinar los modos de fallas más críticos, siendo estos el cálculo del número de prioridad de riesgo y la jerarquización de los riesgos mediante la matriz de riesgo en la cual se consideró la frecuencia de ocurrencia y las consecuencias producidas. De esta manera, se obtuvo una clasificación de la criticidad para cada modo de falla.

Después de definir los planes de mantenimiento, se procedió a plantear las actividades correspondientes para cada uno de ellos. En total, se identificaron 82 modos de falla siendo el sistema eléctrico el que presentó el mayor número de modos de falla. Para ello, se señaló un total de 65 actividades de mantenimiento para los sistemas de los puentes grúa.

Posteriormente, se diseñó el plan de mantenimiento preventivo para los seis (6) sistemas pertenecientes a los puentes grúa. A cada uno de estos sistemas, se determinaron y estructuraron las actividades de mantenimiento correspondientes. Cada actividad se estuvo asociada a un modo de fallas encontradas en el AMEF, obteniendo de esta forma un listado de tareas preventivas que ayuden a aminorar las consecuencias de cada uno de ellos. Asimismo, se elaboró un listado con las herramientas y materiales para efectuar las tareas de mantenimiento junto a la mano de obra necesaria para llevar a cabo dichas actividades.

Referencias bibliográficas

- [1] Olarte, W., Botero, M., & Cañon, B. “**Importancia del mantenimiento industrial dentro de los procesos de producción**”. Scientia et Technica, Vol. XVI, No. 44, 354-356. Abril, (2010). <https://www.redalyc.org/pdf/849/84917316066.pdf>
- [2] García Garrido, S. “**Organización y gestión integral de mantenimiento**”. Editorial Díaz de Santos S.A. Madrid, España, (2010).
- [3] Villón Barona, R. J., Naranjo Ortiz, N. E. “**Diseño de un puente grúa curvo para optimización de espacios en lugares abovedados**”. Trabajo de Grado de Ingeniería Mecánica. ESPOL. Guayaquil, Ecuador, (2016).
- [4] Arias, F. G. “**El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica**”. 6ta Edición. Editorial Episteme, C.A. Caracas, Venezuela, 2012.
- [5] Hurtado, J. “**Metodología de la investigación holística**”. Fundación Sypal. Caracas, Venezuela. (1998).

[6] Rivas Castillo, H. **“La importancia de la ficha técnica”**. Revista Especificar. TBM Publicatios, México C. A. de C. V. (2022).

[7] Aguilar-Otero, J., Torres-Arcique, R., Magaña-Jiménez, D. **“Análisis de modos de falla y criticidad (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad”**. Tecnología, Ciencia, Educación. Vol. 25, No. 1, 15-26, (2010).

Producción artesanal de ácido cítrico y vitamina C (ácido ascórbico) a partir del cajuil (*Anacardium occidentale* L.) y el mango (*Mangifera indica*)

*Artisanal production of citric acid and vitamin C (Ascorbic acid) from cashew (*Anacardium occidentale* L.) and mango (*Mangifera indica*)*

María Lucía Pérez Morales

Universidad Rafael Urdaneta, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Química. Maracaibo, Venezuela.

 <https://orcid.org/0009-0005-7903-2877> | Correo electrónico: perezmoralesmarialucia@gmail.com

Francisco Javier Velázquez Villasmil

Universidad Rafael Urdaneta, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Química. Maracaibo, Venezuela.

 <https://orcid.org/0000-0002-6155-2170> | Correo electrónico: velazquezf2008@gmail.com

Arelis Josefina Arrieta

Universidad Rafael Urdaneta, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Química. Maracaibo, Venezuela.

 <https://orcid.org/0009-0007-9541-6963> | Correo electrónico: ingarelisarrieta@gmail.com

José Ramón Ferrer González

Universidad del Zulia, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Química. Maracaibo, Venezuela

 <https://orcid.org/0000-0001-6919-5852> | Correo electrónico: joseferrerg53@gmail.com

Admitido: 17-05-2022

Aceptado: 19-01-2023

Resumen

La investigación se realizó para obtener ácido cítrico y ácido ascórbico a partir del zumo de cajuil y mango. En la caracterización fisicoquímica de los zumos se determinaron: pH, sólidos solubles totales (SST), humedad, cenizas y grasas. Además, se comprobó la factibilidad del método de titulación volumétrica y se determinaron los rendimientos de las concentraciones de los ácidos de los zumos. Los resultados fueron: pH de 4,52 para mango y 4,75 para cajuil; SST (°Brix) para mango 4,5 y 2,5 para cajuil; humedad para mango 94,94% y 96,18 para cajuil; cenizas para mango 0,15% y 0,34% para cajuil; grasas 0,49% mango y 0,34% cajuil. El rendimiento de las concentraciones fue: 38,11 g/L de ácido cítrico, 11,96 g/L ácido ascórbico para mango y 19,89 g/L ácido cítrico, 8,62 g/L ácido ascórbico para cajuil. Concluyendo que, el mango tiene valores mayores de SST, concentración del ácido cítrico y ascórbico, comparado con el cajuil.

Palabras clave: Ácido cítrico, Ácido ascórbico, Mango, Cajuil, Caracterización fisicoquímica.

Abstract

The research was carried out to obtain citric acid and ascorbic acid from cashew and mango juices. In the physicochemical characterization of the juices, the following were determined: pH, TSS, humidity, ashes, and fats. In addition, the feasibility of the volumetric titration method was verified and the yields of the concentrations of the acids in the juices were determined. The results were: pH of 4.52 for mango and 4.75 for cashew; TSS (°Brix) for mango 4.5 and 2.5 for cashew; humidity for mango 94.94% and 96.18 for cashew; ashes for mango 0.15% and 0.34% for cashew; fats 0.49% mango and 0.34% cashew. The yield of the concentrations was: 38.11 g / L of citric acid, 11.96 g / L ascorbic acid for mango and 19.89 g / L citric acid, 8.62 g / L ascorbic acid for cashew. Concluding that mango has higher TSS values, concentration of citric and ascorbic acid, compared to cashew.

Keywords: Citric acid, Ascorbic acid, mango, Cashew, Physicochemical characterization.

Introducción

Dentro del área de la Ciencia de Tecnología de Alimentos, ha ido en constante incremento la producción de sustancias orgánicas, que ayudan a mantener el cuerpo humano en equilibrio funcional, siendo una de ellas, el ácido cítrico, este es un ácido orgánico, presente en la mayoría de las frutas cítricas. Posee grandes propiedades acidulantes y preservantes que aseguran el sabor original de los alimentos [1]. Por su parte, el ácido ascórbico también conocido como vitamina C, es un nutriente esencial en la dieta humana, este se puede obtener de diferentes frutas a través de procesos de extracción y purificación química [2].

De allí la relevancia de la presente investigación, puesto que, la industria alimenticia implementa acidulantes en la preparación de sus bebidas y alimentos para mejorar su sabor o también como conservante. El ácido cítrico es el más utilizado en la industria, pues es altamente soluble en agua, ofrece acidez y adecuado para lo mismo. Además, puede quelar iones metálicos potencialmente pro-oxidantes, lo que permite a los antioxidantes funcionar con mayor eficacia en el retraso de la oxidación y deterioro del producto.

La investigación de Rosales [3], en el trabajo especial de grado titulado “Evaluación de la concentración del ácido cítrico extraído del jugo de piña”, ratificó la presencia del ácido cítrico, determinándose la concentración en la muestra a través de cromatografía líquida de alta presión. Además, se evaluó el pH y los grados Brix, como parámetros fisicoquímicos de la muestra.

Para idear una metodología eficaz, Fang [2], en su tesis “Métodos analíticos para la determinación de vitamina C en alimentos”, dejó constancia de la ventaja que tiene la HPLC (cromatografía líquida de alta eficiencia) sobre otros métodos para la determinación de vitamina C (ácido ascórbico), por la precisión de resultados. Sin embargo, en referencia a la relación costo/eficiencia, se comprobó que es recomendable la titulación volumétrica de óxido-reducción.

La vitamina C se encuentra principalmente en alimentos frescos de origen vegetal (frutas y hortalizas) y, en menor medida, en alimentos de origen animal. Entre los alimentos de origen vegetal como los cítricos (naranjas, mandarinas, limones, Tampico (Jobito), cajuiles, mangos, limas y pomelos), kiwi, fresones, brócoli y lechuga, entre otros alimentos, que son fuente natural de vitamina C, y de origen animal como hígado, leche y productos lácteos [4].

Según Pérez y Velázquez [5] el método de análisis volumétrico utilizado en la investigación fue el indicado en consonancia con los factores establecidos para su ejecución. Lo que se adaptó a las condiciones de tiempo, costo y reactivos. En otras investigaciones futuras se utilizarían otros métodos alternativos disponibles.

Desde el punto de vista económico y comercial, el hecho tangible de encontrar, idear o proponer nuevos métodos, que permitan evitar el exceso de importaciones desde el mercado externo, es de suma importancia. En este panorama, Venezuela posee grandes plantaciones de cajuil y mango, estas frutas no han sido empleadas para la elaboración del ácido cítrico y ácido ascórbico, trayendo como consecuencia la importación de dichos compuestos.

Por otro lado, una metodología experimental que permita obtener ácido cítrico y ácido ascórbico, a partir de una propuesta simple y económica, es el objetivo principal de esta investigación. La metodología para la producción de ácido cítrico y vitamina C (ácido ascórbico) a partir del cajuil (*Anacardium occidentale* L.) y del mango (*Mangifera indica*) es importante, puesto que representa una oportunidad para la investigación científica, contribuyendo de ese modo con el desarrollo científico nacional venezolano.

Materiales y métodos

La investigación para la obtención de ácido cítrico y ácido ascórbico, presente en el zumo de mango (*Mangifera indica*) y cajuil (*Anacardium occidentale* L.) se realizó en el Laboratorio de Química de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Rafael Urdaneta.

Se siguió una investigación de tipo descriptiva, con diseño experimental. La técnica de recolección de datos fue la observación directa, donde las experiencias realizadas en el laboratorio se registraron en tablas contentivas de los parámetros a analizar.

Para la investigación se colectaron 10 pseudofrutos de cajuil (*Anacardium occidentale* L.) tipo criollo (color amarillo) y 10 muestras de mango (*Mangifera indica*) en estado de maduración (amarillos). Las muestras se colectaron en estado de madurez, las unidades se empaquetaron en bolsas plásticas y se trasladaron al laboratorio, donde fueron lavadas con agua potable y secadas para luego proceder con las experiencias. El zumo de los frutos se obtuvo mediante un extractor de jugos marca Oster® modelo FPSTJE316W y luego se filtró inmediatamente. El volumen del zumo se midió con un cilindro graduado de 200 mL.

Se analizaron los siguientes parámetros fisicoquímicos en las muestras de los jugos (preparadas con 40% de fruto y 60% de agua destilada): pH y °Brix (contenido de sólidos solubles totales). Además, se analizaron los parámetros de la composición proximal de los frutos mango y cajuil: contenido de humedad (%), contenido de cenizas (%) y contenido de grasas (%).

Para cumplir con el proceso de investigación, se siguieron cuatro fases y se establecieron los procedimientos indicados para la obtención de los datos. Estas fases fueron las siguientes:

Fase I. Caracterización fisicoquímica del zumo de mango y del zumo de cajuil y la composición proximal de las pulpas de mango y cajuil

En primera instancia se realizó la determinación de parámetros como el pH y °Brix (contenido de sólidos solubles totales) por triplicado:

Determinación del pH

Para medir el pH fue utilizado un pH- metro, marca OAKTON®, modelo PH 50 Series, mediante la Comisión Venezolana de Normas Industriales, COVENIN 1315-79 [6]. En un vaso precipitado que contenía agua destilada, se calentó por 5 minutos y fueron retirados los electrodos del agua destilada, se secaron con una toalla de papel fino. En la determinación del valor de pH de las muestras se utilizó un volumen de 150 mL, en un vaso precipitado de 300 mL, se realizó con una tolerancia de 0,01 a 0,09 unidades, como lo sugiere Rosales [3].

Determinación de grados °Brix

Para la determinación de los grados °Brix del jugo de mango y jugo de cajuil, el producto se agitó para asegurar una homogeneidad en las muestras, y luego se filtraron a través de un algodón absorbente, según la norma Comisión Venezolana de Normas Industriales, COVENIN 924-83 [7]. Se continuó la circulación de agua a través de la camisa del medidor refractómetro marca AICHOSE®, modelo SR-0028BE, durante un tiempo suficiente para que la temperatura de los prismas y de la muestra se tornaran iguales y constantes al efectuar la lectura.

Luego se realizaron los siguientes parámetros de la composición proximal de los frutos mango y cajuil, por triplicado:

Determinación de humedad

Las muestras obtenidas de 5 a 10 gramos de frutos fueron secadas y pesadas previamente. Se colocaron en cápsulas limpias y luego se llevaron en la estufa (marca MEMMERT®, modelo Universal Ufe-550), a una temperatura de 103 °C por 2 horas, siguiendo lo descrito por la norma Comisión Venezolana de Normas Industriales, COVENIN 1156-79 [8]. Las muestras se retiraron y se dejaron enfriar a temperatura ambiente en el desecador para luego proceder a tomar su peso. Del mismo modo, culminado la primera fase, se colocaron nuevamente en la estufa por 30 minutos, se dejaron enfriar y pasado el tiempo y se pesaron nuevamente hasta obtener un peso constante.

Determinación de cenizas

Se calentó previamente el horno (marca Thermolyne®, modelo ThermoScientific - FB1410M) y se introdujeron los crisoles lavados por 20 minutos, se retiraron y se dejaron enfriar en el desecador a temperatura

ambiente, para posteriormente pesar en los crisoles de 2 a 6 gramos de las muestras, siguiendo lo descrito por la norma Comisión Venezolana de Normas Industriales, COVENIN 1155-79 [9]. Estos fueron colocados en contacto directo con el mechero hasta lograr la combustión completa del material. Finalmente, se colocaron los crisoles en el horno a aproximadamente 550 y 600° por 2 horas.

Determinación de grasas

Las grasas fueron determinadas a través del método de extracción por Soxhlet (marca LaboyGlass, aparato de extracción con 45/50 y 24/40) siguiendo lo descrito por la norma Comisión Venezolana de Normas Industriales, COVENIN 1219-2000 [10]. Primeramente, se colocó el éter de petróleo (solvente) en los balones con las perlas, para el calentamiento a 60- 80 °C (temperatura de ebullición del solvente). El condensado cayó sobre el recipiente que contenía un cartucho con la muestra (10 gramos de las pulpas de los frutos mango y cajuil) en su interior, este ascendió su nivel cubriendo el cartucho hasta el punto donde se produce el reflujo que devuelve el solvente con el material extraído del balón. Lo extraído fue concentrando en el balón del solvente.

El equipo utilizado para este procedimiento es un extractor de grasa (marca LABCONCO®, modelo 3000500100) en el que se colocó la muestra que fue extraída de los equipos Soxhlet, por 15 minutos cada muestra a 40 °C. Este equipo permitió la evaporación del éter de petróleo (solvente) y la obtención de las grasas.

Fase II. Determinación del rendimiento del ácido cítrico y ácido ascórbico presentes en el zumo de mango (*Mangifera indica*) y cajuil (*Anacardium occidentale* L.)

Para la consolidación de esta etapa, se llevó a cabo un procedimiento de titulación volumétrica del jugo de mango y del jugo de cajuil respectivamente.

Titulación volumétrica del ácido cítrico

Para la titulación volumétrica del zumo de mango y pseudofruto de cajuil, en un matraz de 100 mL se preparó una muestra que contenía 10 mL de zumo natural, 90 mL de agua destilada y 5 gotas de indicador de fenolftaleína. Se llenó una bureta de 50 mL de la solución estandarizada de NaOH (hidróxido de sodio) 0,1 N y se ubicó la bureta en un soporte universal. Manteniendo la muestra en agitación con la asistencia de una plancha agitadora y un agitador magnético, se tituló rápidamente la muestra hasta observar en la misma un cambio de color a rosa pálido que perdure por al menos 30 segundos, este ensayo fue repetido tres veces por cada una de las muestras analizadas.

Se midió la concentración del ácido cítrico por la ecuación 1, siguiendo lo descrito por la norma Comisión Venezolana de Normas Industriales, COVENIN 1151-77 [11]:

$$\text{Concentración del ácido cítrico} \left(\frac{\text{g}}{\text{L}} \right) = 10 \cdot V1 \cdot N \cdot me / V \quad (1)$$

Donde:

V1: Volumen de la solución de Hidróxido de Sodio empleado en la titulación, en mililitros.

N: Normalidad de la solución de Hidróxido de Sodio (0,1 N).

me: Peso miliequivalente del ácido cítrico.

V: Volumen de la muestra en mililitros.

Titulación volumétrica para la determinación de ácido ascórbico

En un matraz Erlenmeyer se colocaron 10 mL de zumo, 15 mL de agua destilada, 5 gotas de ácido clorhídrico (1 M) (como catalizador) y 10 gotas de almidón al 1%. Posteriormente, se llenó la bureta con 15 mL de solución yódica (1 %). Se tituló lentamente mientras se mantenía la agitación de la solución en el Erlenmeyer, hasta que la solución se tornó de un color azul. Finalmente, se calculó el volumen total de la solución yódica gastado para lograr la reacción que mostró la presencia del ácido ascórbico. Este procedimiento se realizó por triplicado. La concentración de ácido ascórbico se calculó con la ecuación 2, según lo indicado por los investigadores Fang [2], Campos [12] y Harris [13]:

$$\text{Concentración del ácido ascórbico} \left(\frac{\text{g}}{\text{L}} \right) = V \cdot \left(\frac{C_{\text{patrón}}}{V_{\text{patrón}}} \right) \quad (2)$$

Donde:

V: volumen gastado de la solución yódica para la muestra.

C_{patrón}: Concentración del patrón del ácido ascórbico (0,25 g/L).

V_{patrón}: Volumen gastado de la solución yódica para la solución patrón de ácido ascórbico (6,8 mL).

A continuación, se presenta la Tabla 1, que indica las diferentes ecuaciones utilizadas para los cálculos dentro de la caracterización fisicoquímica y el cálculo de rendimiento de los jugos de mango y cajuil, respectivamente.

Tabla 1. Ecuaciones para el cálculo para parámetros fisicoquímicos y de rendimiento

Parámetro	Ecuación		Descripción / nomenclatura
Humedad	$H\% = (H_2 - H_1) \cdot \frac{100}{H_1 - H_0} \quad (3)$	(3)	H ₀ = Peso de la muestra vacía, en gramos H ₁ = Peso de la cápsula conteniendo la muestra, antes de desecarla, en gramos H ₂ = Peso de la cápsula y la muestra, después de desecarla, en gramos.
Cenizas	$C\% = \frac{(C_2 - C_0) \cdot 100}{C_1 - C_0} \quad (4)$	(4)	C ₀ = Peso del crisol vacío, se mide en gramos C ₁ = Peso del crisol conteniendo la muestra de ensayo, se mide en gramo C ₂ = Peso del crisol y cenizas, se mide en gramos.
Grasas	$\%G = \frac{(G_2 - G_1) \cdot 100}{G_0} \quad (5)$	(5)	G ₀ = Masa de la muestra inicial G ₁ = Masa del frasco y su contenido posterior a la extracción, medida en gramos G ₂ = Masa del frasco antes de la extracción, medida en gramos

Se realizaron análisis estadísticos de medias y desviaciones estándar para todas las determinaciones de parámetros fisicoquímicos de los jugos y las composiciones proximales de las pulpas de los frutos; además, para las titulaciones y para las concentraciones del ácido cítrico y ácido ascórbico.

Resultados y discusión

En esta etapa se detallan los resultados obtenidos, logrando alcanzar los objetivos mediante el diseño seleccionado para la investigación, los instrumentos de recolección pertinentes y las fases de la investigación.

Caracterización fisicoquímica del zumo de cajuil y mango y la composición proximal de las pulpas de mango y cajuil

En la Tabla 2 se presentaron los diferentes análisis fisicoquímicos que se realizaron y los resultados obtenidos en los experimentos:

Tabla 2. Parámetros fisicoquímicos del zumo de cajuil y mango y la composición proximal de las pulpas de mango y cajuil

Tipo de análisis	Zumo de cajuil Valor ($\mu \pm \sigma$)	Zumo de mango Valor ($\mu \pm \sigma$)	Valor de referencia (máximo-aceptable)	Método empleado
pH	4,75 \pm 0,11	4,52 \pm 0,06	4,5	COVENIN 1315-79
Sólidos solubles totales (°Brix)	2,5 \pm 0,07	4,5 \pm 0,04	13,5 (mango) 3,54 (cajuil)	COVENIN 924-83
Contenido de humedad (%)	96,18 \pm 0,47	94,94 \pm 0,54	68-82% (mango) 84-89% (cajuil)	COVENIN 1156-79
Contenido de cenizas (%)	0,04 \pm 0,16	0,15 \pm 0,09	0,4-0,5 (mango) 0,19-0,34 (cajuil)	COVENIN 1155-79
Contenido de grasas (%)	0,34 \pm 0,01	0,49 \pm 0,03	0,4 (mango) 0,005-0,5 (cajuil)	COVENIN 1219-2000

Valores de la forma $\mu \pm \sigma$, donde μ representa la media y σ la desviación estándar

En la Tabla 2 se observó que los valores obtenidos tanto para pH como para °Brix se encuentran fuera del rango establecido por lo reportado por otros autores [14,15, 16, 17,18]. El parámetro fisicoquímico, sólidos solubles totales, se asocia al grado de madurez de las frutas, aunque su uso principal es como índice de calidad organoléptica, y dichos sólidos están constituidos, principalmente, por azúcares simples, sales, ácidos, y otros compuestos solubles en agua, siendo los azúcares sacarosa, glucosa y fructosa, y algunos ácidos orgánicos, los compuestos de mayor abundancia, para este tipo de materias primas, como lo son la fruta mango y el pseudofrutocajuil [19]. Demostrando de esta manera que la concentración de azúcares viene ligada a varios parámetros como la madurez de la fruta, variedad, nutrientes, tiempo de cosecha, entre otros, al igual que la dilución y la acidez propia de las frutas. Del mismo modo, el contenido de humedad elevado indica la jugosidad en la pulpa del fruto.

El contenido de cenizas se encuentra por debajo de los valores referenciados por otros autores [17, 20, 21,22] que presentan datos en pulpa de fruta, lo que es de esperarse, debido al hecho de que lo analizado en este trabajo es una dilución, es decir, el jugo de la fruta. Las cenizas son indicadores del contenido total de minerales, que cumplen las funciones metabólicas importantes en el organismo, es necesario destacar que diversos factores influyen en la composición nutricional de las frutas, como nutrientes en planta, sistema de desinfección en plantas, estado de madurez, variedad de la fruta, entre otros [16].

Finalmente, el contenido de grasas obtenido en el jugo de mango fue ligeramente superior a lo reportado por otros autores; mientras que, el contenido de grasa detectado en el jugo de cajuil coincide con los valores presentados en la literatura [14,15]. La obtención de grasa comestible a partir de frutas, específicamente del mango y cajuil, constituyen una alternativa viable para la elaboración de alimentos funcionales [16].

Concentraciones del ácido cítrico y ácido ascórbico presentes en el zumo de cajuil y mango

La determinación de las concentraciones del ácido cítrico y el ácido ascórbico en el zumo de cajuil y mango se basó en la norma Comisión Venezolana de Normas Industriales, COVENIN 1151-77 [11] para la determinación de ácidos en frutas y en sus productos derivados, cuyos resultados se presentan en la tabla 4.

Tabla 4. Concentración de ácido cítrico presente en el cajuil y mango para las diferentes muestras de los zumos

Muestras	Volumen de NaOH gastado en la titulación (mL)	Concentración (g/L) en el cajuil	Volumen de NaOH gastado en la titulación (mL)	Concentración (g/L) en el mango
Muestra 1	0,40	20	0,10	38,30
Muestra 2	0,40	19,96	0,10	38,11
Muestra 3	0,40	19,72	0,10	37,92

La Tabla anterior muestra que el volumen de NaOH consumido por el cajuil se mantiene constante en 0,4 mL; mientras que, el del mango se mantiene constante en 0,1 mL. Por tanto, calculando la concentración para cada una de las pruebas realizadas se obtuvieron valores entre 19,72 g/L-20 g/L de ácido cítrico para el cajuil y 37,92 g/L-38,30 g/L para el mango. Además, se presentan en la Tabla 5 los valores promedio (μ) y de la desviación estándar (σ) de la concentración de ácido cítrico presente en el zumo de cajuil y en el zumo de mango.

Tabla 5. Concentración de ácido cítrico extraído del cajuil y el mango

Zumos de los frutos	Concentración (g/L) Valor ($\mu \pm \sigma$)
Cajuil	19,89 \pm 0,14
Mango	38,11 \pm 0,19

Valores de la forma $\mu \pm \sigma$, donde μ representa los valores promedios y σ la desviación estándar

En la Tabla 6 se presenta la concentración de ácido ascórbico obtenida para las muestras de cajuil y mango.

Tabla 6. Concentración de ácido ascórbico presente en el cajuil y mango para diferentes muestras

Muestras	Volumen de yodo al 1% gastado en la titulación (mL)	Concentración (g/L) en el cajuil	Volumen de yodo al 1% gastado en la titulación (mL)	Concentración (g/L) en el mango
Muestra 1	2,6	13,02	0,8	13,37
Muestra 2	2,5	8,53	0,8	11,96
Muestra 3	2,3	4,31	0,8	10,56

La Tabla 6 se detalla los volúmenes de yodo al 1% gastados en cada una de las titulaciones realizadas, donde se muestra que el volumen gastado no se mantiene constante, sino en un rango entre 2,6 mL-2,3 mL de yodo 1% para el cajuil. Sin embargo, para el mango se observó que el volumen gastado se mantuvo en un mismo patrón de 0,8 mL de yodo al 1%. En la Tabla 7 se muestran las concentraciones de los valores promedios (μ) y de la desviación estándar (σ) de ácido ascórbico en las muestras de los zumos analizados, siendo mayor en el zumo de mango que en el de cajuil.

Tabla 7. Concentración de ácido ascórbico extraído del cajuil y el mango

Zumos de las frutas	Concentración (g/L) Valor ($\mu \pm \sigma$)
Cajuil	8,62 \pm 4,35
Mango	11,96 \pm 1,40

Comparación de la composición de ácido cítrico y ácido ascórbico en el cajuil y el mango

La Tabla 8 exhibe los resultados que fueron obtenidos en la presente investigación en la determinación de la concentración de ácido cítrico y ácido ascórbico, presentes en el cajuil y el mango, al igual que los valores reportados en otros trabajos de investigación con otros frutos cítricos como: limón, naranja [23], piña [24] y semeruco [25] para el ácido cítrico, y el de naranja, mandarina, limón y Tampico (Jobico) para el ácido ascórbico [2].

Tabla 8. Concentraciones de ácido cítrico de los extractos de frutos cítricos

Extracto	Concentración (g/L)
Limón	46,00
Naranja	8,80
Piña	5,90
Semeruco	0,67
Cajuil	19,89
Mango	38,11

A manera de observación la comparación entre los diferentes extractos en cuanto a la concentración de ácido cítrico, se presenta la Figura 1:

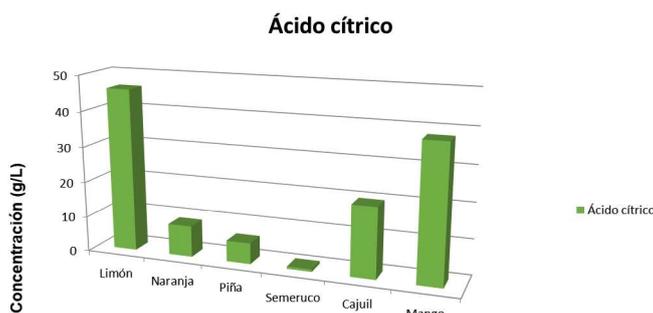


Figura 1. Comparación de las concentraciones de ácido cítrico

En la Figura 1 se apreció la concentración de ácido cítrico extraído del limón, naranja, piña y semeruco, comparado con la concentración de ácido cítrico determinado en el cajuil y el mango, mostrando diferencias apreciables. El jugo de limón presenta la mayor concentración de ácido cítrico seguido por el mango con 38,11 g/L y el cajuil de 19,89 g/L, por lo que, el mango y el cajuil pueden ser utilizados como materia prima para la obtención artesanal de ácido cítrico.

En relación con el contenido de ácido ascórbico en las muestras, en la tabla 9 se resumen las concentraciones de este ácido orgánico en diferentes frutos cítricos.

Tabla 9. Concentraciones de ácido ascórbico en los extractos de frutos cítricos

Extracto	Concentración (g/L)
Naranja	0,6512
Mandarina	0,239
Limón	0,57
Tampico	0,253
Cajuil	8,624
Mango	11,968

Con el fin de observar la comparación de las concentraciones de ácido ascórbico a partir de diferentes frutos de una manera gráfica, se presentó la figura 2.



Figura 2. Comparación de las concentraciones de ácido ascórbico

La Figura 2 muestra la concentración de ácido ascórbico que se encuentra presente en los zumos de naranja, mandarina, limón, Tampico, cajuil y mango. En esta se evidencian diferencias existentes entre dichas concentraciones, siendo la mandarina la que tiene menor concentración de vitamina C (ácido ascórbico) con 0,239 g/L. Ahora bien, en cuanto a los jugos de mango y cajuil obtenidos en este trabajo, se obtuvieron resultados favorables, de 8,624 g/L de ácido ascórbico para el cajuil y 11,96 g/L para el mango, demostrando de esta manera que estos frutos representan una materia prima prometedora para la producción de ácido ascórbico, lo cual representa una ventaja para la industria alimenticia venezolana, puesto que con ello no tendría que seguir exportándose dicho producto para el consumo de la población.

Conclusiones

La caracterización fisicoquímica de los jugos de y mango a través de los métodos utilizados indican que los valores obtenidos son aceptables para los jugos y néctares. Se evidenció que el mango contiene valores mayores en sólidos totales (4,5°Brix), contenido de humedad (94,94%), cenizas (0,15%) y grasas (0,49%) en comparación con el cajuil, con sólidos totales (2,5°Bx), humedad (96,18%), cenizas (0,04%) y grasas (0,34%), colocando al mango como una fruta enriquecida y funcional para la dieta del ser humano.

El mango contiene mayor cantidad tanto de ácido cítrico (38,11 g/L) y de ácido ascórbico (11,96 g/L), comparativamente con el cajuil (19,89 g/L de ácido cítrico y 8,62 g/L de ácido ascórbico).

El zumo de limón contiene mayor concentración de ácido cítrico en comparación al zumo de piña, naranja, semeruco, mango y cajuil. Mientras que, en relación con el ácido ascórbico, el zumo de mango contuvo la mayor concentración al compararlo con los jugos de naranja, mandarina, limón, Tampico y cajuil.

Referencias bibliográficas

- [1] Muñoz-Villa, A., Sáenz-Galindo, A., López-López, L., Cantú-Sifuentes, L. y Barajas-Bermúdez, L. "Ácido Cítrico: Compuesto Interesante". Revista Científica de la Universidad Autónoma de Coahuila. Volumen 6, No 12, 18-23, (2014). https://www.academia.edu/34844431/%C3%81cido_C%C3%ADtrico_Compuesto_Interesante_Citric_Acid_Interesting_Compound
- [2] Fang Z. "Métodos analíticos para la determinación de vitamina C en alimentos". Trabajo Fin de Grado. Facultad de Farmacia. UCM. Madrid, España, (2017).
- [3] Rosales, P. "Evaluación de la concentración del ácido cítrico extraído del jugo de piña". Trabajo Especial de Grado en Ingeniería Química. URU. Maracaibo, Venezuela, (2010).
- [4] UNED. "Guía de alimentación y salud. Guía de nutrición". Uned.es. https://www2.uned.es/pea-nutricion-y-dietetica-I/guia/guia_nutricion/index.htm

[5] Pérez, M. y Velázquez, F. “**Producción artesanal de ácido cítrico y vitamina C (ácido ascórbico) a partir del cajuil (*Anacardium occidentale L.*) y el mango (*Mangifera indica*)**” (Trabajo Especial de Grado en Ingeniería Química). Universidad Rafael Urdaneta. Maracaibo, Venezuela. (2021).

[6] Comisión Venezolana de Normas Industriales. “**Alimento. Determinación del pH (Acidez iónica)**”. (1ra. Revisión). COVENIN 1315:2021. Caracas. Venezuela. Fondonorma, (2021).

[7] Comisión Venezolana de Normas Industriales. “**Frutas y productos derivados. Determinación de sólidos solubles por refractometría**”. (1ra.Rev.). COVENIN 924:1983. Caracas. Venezuela. Fondonorma, (1983).

[8] Comisión Venezolana de Normas Industriales. “**Alimentos para animales. Determinación de humedad**”. COVENIN 1156-79. Caracas. Venezuela. Fondonorma, (1979).

[9] Comisión Venezolana de Normas Industriales. “**Alimentos para animales. Harina de Arroz**”. COVENIN 1155-79. Caracas, Venezuela. Fondonorma, (1979).

[10] Comisión Venezolana de Normas Industriales. “**Carne y productos cárnicos: Determinación de grasa total**”. (3ra Revisión). COVENIN 1219-2000. Caracas. Venezuela. Fondonorma, (2000).

[11] Comisión Venezolana de Normas Industriales. “**Frutas y productos derivados. Determinación de la acidez**”. COVENIN 1151-77. Caracas. Venezuela. Fondonorma, (1977).

[12] Campos, C. “**Métodos analíticos para la determinación de vitamina C**”. Trabajo de fin de grado. Facultad de Farmacia. Universidad de la Laguna. Santa Cruz de Tenerife. España, (2021).

[13] Harris, D. “**Análisis químico cuantitativo**”. 3a Edición. Barcelona. Editorial Reverté, S. A, 2006.

[14] Faneite, A., Borjas, M. y Ferrer, J. “**Estudio de factibilidad para el establecimiento de una fábrica semi-industrial de compotas de pseudofruto de cajuil (*Anacardium occidentale L.*) En el estado Zulia**”. Revista Tecnocientífica URU, No. 10, 79-94, (2016). <https://revistas.fondoeditorial.uru.edu/index.php/tecnocientificauru/article/view/329>

[15] Cardozo, R., Faneite, A. & Ferrer, J. “**Elaboración de una mermelada artesanal a partir del pseudofruto del cajuil**”. Revista INIA Divulga, Vol. 36, No. 36, 44-51, (2017). https://www.researchgate.net/publication/319838616_Elaboracion_de_mermelada_a_partir_del_pseudofruto_de_cajuil

[16] Alejos-Pineda, R., Arenas de Moreno, L., Ferrer, J., Castellano, G., Nuñez-Castellano, K. y Pérez-Pérez, E. “**Caracterización fisicoquímica del seudo-fruto de dos tipos de merey (*Anacardium occidentale L.*) De una plantación en Mara, estado Zulia, Venezuela**”. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, Vol. 23, No. 2, p. 166, (2022). <https://www.redalyc.org/journal/813/81373798007/html>

[17] Osuna, J., Guzmán, M., Tovar, B., Mata, M. y Vidal, V. “**Calidad del mango ataulfo producido en Nayarit, México**”. Revista Fitotecnia Mexicana, Vol. 25, No. 3, 367 – 374, (2002).

[18] Briceño, S., Zambrano, J., Materano, W., Quintero, I. y Valera, A. “**Calidad de los frutos de mango bocado, madurados en la planta y fuera de la planta cosechados en madurez fisiológica**”. Revista Agronomía Tropical, Vol. 56, No. 4, 461-473, (2005). https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2005000400001

[19] Sulbarán, B.; González, B.; y Fernández, V. “**Caracterización química y actividad antioxidante del pseudofruto de cajuil (*Anacardium occidentale L.*)**”. Revista de la Facultad de Agronomía, Vol. 30, No. 3, 454-469, (2013). https://www.revfacagronluz.org.ve/PDF/julio_septiembre2013/v30n3a2013455469.pdf

[20] Jibaja, L. y Sánchez, J. “**Determinación de la capacidad antioxidante y análisis composicional de la harina de cáscara de mango (*Mangifera indica*) variedad “Criollo” procedente de la provincia de Sullana en Piura**”. Revista Tecnología & Desarrollo. Vol. 13, No. 1, 023-026, (2015). <https://doi.org/10.18050/td.v13i1.748>

[21] Vásquez, W. **“Biometria y características químicas proximales de la cáscara, pulpa, semilla y almendra del mango común (*Mangifera indica* L.) Estados verde, pintón y maduro, de Yarinacocha”**. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agroindustrial. UNU, Pucallpa, Perú, (2023).

[22] Zárate-Juárez, M., Bahena-Rodríguez, R., Flores-Castro, A. y Lores-Castro Alejandra, y Rodríguez-Rodríguez, J. **“Evaluación de mango (*Mangifera indica*) fresco en polvo del estado de Guerrero, obtenido mediante el método de secado por liofilización”**. Foro de Estudios sobre Guerrero. Vol. 7 No. 1, 11-18, (2020). <https://revistafesgro.cocytieg.gob.mx/index.php/revista/article/view/520>

[23] Pérez, E. y Granadillo, Y. **“Estudios comparativos del rendimiento del ácido cítrico extraído del limón y la naranja”**. (Trabajo Especial de Grado en Ingeniería Química). Universidad Rafael Urdaneta. Maracaibo, Venezuela. (2006).

[24] Rosales, P., y Shirley M. **“Evaluación de la concentración del ácido cítrico extraído del jugo de piña”**. Trabajo Especial de Grado en Ingeniería Química. Universidad Rafael Urdaneta. Maracaibo, Venezuela, (2011).

[25] Maldonado, W. y Liñan, S. **“Comparación del rendimiento del ácido cítrico extraído del semeruco (*Malpighia emarginata*) con respecto al extraído del limón, naranja y piña”**. Trabajo Especial de Grado en Ingeniería Química. Universidad Rafael Urdaneta. Maracaibo, Venezuela, (2014).

Análisis de la calidad fisicoquímica y microbiológica de muestras de queso doble crema

Analysis of the physicochemical and microbiological quality of double cream samples cheese

Paula Beatriz Malaver Briceño

Universidad Rafael Urdaneta, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Escuela de Ingeniería de Producción Animal.
Maracaibo-Venezuela.

 <https://orcid.org/0009-0002-0739-8974> | Correo electrónico: pmalaver.ing@gmail.com

Rómulo Alberto Rincón Abreu

Universidad Rafael Urdaneta, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Escuela de Ingeniería de Producción Animal.
Maracaibo-Venezuela.

 <https://orcid.org/0009-0008-9479-8979> | Correo electrónico: ipadireccion@uru.edu

Admitido: 13/12/2022

Aceptado: 16/01/2023

Resumen

Se realizó una investigación con enfoque cuantitativo de tipo descriptivo, de diseño no experimental y transeccional, con el objetivo de analizar la calidad fisicoquímica y microbiológica del queso doble crema que se produce en la ciudad de Pitalito, Colombia. Se tomaron muestras de queso de proveedores del municipio, a las cuales se les realizó un análisis fisicoquímico y microbiológico, de acuerdo con la normativa colombiana vigente. Las muestras de queso doble crema provenientes de los Proveedores 1 y 3, analizadas, presentaron alteraciones en algunos parámetros microbiológicos como la presencia de *Staphylococcus aureus coagulasa* positiva, así como de coliformes totales y *Salmonella*, mientras que las muestras de queso del Proveedor 2 cumplieron con los parámetros microbiológicos. Los parámetros fisicoquímicos indicaron valores de acidez, humedad, grasa, proteínas y cenizas dentro de los rangos aceptados por la norma NTS 071-MINSA/DIGESA-2008, así como la Resolución 1804/89. Se concluye que el queso doble crema del Proveedor 2 cumplió con las normas en cuanto a los parámetros microbiológicos y fisicoquímicos, por lo que es apto para el consumo humano.

Palabras clave: Calidad fisicoquímica, calidad microbiológica, queso doble crema

Abstract

*A research was carried out with a quantitative descriptive approach of non-experimental and transectional design, with the objective of analyzing the physicochemical and microbiological quality of the double cream cheese produced in the city of Pitalito, Colombia. Cheese samples were taken from suppliers in the municipality, on which a physicochemical and microbiological analysis was carried out, in accordance with current Colombian regulations. The double cream cheese samples from Suppliers 1 and 3 analyzed showed alterations in some microbiological parameters such as the presence of coagulase-positive *Staphylococcus aureus*, as well as total coliforms and *Salmonella*, while the cheese samples from Supplier 2 met the microbiological parameters. The physicochemical parameters indicated values of acidity, humidity, fat, proteins and ash within the ranges accepted by the NTS 071-MINSA/DIGESA-2008 standard, as well as Resolution 1804/89. It is concluded that the double cream cheese from Supplier 2 complied with the standards regarding microbiological and physicochemical parameters, making it suitable for human consumption.*

Keywords: Physicochemical quality, microbiological quality, double cream cheese

Introducción

La leche y los derivados lácteos se encuentran entre los alimentos más consumidos a nivel mundial. Dadas las características altamente nutritivas de estos alimentos ricos en proteínas, minerales, vitaminas y grasas, se impone una vigilancia especial por la calidad e inocuidad de estos productos [1]. Entre los derivados lácteos se encuentran los quesos artesanales, que constituyen una de las principales formas de ingresos y tradición para el sector cooperativo y campesino de muchos países de Latinoamérica; Colombia no constituye una excepción.

La leche cruda se encuentra entre los principales alimentos que pueden transmitir agentes etiológicos productores de infecciones o intoxicaciones alimentarias [2], por lo que, la fabricación de quesos a escala artesanal con leche sin pasteurizar constituye un elevado riesgo de contaminación con bacterias patógenas [3].

La inocuidad de los alimentos es la garantía de que los alimentos no causarán daño al consumidor cuando se preparen y/o consuman de acuerdo con el uso al que se destinen. Desde hace ya algunos años la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) vienen planteando la necesidad de un cambio de enfoque para afrontar importantes problemas relacionados con la inocuidad alimentaria en los países[2].

La comprobación de la calidad e inocuidad de los alimentos es de obligatorio cumplimiento por los productores. Estos son controlados por los gobiernos como forma de prevenir las enfermedades de transmisión alimentaria (ETA). En los últimos años se reporta un incremento de los brotes ETA en muchos países [3].

Tomando en consideración este argumento, existe un creciente interés en estudios sobre malas prácticas sanitarias en la preparación de alimentos y su relación con la aparición de brotes alimentarios, siendo *Staphylococcus aureus* una de las principales causas de intoxicación alimentaria a nivel mundial [4].

Los alimentos se pueden contaminar en los distintos eslabones de la cadena alimentaria, incluidos los hogares y expendios de alimentos preparados para el consumo. En estos últimos, las deficiencias en la manipulación de los alimentos por parte de aquellas personas responsables de su preparación determinan importantes problemas de salud pública, particularmente en los países en vías de desarrollo [5].

Considerando el contexto anterior, Colombia es un país que cuenta con una gran variedad de quesos elaborados artesanalmente con diferentes texturas, sabores, aromas y presentaciones, que se definen según las costumbres, gustos o circunstancias ambientales, que predominan en cada región del país; entre ellos, el queso doble crema, el quesillo tolimense y huilense, la cuajada, el queso campesino, el queso costeño, entre otros; que son elaborados en diferentes regiones del país y hacen parte de la oferta gastronómica con la que cuenta la nación.

Sin lugar a dudas, la variedad de quesos regionales más fabricada y consumida en el país, es el queso fresco, que, en términos prácticos, se puede clasificar entre crudos y cocidos. Dentro de los quesos crudos se tiene la cuajada campesina, en la cual se pasteuriza la leche, se obtiene la cuajada, y posteriormente se realiza el salado y moldeado. También se tiene el quesillo, el queso doble crema, o el Caqueteño. Para los quesos cocidos, después de la obtención de la cuajada, se pasa a la cocción, que puede ser en una semiesfera de acero o “paila”, donde la cuajada se cuece en seco, se hierva en agua o en suero de leche. Uno de los aspectos predominantes en los quesos regionales, es la elaboración artesanal, donde cada región y clase de queso, tiene sus propias técnicas de producción, que se caracterizan principalmente por la experiencia del quesero artesanal en la puesta a punto de su clase de queso particular.

En ese sentido, en la elaboración de los quesos frescos como el caso del queso doble crema que se elabora en Pitalito, Departamento del Huila, Colombia, una cantidad importante del producto es comercializado en el mercado, procedente de pequeños productores, algunos sin preparación técnica, los cuales se aventuran a realizar esta actividad. Entre los errores que se cometen, destacan el empleo de materia prima inadecuada y sin ningún tratamiento de higienización, condiciones sanitarias inapropiadas durante el proceso, deficiente refrigeración en el producto terminado y ausencia de empaque acorde.

Para que estos quesos artesanales lleguen al consumidor pasan por diferentes etapas desde la materia prima, hasta lograr el producto final requerido, y durante el período de transformación es sometido al manejo de distintas personas que deben estar capacitadas para la manipulación de los alimentos, debido a que si no se manipula un alimento en buenas condiciones higiénicas, se pueden producir contaminaciones biológicas, químicas y físicas, por inadecuados procesos de limpieza y desinfección de manipuladores, equipos, utensilios y ambientes, que están en contacto con el alimento. Además de otros factores que no se controlan durante la elaboración del alimento, como la temperatura de cocción y de almacenamiento, el pH, la actividad de agua (aw), entre otros; que pueden promover la proliferación de bacterias, hongos y levaduras, parásitos y virus, que aparte de afectar la salud del consumidor, también afectan la economía de la fábrica [6].

Debido a las deficiencias en los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos que puedan presentar los quesos, se realizó esta investigación con el objetivo de evaluar la calidad fisicoquímica y microbiológica del queso doble crema en la ciudad de Pitalito, Departamento del Huila, Colombia.

Materiales y métodos

Se siguió una investigación con enfoque cuantitativo de nivel descriptivo, de diseño no experimental y transeccional [7]. La investigación se desarrolló por medio de etapas que abarcaron los distintos procedimientos y actividades para determinar la calidad fisicoquímica y microbiológica del queso doble crema que se produce en la ciudad de Pitalito, Colombia.

Primera etapa: Localización de estudio

El estudio se realizó en la ciudad de Pitalito, ubicada en el suroriente del Departamento del Huila, el cual yace sobre el Valle del Magdalena y sobre el vértice que forman las Cordilleras central y oriental. Su extensión territorial es de 653km², altura de 1318 metros sobre el nivel del mar y la temperatura promedio es de 18-21°C [8].

Segunda etapa: Toma de muestras

Las muestras de queso doble crema se tomaron de tres proveedores del municipio, a las cuales se les practicaron pruebas fisicoquímicas y microbiológicas. Se realizaron muestreos semanales durante cinco semanas en los que se tomaron cinco muestras de los tres proveedores en cada muestreo. A cada muestra se le realizó un análisis microbiológico de acuerdo con la normativa colombiana vigente. Todas las muestras se recogieron en cajas de anime en condiciones de refrigeración, conservando una temperatura cercana a los 4°C (Figura 1), y posteriormente se llevaron a un Laboratorio de Control Microbiológico, ubicado en la ciudad de Pitalito, Colombia.



Figura 1. Muestra tomada de queso doble crema

Tercera etapa: Análisis microbiológico del queso doble crema

A cada muestra se le realizó el recuento de coliformes totales y fecales por el método del Número Más Probable (NMP) de la ISO 4831:2006 [9], *Staphylococcus aureus coagulasa* positiva por el método de NF V08-057-1:2004 [10], mohos y levaduras por el método ISO7954:1987 [11], *Salmonella* por el método de AS5013.10.2009 [12] y *Listeria monocytogenes* por el método de BAM FDA: 2010[13].

Cuarta etapa: Análisis fisicoquímico del queso doble crema

Dentro de los análisis fisicoquímicos practicados a las muestras de queso, se realizó la determinación de acidez mediante la titulación con hidróxido de sodio (NaOH 0,1N/100 ml) expresado en porcentaje (%), porcentaje de proteínas por el método de Kjeldahl y porcentaje de humedad (g/100g) según los protocolos de la AOAC [14] y contenido de grasa (g/100g) expresado en porcentaje (%) por cálculo matemático.

Quinta etapa: Análisis de los datos

El análisis de los datos se realizó de acuerdo con lo establecido en las normas colombianas vigentes, como: la Resolución 1804/89, Artículo 2 de las características del queso [15], la Norma Técnica Colombiana NTC 750, 2000-11-22, sobre Productos Lácteos [16], y la Guía para producir quesos colombianos (ICTA, 1994) [17], la cual establece los requisitos microbiológicos que debe cumplimentar la elaboración del queso. En la Tabla 1 se presentó los requisitos microbiológicos para el queso fresco [18].

Tabla 1. Requisitos para queso fresco

Requisitos para queso fresco	n	m	M	c
Exámenes de rutina:				
Coliformes, UFC/g (30°C)	3	1000	5000	1
Coliformes, UFC/g (45 °C)	3	50	100	1
Recuento de mohos y levaduras, UFC/g	3	500	5000	1
Exámenes especiales:				
Recuento de <i>Staphylococcus coagulasa</i> positiva, UFC/g	3	100	1000	1
Detección de <i>Salmonella</i> /25 g	3	0	-	1
Detección de <i>Listeria monocytogenes</i> /25 g	3	0	-	1

Leyenda:

n: número de muestras por examinar

m: índice máximo permisible para identificar nivel de buena calidad

M: índice máximo permisible para identificar nivel de calidad aceptable

c: número máximo de muestras permisibles con resultados entre m y M

Por su parte, en la Tabla 2 se establecieron los siguientes requisitos físico-químicos para el queso [18]:

Tabla 2. Designación de quesos según consistencia

Designación según su consistencia	Humedad sin materia grasa (HSMG)*, m/m
Extraduro	<51,0
Duro	49,0 – 56,0
Firme/Semiduro	54,0 – 6,0
Blando	>67,0

Cont. Tabla 2. Designación de quesos según consistencia

Designación según su contenido de materia grasa	Materia grasa en extracto seco (GES)**, % m/m
Extragraso	≥60,0
Graso	≥45,0 - < 60,0
Semigraso	≥25,0 - < 45,0
Semidescremado	≥10,0 - <25,0
Descremado	< 10,0

$$* HSMG = \frac{\% \text{ Humedad en el queso}}{100 \times \% \text{ grasa en el queso}} \times 100 \quad (\text{Ec. 1})$$

$$** GES = \frac{\% \text{ Humedad en el queso}}{100 \times \% \text{ grasa en el queso}} \times 100 \quad (\text{Ec. 2})$$

Resultados y Discusión

En este apartado se muestran los resultados obtenidos a partir de las pruebas realizadas a las muestras de queso doble crema se presentan y comparan con los valores de referencia establecidos en las normas y en investigaciones previas.

Características microbiológicas del queso doble crema

En la Tabla 3 se presentó los resultados de los análisis microbiológicos obtenidos a partir de las muestras de queso doble crema:

Tabla 3. Tipos bacterianos presentes en las muestras de quesos doble crema (NTC 750 y NTS 071-MINSA/DIGESA-2008) [16, 19]

Tipos	Proveedor 1	Proveedor 2	Proveedor 3
<i>Staphylococcus aureus</i> (UFC/g)	2,48 ± 0,11 x10 ⁵	1,03 ± 0,04 x10 ²	1,6± 0,01 x10 ³
Coliformes totales (UFC/g)	2,906 ± 0,08 x10 ⁵	1,106± 0,1008 x10 ³	1,974± 0,01 x10 ⁵
Mohos (UFC/g)	1,06 ¹ ± 0,08 x10 ¹	<1,04	<1,08
Levaduras (UFC/g)	7,12± 0,13 x10 ³	8,1± 0,15 x10 ³	5,308± 0,01 x10 ¹
<i>Salmonella</i>	Presente	Ausente	Presente
<i>Listeria monocytogenes</i>	Ausente	Ausente	Ausente

Los análisis microbiológicos mostrados en la Tabla 3 evidenció que los valores encontrados de *Staphylococcus aureus coagulasa* positiva en las muestras de quesos de los Proveedores 1 y 3 sobrepasaron los valores establecidos en la norma NTC 750, 2000-11-22 [16], mientras que, el Proveedor 2 se mantuvo dentro de los parámetros permitidos por esta norma, para identificar un queso con nivel aceptable para el consumo humano. En cuanto a la presencia de coliformes totales, los recuentos excedieron en las muestras de los Proveedores 1 y 3; sin embargo, las muestras del Proveedor 2 se mostraron dentro del rango permitido por la NTC 750, 2000-11-22 [16] y la NTS 071-MINSA/DIGESA-2008[19], así como la Resolución 1804/89 [15].

Los recuentos de mohos en las muestras de queso doble crema se mantuvieron dentro de los límites permitidos por la norma colombiana. Sin embargo, los recuentos de levaduras fueron superiores a los límites establecidos en las muestras de los Proveedores 1 y 2 (en una sola muestra de cada uno), mientras que el Proveedor 3 se encontraba en el límite permitido. Además, las muestras de los Proveedores 1 y 3 dieron positivo para la presencia de *Salmonella*. No se detectó la bacteria *Listeria monocytogenes* en ninguna de las muestras analizadas.

La presencia de *Staphylococcus aureus coagulasa* positiva, de coliformes fecales, levaduras y *Salmonella* indican una deficiente calidad sanitaria del producto por problemas de contaminación durante el procesamiento del queso doble crema, del agua, fallas de higiene en equipos, utensilios, superficies, ambientes y manipuladores de alimentos que pudieron influir en la calidad higiénica del producto final. Por otra parte, pudo ocurrir una inadecuada conservación y manipulación durante el expendio del queso fresco que promovió la proliferación microbiana en las muestras analizadas.

En la Tabla 4 se mostró los resultados de los indicadores de contaminación fecal detectados en el queso doble crema.

Tabla 4. Detección de coliformes totales en las muestras de queso doble crema

Proveedores	Promedio de coliformes totales (NMP/g)
1	>910
2	504,8
3	>679,2

Como se observó en la tabla anterior, los valores de coliformes totales en las muestras de los Proveedores 1 y 3 son rechazables ya que se encuentran sobre los límites permisibles de las normas NTC 750:2000-11-22 [16] y NTS 071-MINSA/DIGESA-2008 [19], mientras que las muestras del Proveedor 2 sí cumplen con lo estipulado en las normas. Esto significa que, de las cinco muestras tomadas durante las cinco semanas de muestreo, los Proveedores 1 y 3 presentaron más de una muestra con recuentos de coliformes superiores al nivel de calidad aceptable “M”, mientras que las muestras del Proveedor 2 fueron las únicas consideradas dentro del nivel de buena calidad de acuerdo a la norma “m”. La presencia de bacterias coliformes es indicativo de deficientes condiciones de higiene durante el proceso productivo que condicionaron la contaminación de origen fecal del alimento, además de una inadecuada pasteurización de la leche. Adicionalmente, la presencia de bacterias coliformes advierte sobre la presencia de otros patógenos implicados en enfermedades de transmisión alimentaria (ETA), lo cual es perjudicial para la salud del consumidor [20]. A pesar de ello, no se mostraron alteraciones perceptibles en las características organolépticas de los quesos evaluados.

Los resultados obtenidos en este trabajo para el queso doble crema se comparan a los obtenidos por Rodríguez *et al.* [21], quienes determinaron la carga bacteriana y la calidad higiénica de 50 muestras de queso fresco artesanal, obtenidas en las plazas de mercado del municipio de Tunja, Colombia, obteniendo recuentos de coliformes totales y mesófilos aerobios superiores a lo reportado en las normas, evidenciando una deficiente calidad sanitaria en los productos comercializados. Del mismo modo, Perdomo *et al.* [22], Urribarí [23] y Rodríguez Ubillus [24], en sus trabajos reportaron la presencia de *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* y coliformes totales en quesos frescos, cuyos recuentos excedieron el límite establecido en las normas vigentes consultadas. En contraste, Cetina Cetina [25] reportó condiciones higiénicas adecuadas en las áreas de preparación y almacenamiento de quesos doble crema tipo Mozzarella en el municipio Los Patios al norte de Santander, Colombia, aunque el 20% de las muestras presentó *Staphylococcus aureus*, lo cual representa un factor de riesgo asociado a los manipuladores.

Características fisicoquímicas del queso doble crema

Los resultados obtenidos durante la caracterización fisicoquímica de los quesos elaborados se presentan en la Tabla 5:

Tabla 5. Parámetros fisicoquímicos del queso doble crema

Tipo	Proveedor 1	Proveedor 2	Proveedor 3
Acidez (%)	0,216±0,0008	0,172±0,0130	0,23±0,0007
Humedad (%)	52,56±1,0807	63,20±0,8367	64,60±1,5166
Grasa (%)	18,40±0,8944	20,20±1,6432	21,40±1,9494
Proteínas (%)	16,28±0,0837	20±0,7906	18,10±0,1871
Cenizas (%)	5,40±0,1225	4,14±0,0894	6,00±0,400

Se observó en la tabla anterior que la acidez, el contenido de proteínas y el de cenizas se mantuvieron dentro del rango establecido por las normativas colombianas [15, 19]. Por su parte, la humedad varió entre 52,56 y 64,60 (% g/100g), valores que son bajos para ser quesos frescos, y en cuanto al contenido de grasas, los valores obtenidos son característicos de estos tipos de quesos, los cuales se catalogan como quesos semigrasos según la Resolución 1804/89, Artículo 2 de las características del queso [15].

Los resultados encontrados en el presente trabajo difieren de los obtenidos por Vásquez et al. [26], quienes evaluaron las características fisicoquímicas y microbiológicas de quesos en el estado Lara, Venezuela, demostrando una gran variabilidad en la composición fisicoquímica de los quesos. Sin embargo, en lo que respecta a la calidad microbiológica, se presentaron deficiencias en los quesos, indicando que ello representa un problema de salud pública.

Por su parte, Romero [27], al evaluar la calidad fisicoquímica y microbiológica del proceso de elaboración del queso doble crema en una fábrica de lácteos colombiana, demostró que la calidad fisicoquímica y la contaminación microbiológica afectan la calidad organoléptica del queso doble crema. Esto contrasta con lo obtenido en el presente trabajo, en el que, a pesar de exhibir alteraciones en algunos parámetros microbiológicos, los quesos presentaron características fisicoquímicas y organolépticas adecuadas de acuerdo con las normas vigentes.

Conclusiones

Las muestras de queso doble crema provenientes de los Proveedores 1 y 3, ubicados en la ciudad de Pitalito, Departamento del Huila, Colombia, y analizadas bajo los estándares de las normas colombianas vigentes, presentaron alteraciones en algunos parámetros microbiológicos, como la presencia de *Staphylococcus aureus coagulasa* positiva, coliformes totales y *Salmonella*; mientras que las muestras del Proveedor 2 cumplieron con la mayoría de los parámetros microbiológicos establecidos.

La presencia de microorganismos indicadores de contaminación fecal en las muestras de queso doble crema puede relacionarse con condiciones higiénicas inadecuadas durante el procesamiento y manipulación del producto, lo cual constituye un riesgo para la salud del consumidor.

En general, las muestras de queso doble crema de los tres proveedores cumplieron con los parámetros fisicoquímicos (acidez, humedad, contenido de grasa y cenizas) establecidos para este tipo de queso en las normativas colombianas vigentes. Sin embargo, la presencia de patógenos en las muestras de los Proveedores 1 y 3 indica la necesidad de mejorar las prácticas de higiene en la producción de estos quesos. El queso doble crema elaborado por el Proveedor 2 cumplió con todos los parámetros evaluados, tanto fisicoquímicos como microbiológicos, por lo cual se recomienda su consumo humano.

Referencias bibliográficas

[1] Muehlhoff E, Bennett A, McMahon D. “Leche y productos lácteos en la nutrición humana”. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 276 pp. (2013).

[2] Organización Mundial de la Salud, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (OMS/FAO). “**Informe de la OMS/FAO sobre la evaluación del riesgo de *E. coli* productora de toxina Shiga**”. [higieneambiental.com](https://higieneambiental.com/higiene-alimentaria/informe-de-la-omsfao-sobre-la-evaluacion-del-riesgo-de-ecoli-productora-de-toxina-shiga). (2018). <https://higieneambiental.com/higiene-alimentaria/informe-de-la-omsfao-sobre-la-evaluacion-del-riesgo-de-ecoli-productora-de-toxina-shiga>. .

[3] Merchán N.A., Pineda L., Cárdenas A. K, González N.C, Otálora M.C, Sánchez N. “**Microorganismos comúnmente reportados como causantes de enfermedades transmitidas por el queso fresco en las Américas 2007-2016**”. Revista Cubana de Higiene y Epidemiología. Vol. 56, enero-diciembre, (2018).

[4] Dinges, M.M., Orwin, P. M., Schlievert, P. M. “**Exotoxinas de *Staphylococcus aureus***”. Clin Microbiol Rev. Vol. 13, No. 1, 16–34. Enero, (2000).

[5] Mercado, C. “**Los ámbitos normativos, la gestión de la calidad y la inocuidad alimentaria: una visión integral**”. Revista Agroalimentario, Vol. 12, No. 24. Junio, (2007).

[6] Vértice, E. “**Dietética y manipulación de alimentos**”. Editorial Vértice.España. (2005).

[7]Hernández, R. Fernández, C. y Baptista, P. “**Metodología de la investigación**”. Editorial Mc Graw Hill. México. (2014).

[8]Alcaldía de Pitalito. “**Plan de Productividad y Competitividad Pitalito 2029**”. Bogotá. Colombia, (2019).

[9]. International Organization for Standardization. “**Microbiología de alimentos y piensos - Método horizontal para la detección y enumeración de coliformes - Técnica del número más probable**”. NC-ISO 4831:2006. (2006).

[10] “**Microbiología de los alimentos - Método de rutina para el recuento de estafilococos coagulasa positivos por recuento de colonias a 37 ° C - Parte 1: Técnica con confirmación de colonias**”. NF V08-057-1 2004. Ediciones AFNOR. Francia, (2004).

[11] International Organization for Standardization . “**Microbiología - Orientación general para el recuento de levaduras y mohos - Técnica de recuento de colonias a 25 grados C. NC-ISO 7954:1987**”, (1987).

[12] International Organization for Standardization. “**Microbiology of the food chain-Horizontal Method for the detection, enumeration and serotyping of Salmonella Part 1: Detection of Salmonella**” spp. ISO 6579-1:2017. (2017).

[13]. “**Rapid Methods for Detecting Foodborne Pathogens. Bacteriological Analytical Manual BAM y Food and Drug Administration FDA**”, (2010). <https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-07/documents/fda-bam-appendix1.pdf>

[14] Association of Official Analytical Chemists (AOAC). “**Official Methods of Analysis 18th Ed. Ed. Association of Officiating Analytical Chemists**”. Washington D.C., U.S.A, ISBN: 978-093-5584-752. AS5013.10.2009. (2010).

[15] Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia. **Resolución número 02310 de 1986**. (1986). <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/OT/Resolucion-2310-de-1986.pdf>

[16] Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. “**Productos Lácteos Queso Norma Técnica Colombiana. NTC 750**”. (2000). <https://es.scribd.com/doc/145758324/NTC-750-Queso>

[17] Instituto Colombiano de Tecnología de Alimentos, ICTA. “**Guía para producir quesos colombianos**”. Bogotá, Colombia. (1994).

[18] Organización Mundial de la Salud y Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. “**Codex Alimentarius: Leche y productos Lácteos**”. 1era edición. Editorial FAO, (2007).

[19] Ministerio de Salud y Dirección General de Salud Ambiental “**Norma Sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano**”. N° 591-2008/MINSA. (2008).

[20] Boscán Huerta, M., González Portillo, A., Díaz Borrego, L. “**Características fisicoquímicas y organolépticas de productos elaborados con leche de cabra en la región zuliana**”, Revista Tecnocientífica URU, No. 23, 33-45, Julio-diciembre, (2022).

[21] Rodríguez Pacheco, J., Romero J.E., Borrás L.M., Pulido M.O., Corredor D.J. “**Calidad microbiológica en quesos frescos artesanales distribuidos en plazas de Tunja, Colombia**”. Revista Cubana de Higiene y Epidemiología, Vol. 53, No. 3, (2015).

[22] Perdomo, C., Gutiérrez, F., García, O., Acevedo, I., Bastidas, Z., Kowalski, A. “**Caracterización fisicoquímica y bacteriológica de queso blanco artesanal en la parroquia Buría, estado Lara, Venezuela**”. Revista de Gaceta De Ciencias Veterinarias. Vol. 20, No. 2, 35-44, (2016).

[23] Urribarí M.G. “**Evaluación microbiológica del queso artesanal elaborado en la ciudad de Maracaibo**”. Trabajo Especial de Grado En Ingeniería de Producción Animal. URU. Maracaibo, Venezuela, (2017).

[24] Rodríguez Ubilluz A.F. “**Determinación de coliformes totales en queso fresco comercializado en el distrito de Canchaque – Provincia Huancabamba – Piura – 2019**”. Trabajo de Grado en Medicina Veterinaria. UNP. Perú, (2019).

[25] Cetina-Cetina, Y. L. “**Evaluación de la calidad microbiológica del queso doble crema-tipo Mozzarella de la empresa Lácteos Cetina municipio de Los Patios (Norte de Santander) 2021-2022**”. Trabajo Especial de Grado en Bacteriología y Laboratorista Clínico. UDES. Cúcuta-Colombia, 2022.

[26] Vásquez, N., Durán, L., Sánchez, C., Acevedo, I. “**Evaluación de las características fisicoquímicas y microbiológicas del queso blanco a nivel de distribuidores, estado Lara, Venezuela**”. Zootecnia Tropical. Vol. 30, No. 3, 217-223, (2012).

[27] Romero García, L. “**Evaluación fisicoquímica y microbiológica del proceso de elaboración del queso doble crema en una fábrica de lácteos del municipio de Belén**”. Trabajo de Pregrado. UPTC. Tunja, Colombia, (2015).

Normas para la presentación de trabajos científicos

La **Revista Tecnocientífica URU** es una publicación arbitrada y de divulgación adscrita a la Universidad Rafael Urdaneta, Maracaibo, Venezuela. Es una revista de difusión científica, contentiva de artículos de investigación originales e inéditos en las áreas de Ingeniería Química, Civil, Eléctrica, Computación, Telecomunicaciones, Industrial, Producción Animal, Arquitectura y otras disciplinas directamente relacionadas con estas, de autoría individual o colectiva, que cumplan con las normas de publicación que se presenta a continuación:

ENVÍO DE TRABAJOS

Para enviar su trabajo a la Revista, los autores deben adjuntar una carta de cesión de derechos de autor debidamente firmada por todos los coautores. Este documento, disponible en nuestra página web: <https://revistas.fondoeditorial.uru.edu/index.php/tecnocientificauru/libraryFiles/downloadPublic/4>, certifica la originalidad del trabajo y otorga a la Revista los derechos exclusivos para su publicación. La carta debe presentarse en formato digital y enviarse junto con el manuscrito a la siguiente dirección de correo electrónico: tecnocientifica@uru.edu. O bien, puede entregarse en persona en la Dirección del Fondo Editorial (Edificio de Biblioteca, oficina B2-02). En caso de que el trabajo sea resultado de un Trabajo Especial de Grado y cuente con la recomendación de la Escuela correspondiente, esta última se encargará de gestionar el envío. Se recuerda a los autores la importancia de cumplir con todos los requisitos establecidos en las normas de publicación de la Revista.

IDIOMAS

1. Se reciben trabajos en el idioma español o inglés. En caso de trabajos escritos en idioma inglés se recomienda la revisión por un experto en esa lengua.

ESTRUCTURA DE LOS TRABAJOS

2. La estructura de los artículos de investigación y las notas técnicas es la siguiente: Portada, resumen (en español e inglés), introducción, fundamentos teóricos (en caso que aplique), parte experimental, resultados, discusión de resultados, conclusiones, agradecimiento (en caso que aplique) y referencias bibliográficas.

3. La estructura de los trabajos indicados en los puntos 9 al 13 se recomienda que contenga como mínimo: Portada, resumen (en español e inglés), introducción, el cuerpo del trabajo, conclusiones, agradecimientos (en caso que aplique) y referencias bibliográficas, aunque también pueden tener la estructura IMRyD.

TÍTULOS, INTERLINEADO Y TIPO DE LETRA

4. Los trabajos científicos debe escribirse con el tipo de letra Times New Roman, tamaño 12 pts, y texto con alineación justificada. El título del trabajo debe ser de tamaño 16 pts con negritas y centrado y los títulos de las Figuras, Tablas y textos subordinados en tamaño 10 pts.

5. El nombre de cada sección se escribirá en negritas. Estos deberán estar centrados.

6. El nombre de las subsecciones se escribirá en negritas a la izquierda del texto y en mayúsculas y minúsculas.

7. El interlineado se debe realizar a doble espacio a excepción del resumen, agradecimiento y referencias bibliográficas que van a un espacio.

TIPO DE TRABAJOS

Se aceptarán para la publicación trabajos científicos y técnicos originales e inéditos. No se aceptan PrePrint o material enviado a otro órgano de divulgación científica. Los trabajos se recibirán con una extensión

de un máximo de veinte (20) páginas y en documento editable, escrito en MICROSOFT OFFICE WORD. Se consideran trabajos científicos los siguientes:

8. Artículos de investigación: son trabajos que plantean un resultado derivado de la aplicación y experimentación de un proceso investigativo en las áreas de conocimiento de la revista.

9. Artículos de actualización: son trabajos que resumen el “Estado del Arte” de las áreas de conocimiento de la revista.

10. Artículos de reflexión: son trabajos que tratan un tema específico de las áreas de conocimiento de la revista, desde una perspectiva analítica, interpretativa y crítica del autor, recurriendo principalmente a las fuentes originales.

11. Artículos de revisión: es un estudio pormenorizado, selectivo y crítico donde se analizan, sistematizan e integran los resultados de investigaciones publicadas, sobre una temática especializada de las áreas de conocimiento de la revista.

12. Artículos de discusión: son trabajos que presentan un debate de afirmaciones realizadas en artículos publicados en la revista.

13. Artículos de invitados especiales: son trabajos científicos sobre una temática de interés de la revista, donde un autor especializado ofrece su punto de vista, por tanto, requiere de una invitación para publicar.

14. Notas técnicas: son trabajos que reflejan las mejoras de un proceso en ingeniería, resultados de investigaciones derivadas del ejercicio profesional en la ingeniería y ciencias afines, con un máximo de ocho (8) páginas.

LA PORTADA DEL TRABAJO

Los trabajos deben presentar en la portada los siguientes datos:

15. Título del trabajo en español e inglés en letras mayúsculas y minúsculas, excepto cuando contiene siglas o acrónimos, en cuyo caso se escriben en mayúsculas.

16. Nombre(s) del autor(s), hasta un máximo de seis (6) autores. Cada autor debe declarar su respectiva adscripción institucional, ciudad, país, correo electrónico y código ORCID.

17. Resumen del trabajo en español e inglés (abstract) con un máximo de doscientas (200) palabras, sin sangría, escrito en un solo párrafo que contenga de forma breve los siguientes aspectos: objetivo general, metodología empleada, resultados más relevantes y una conclusión global.

18. Palabras clave en español e inglés (Key words) con un máximo de cinco (05) palabras.

CITAS, REFERENCIAS, TABLAS, ECUACIONES Y FIGURAS

19. Se reciben trabajos en el idioma español o inglés. En caso de trabajos escritos en idioma inglés se recomienda la revisión por un experto en esa lengua.

20. La estructura de los artículos de investigación y las notas técnicas es la siguiente: Portada, resumen (en español e inglés), introducción, fundamentos teóricos (en caso que aplique), parte experimental, resultados, discusión de resultados, conclusiones, agradecimiento (en caso que aplique) y referencias bibliográficas. La estructura de los trabajos indicados en los puntos 9 al 13 se recomienda que contenga como mínimo: Portada, resumen (en español e inglés), introducción, el cuerpo del trabajo, conclusiones, agradecimientos (en caso que aplique) y referencias bibliográficas, aunque también pueden emplearse la estructura IMRyD.

21. El nombre de cada sección se escribirá en negritas. Estos deberán estar centrados.

22. El nombre de las subsecciones se escribirá en negritas a la izquierda del texto y en mayúsculas y minúsculas.

23. El interlineado se debe realizar a doble espacio a excepción del resumen, agradecimiento y referencias

bibliográficas que van a un espacio.

24. Las fotografías, mapas, diagramas, flujogramas y gráficos e imágenes deben denominarse como Figura y numeradas con números arábigos, incluir un título y leyenda (si aplica). Y, además, deben mencionarse dentro del texto correspondiente. En caso, que la Figura no pertenezca al autor o autores, se debe incluir la fuente de la misma entre corchetes al final del título de la Figura. Ejemplo:

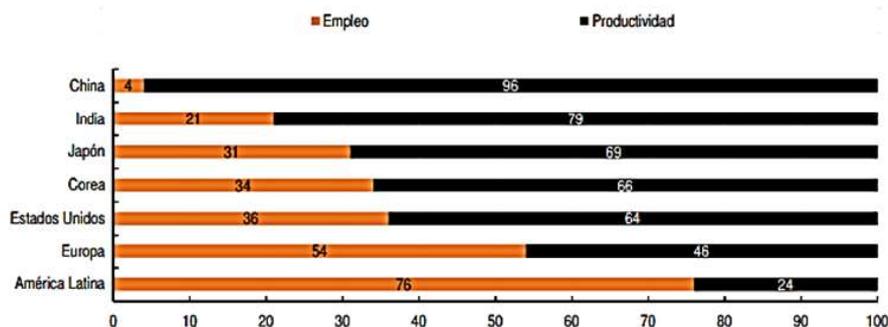


Figura 1. Contribución del empleo y la productividad al crecimiento del PIB en países y regiones seleccionados, 2000-19 [12]

25. Los cuadros y tablas deben denominarse como Tabla, numeradas con números arábigos, incluir un título y leyenda (si aplica). Y, además, deben mencionarse dentro del texto correspondiente. En caso que la Tabla no pertenezca al autor o autores, se debe incluir la fuente de la misma entre corchetes al final del título de la Tabla. Ejemplo:

Tabla 1. Datos de entrada para la simulación del proceso

Equipo	Parámetros		
Reactor de RWGS	$T_{ent} = 1223 \text{ K}$, adiabático	$H_2/CO_2 = 3$	$P = 2500 \text{ KPa}$
Reactor de FT	$T_{ent} = 488 \text{ K}$	Relación de Ribblett = 0.5	$P = 2460 \text{ KPa}$
ATR	$T_{ent} = 1073 \text{ K}$, adiabático		$P = 2330 \text{ KPa}$

26. Las fotografías, mapas, diagramas, flujogramas y gráficos e imágenes incluidas en el trabajo científico se anexarán al envío por separado con excelente calidad con resolución de 240-300 ppp y en formato JPG.

27. Las fotografías, mapas, diagramas, flujogramas y gráficos e imágenes de todo tipo y forma deben estar a color o en su defecto a blanco y negro, bien contrastadas y brillantes, de un ancho máximo de 12,5 cm.

28. Todos los símbolos matemáticos deben estar escritos en forma clara y legible, con los subíndices y superíndices ubicados correctamente en la matriz o ecuación.

29. Deben enumerarse todas las ecuaciones matemáticas en forma consecutiva con números arábigos entre paréntesis y ubicados en el margen derecho. Ejemplo:



30. Las citas dentro del documento se escriben con el apellido de sus autores, seguido con un número entre corchetes que corresponde a la referencia bibliográfica y, en caso que aplique, se debe agregar el número de página de la cita. Para el caso, de tres o más autores, se agrega al primer autor y, luego, se escribe la expresión et al. En cursiva. Ejemplo:

Para citas no textuales: García [1]. Para citas textuales: Moreno [3, Pág. 19-24] o para ambos tipos de citas se ubica el número de la referencia sin colocar autor [1], o [3, Pág. 19-24]. Para tres o más autores en la cita se emplea: Nishimoto et al. [2].

31. Las referencias bibliográficas deben registrarse con un número entre corchetes, autor(es) personal(es) o corporativo(s). Si tiene varios autores, se registran todos y cada uno separándolos con una coma. Los autores se escriben con apellido e inicial del nombre con mayúsculas y minúsculas. Se deben registrar en la sección de referencias bibliográficas según su orden de aparición en el desarrollo del trabajo. Ejemplo:

- [1]. Izquierdo, J.
- [2]. De la Plaza, Ma. A., Troitiño, Ma. D.
- [3] Comisión Económica para América Latina y el Caribe.

32. Las referencias bibliográficas de libros deben registrarse con un número entre corchetes, autor(es), título de la publicación entre comillas, edición, país, editorial, año de publicación entre paréntesis. Se debe registrar el URL o DOI en caso de material electrónico o digital.

33. Para capítulos de libros debe registrarse un número entre corchetes, autor(es) del capítulo, título del capítulo entre comillas, título del libro, edición, país, editorial, año de publicación entre paréntesis. Se debe registrar el URL o DOI en caso de material electrónico o digital. Ejemplo:

- [1] Hurtado, J. “**Metodología de la investigación Holística**”. 4ta edición. Caracas, Fundación Sypal, (2010).
- [2] Nouredine, A. “**FTIR Microspectroscopy : Selected Emerging Applications**”. New York, Springer, (2021). DOI: [10.1007/978-3-030-84426-4](https://doi.org/10.1007/978-3-030-84426-4) doi
- [3] Jumbo G. W., Í. “**La tecnocítica al cuidado del ambiente en la Revolución Industrial 4.0.**” Filosofía, tecnociencia e industria 4.0: una mirada desde el medioambiente. Quito: Editorial Abya-Yala, (2021). <https://books.scielo.org/id/fdkvy/pdf/jumbo-9789978106778-04.pdf>

34. Las referencias bibliográficas de artículos de revistas o separatas deben contener un número entre corchetes, autor(es), título de la publicación entre comillas, título de la revista, volumen (Vol.), número (No.), año de publicación entre paréntesis, número de páginas de inicio y final de la publicación y DOI o URL en caso de material electrónico o digital. Ejemplo:

- [1] Marín, J., García, C., Alaña, J., Martínez, K., & Faría, J. “**Modelo de Nernst-Planck aplicado a la cinética de Intercambio Iónico del sistema PO4-3-Cl- en leche**”. Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia, Vol. 30, No. 3, 236-243. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0254-07702007000300005&lng=es&tlng=es

35. Las referencias bibliográficas de normativas deben contener organismo, centro o institución responsable de la norma, título, edición (si aplica), datos de aprobación, ciudad, país, editorial, año de publicación. URL en caso de material electrónico o digital. Ejemplo:

- [1] Comisión Venezolana de Normas Industriales. **COVENIN 1753-2006: Proyecto y construcción de obras de concreto estructural. Comité Técnico de Normalización CT-03: Obras civiles, Subcomité Técnico SC-1: Edificaciones en su reunión No. 04-06 de fecha 30-08-2006**. Caracas, Venezuela. Fondonorma, (2006).

36. Las referencias bibliográficas de estándares o patentes debe contener autor, título de la patente entre comillas, número, ciudad, país, mes, día, año de emisión de la patente. URL, en caso de material electrónico o digital. Ejemplo:

- [1] Weibull, G. **Continuous Process for preparing Monoalkanolamines from Ammonia and Alkylene Oxides**. Ornskoldsvik, Suecia: Mo och Aktiebolag. Patente: SE: 3,697, 598. (1968).

37. Las referencias bibliográficas de catálogos deberá contener nombre del producto, empresa, ciudad,

país, URL del producto. Ejemplo:

[1] **Motor trifásico NEMA Siemens 1LE2225-1AB21-4AA3-Z D05, GSL Industrias**, Nuevo León, México. <https://industriasgsl.com/collections/motores/products/motor-trifasico-nema-siemens-1le2225-1ab21-4aa3-z-d05>

38. Las referencias bibliográficas sobre informes técnicos deben contener autor (es) o entidad responsable, título del informe, nombre de la empresa, sede la empresa, tipo de informe, número de informe, año de publicación. Ejemplo:

[1] Villalobos, K. **“Informe Técnico de mantenimiento de caldero”**, Compañía Gaseosas Nature, Maracaibo, Venezuela. (1997).

39. Las referencias bibliográficas de aplicaciones debe contener nombre de la empresa, nombre del producto (versión), descripción del producto entre corchetes y medio de difusión, fecha de creación, URL. Ejemplo:

[1] Sage AI. **ChatGPT - Chat GPT AI CHAT (Beta)** [Aplicación móvil]. Google Play. (2022). https://play.google.com/store/apps/details?id=ai.chat.gpt.app&hl=es_VE&gl=US

40. En todas las referencias bibliográficas utilizadas y disponibles en la Internet (libros, artículos de revistas, monografías, tesis, entre otros) se coloca la descripción de la fuente como se muestra en los puntos anteriores y posteriormente se añade el DOI o URL de la publicación al final de la referencia.

41. En los trabajos deben emplearse el Sistema Internacional de Unidades para identificar cualquier magnitud medible de interés en la investigación: metro (m), kilogramos (Kg), Segundo (s), entre otras. Se recomienda consultar el National Institute of Standards & Technology. Guide for the Use of the International System of Units (SI) en <https://physics.nist.gov/cuu/pdf/sp811.pdf>

ARBITRAJE

42. El trabajo científico es recibido por el Editor(a) principal, quien evaluará su contenido en función de las normas para los autores (Temática y Pertinencia con las áreas de la revista) luego, será enviado al Comité Editorial para su revisión y asignación de tres árbitros.

43. El método de arbitraje que sigue la revista es de evaluación por pares de tipo “doble ciego”, que, consiste en que, tanto los árbitros como los autores desconocen sus respectivas identidades. Este método se aplica para todos los tipos de trabajos postulados.

44. Los trabajos científicos serán evaluados de acuerdo a los siguientes criterios: claridad, originalidad del contenido, aportes al campo de conocimiento, coherencia del discurso, adecuada organización interna, calidad de las referencias bibliográficas, adecuada elaboración del resumen y pertinencia del título.

45. En caso de recibir observaciones por parte de los árbitros, estas serán enviadas al autor para su corrección. Después de realizar las correcciones, el autor devolverá la versión corregida al correo electrónico indicado para el envío. El trabajo científico será nuevamente revisado por el Comité Editorial.

46. Una vez que el trabajo haya recibido la aprobación por parte de los árbitros y el Comité editorial, se llevarán a cabo correcciones de pruebas, para lo cual se enviará a los autores para su revisión final.

47. Cuando el trabajo científico es aceptado para la publicación, los autores serán informados acerca del número y año de publicación de su trabajo. Si, es rechazado, los autores podrán remitir al Editor(a) Jefe una comunicación exponiendo argumentos a favor de su artículo. El Comité Editorial considerará las acciones a tomar.

48. Cada autor del artículo publicado recibirá una (1) separatas digital en sus respectivos correos electrónicos junto a la constancia de publicación en la revista.

DIRECTRICES ÉTICA

49. *Trabajos Originales e Inéditos*. Los trabajos enviados a la Revista Tecnocientífica URU deben ser originales e inéditos. Esto significa que no deben haber sido publicados previamente en ningún medio (impreso, digital, congresos, conferencias o sitios web) ni estar siendo evaluados para su publicación en otra revista.

50. *El plagio y las similitudes en los trabajos*. La originalidad de los trabajos es responsabilidad exclusiva de los autores. Cualquier evidencia de plagio y similitudes con trabajos ya publicados resultará en el rechazo inmediato del manuscrito.

Los autores deben asegurarse de los siguientes aspectos:

- Citas y referencias correctamente formateadas y sigan las normas editoriales de la Revista.
- Incluir las referencias de todas las fuentes utilizadas en el trabajo.
- Parafrasear o citar correctamente las ideas y textos de otras fuentes.
- Evitar el plagio en todas sus formas.

El Comité Editorial se reserva el derecho de realizar revisiones adicionales para garantizar la originalidad de los trabajos, incluso tras superar los controles de plagio. Estas revisiones incluyen la evaluación exhaustiva de las referencias bibliográficas y la conformidad con las normas editoriales.

Si el Comité Editorial determina que el trabajo no cumple con los estándares de originalidad o calidad de la Revista, los autores serán notificados y el manuscrito será rechazado.

51. *Adherencia a las recomendaciones del Comité de Ética de Publicaciones (COPE)*. Los autores y editores de la Revista Tecnocientífica URU deben cumplir con las recomendaciones establecidas en el Comité de Ética de la Publicación (COPE), disponibles en: Las "Guidelines" del Committee on Publication Ethics (COPE).

52. *Investigaciones con experimentos*. Las investigaciones que involucran a seres humanos, animales de experimentación, organismos modificados genéticamente (OMG), agentes biológicos peligrosos y organismos exóticos, los autores deben declarar haber cumplido con el Código de Bioética y Bioseguridad (2008) del Ministerio del Poder Popular para la Ciencia y Tecnología, 3era edición, Parte I y II, disponible en el siguiente enlace: <http://fisica.ciens.ucv.ve/postfismed/normas/cbbconicit.html>

CONSIDERACIONES FINALES

53. Los conceptos u opiniones emitidos en los artículos, serán de exclusiva responsabilidad de los autores.

54. Los autores conservarán sus derechos morales y se hará una difusión de los artículos bajo una licencia Creative Commons.

55. El Comité Editorial se reserva el derecho de los arreglos de estilo que considere conveniente.

56. Bajo ninguna circunstancia, la revista devolverá los originales de los artículos enviados a la revista.

57. Lo no previsto en las presentes normas será resuelto por el Comité Editorial.

Revista Tecnocientífica URU
Número 24, 2023
Maracaibo - Venezuela
Fondo Editorial Universidad Rafael Urdaneta