

Ñawparisun

[Adelantemos]

Revista de Investigación

Científica de Ingenierías

Volumen 3.

Número 4.

Octubre, 2021 - Marzo, 2022.

ISSN 2663-5917 (Versión Impresa)

ISSN 2706-6789 (Versión Digital)

ISLA DE TAQUILE





Comisión Organizadora

Dr. Freddy Martín Marrero Saucedo
Presidente

Dr. Percy Francisco Gutiérrez Salas
Vicepresidente Académico

Dr. Domingo Jesús Cabel Moscoso
Vicepresidente de Investigación

Ñawparisun

Revista de Investigación

Científica

de

Ingenierías

AÑO 3 - N° 4 - OCTUBRE 2021 - MARZO 2022

Entidad Editora:

La revista ÑAWPARISUN - Revista de Investigación Científica de Ingenierías es una publicación editada por la Vicepresidencia de Investigación, de la Universidad Nacional de Juliaca.

Dirección: Av. Nueva Zelandia N° 631, Urb. La Capilla.

Correo electrónico: revistanric@unaj.edu.pe

Web: <http://revista.unaj.edu.pe>

Lugar de edición: Juliaca - Puno - Perú

Directorio de LATINDEX

<https://www.latindex.org/latindex/ficha?folio=29065>

Editor Principal

Dr. Domingo Jesús Cabel Moscoso

Universidad Nacional de Juliaca, Puno

Editor Adjunto

Dr. Henry Pizarro Viveros

Universidad Nacional de Juliaca, Puno

Consejo Editorial

Dra. Antonina Juana García Espinoza

Universidad Nacional San Luis Gonzaga, Ica

Dr. Florencio Flores Ccanto

Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle, Lima

Dr. Héctor Rodríguez Papuico

Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna

Dr. Edgar Carlos Quispe Peña

Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima

Comité Científico Internacional

Dra. Ana Afonso Gallegos

Universidad Politécnica de Madrid, España

Dr. Eduardo Narciso Frank

Universidad Católica de Córdoba, Argentina

Dr. Carlos Alberto Ávila Cerón

Universidad Autónoma de Mariño, Colombia

Dr. Valdemar Luís Tornisielo

Universidad de Sao Paulo, Brasil

Dr. Luis Javier Serrano Arriézú

Universidad Pública de Navarra, España

Dr. Ricardo Rubén Stratta

Universidad Nacional de la Plata, Argentina

Traducción

José Macedo Tristán

Difusión y promoción

Adolfo Abel Villalba Díaz

Arbitraje

Integrantes de la Red Interuniversitaria del Sur del Perú - REDISUR - PERÚ

Detección de Plagio

Software Antiplagio URKUND



Diseño y Diagramación

Fredy Gonzalo Copari Romero

Periodicidad

2 números al año

Correspondencia y solicitudes de canje

Universidad Nacional de Juliaca, Juliaca - Perú

Teléfono: 051 332927

E-mail: revistanric@unaj.edu.pe

ISSN 2663-5917 (Versión Impresa)

ISSN 2706-6789 (Versión Digital)

@ 2021 Vicepresidencia de Investigación - UNAJ. Este es un documento Open Access bajo una Licencia Creative CommonsAtribución-No Comercial 2.5 Perú.

Hecho el depósito legal en la Biblioteca Nacional del Perú:

N° 2018-12716

Tiraje:

500 Ejemplares

***Edición de homenaje al
Dr. Percy Francisco Gutiérrez Salas (†)***

Editorial

No cabe duda de que existen diferencias entre la enseñanza presencial y los sistemas online, a partir de una posible interpretación de la educación a distancia como un sustituto de menor calidad. A este respecto, una de las virtudes de la presencialidad radica en que la universidad no es solo para aprender, sino que es también un medio de interacción social, de modo que cumple una función expresiva que desborda su carácter instrumental. Sin embargo la práctica nos demuestra que la enseñanza virtual de calidad es posible, tanto más debido al control y supervisión que ejercen las agencias de calidad- a su vez, el sistema de enseñanza virtual resulta actualmente ser el más propicio, tanto para facilitar la educación a lo largo de la vida (formación continua) como para acabar con la marginalización territorial de zonas alejadas o remotas.

A estas alturas, mientras los países se encuentran en cuarentena, la ciencia se ha vuelto más abierta. Desde el estallido del COVID-19, un número creciente de organismos de financiación, editoriales, revistas, instituciones e investigadores están adoptando la ciencia abierta. Las publicaciones, los cursos, los archivos y las bases de datos son compartidos en línea de forma libre, abierta, rápida y general. Esto conlleva a que existe el deber de incentivar la investigación aplicada, la innovación y la difusión de nuevas tecnologías científicas directamente aplicables a la lucha contra el patógeno, especialmente al descubrimiento de nuevas alternativas de tratamiento del mismo. Frente a esta realidad, la ciencia constituye el recurso idóneo para gestionar la complejidad de los riesgos globales.

Es fundamental reflexionar sobre los cambios que se están produciendo actualmente, tales cambios pueden ser temporales, pero las decisiones de tomar o no medidas sobre éstos no serán transformadoras para nuestro futuro. Por ejemplo, ¿la cultura abierta y humanista actual se convertirá en una “edición limitada del virus” o permanecerá como un nuevo conjunto de normas?. La inmovilidad puede ser temporal, pero el reposicionamiento de las relaciones, con nosotros mismos y con los demás es duradero. ¿Qué implicarán las “nuevas normas” para la investigación mundial? ¿Las cosas que han cambiado actualmente pueden transformarse para siempre? ¿Cómo sostener tales cambios y formar una comunidad de investigación mundial que sea abierta, equitativa, ética, sólida, sostenible, humanista y diversificada pero también colaborativa, responsable y confiable? es probable que no existan respuestas inmediatas a estas preguntas. Será necesario contar con una visión a largo plazo, cambios estructurales y un compromiso colectivo de todos los académicos, partes interesadas, instituciones y países de todo el mundo.

Dr. Domingo Jesús Cabel Moscoso

Revista de Investigación Científica

Ñawparisun, es una publicación periódica semestral, editada por la Universidad Nacional de Juliaca, cuyo objetivo es ofrecer comunicación científica a través de la publicación de investigaciones científicas realizadas a nivel nacional e internacional. Los trabajos que se presentan, corresponden a diversas temáticas relacionadas con la Ingeniería Ambiental y Forestal, Ingeniería Textil y de Confecciones, Ingeniería en Industrias Alimentarias, Ingeniería en Energías Renovables y otras disciplinas de la Ingeniería, siendo así en adelante una Revista de Investigación Científica especializada en Ingenierías. A partir del Volumen 3 Número 3 aparecerá semestralmente.

La comunicación científica de los trabajos es publicada en idioma español e inglés, siendo su contenido original e inédito, por lo que no pueden haber sido presentados de manera parcial o total en ninguna otra plataforma de revistas científicas electrónicas y/o impresas, siendo sometidos a arbitraje de ciego doble. Es obligatorio presentar el ORCID correspondiente.

Los trabajos científicos que aparecen en Ñawparisun, son únicamente responsabilidad de los autores. Sin embargo, cuando un trabajo científico es aceptado para su publicación, los derechos de impresión y reproducción serán propiedad de la revista. El Comité Editorial de Ñawparisun se reserva el derecho de realizar modificaciones pertinentes y formales sobre los artículos, con el propósito de adaptar el texto enviado a las normas de publicación. Así como someterlo al software anti plagio Urkund. Ñawparisun, no ofrece copia de los artículos científicos publicados.

Los trabajos deberán ser enviados a la Dirección del Comité Editorial: Av. Nueva Zelandia N° 631-Juliaca, Puno. Teléfono 051-332927. E-mail:revistanric@unaj.edu.pe

◆	Editorial	<i>Domingo Jesús Cabel Moscoso</i>	7
◆	Identificación y evaluación de los contaminantes ambientales generado por las estaciones de servicios de combustibles en el cercado de Ica		13
	Identification and evaluation of environmental pollutants generated by fuel service stations in the Ica fencing	<i>García Espinoza Antonina Juana, Cabel Moscoso Domingo Jesús, Garcia Espinoza Cedidec</i>	
◆	Estabilización alcalina de lodos de PTARD para obtener biosólido tipo A		25
	Alkaline stabilization of PTARD sludge to obtain type A biosolids	<i>Godofredo Huanca Chambi, José Luis Pineda Tapia, Tania Deza Ramos, Reynaldo Salas Sucaticona</i>	
◆	Caracterización de filamentos para elaboración de prendas en impresoras 3D		33
	Characterization of filaments for garment manufacturing in 3D printers	<i>Jean Roger Farfán Gavancho, Victor Manuel Lima Condori, George Jhonatan Cahuana Alca, Daniel Quispe Mamani, Dayvis Victor Farfán Gavancho, Wilber Antonio Figueroa Quispe, Beto Puma Huamán</i>	
◆	Caracterización de la comunidad de Aves Acuáticas del humedal de Caucato, Pisco – Perú		41
	Characterization of the community of Aquatic Birds of the Caucato wetland, Pisco - Peru	<i>Juan Alberto Pisconte Vilca, Leidy Milady Ramos Alarcón</i>	
◆	Actividades experimentales con sensores Neulog y su influencia en el aprendizaje de la Física		49
	Experimental activities with Neulog sensors and their influence on the learning of Physics	<i>Lelia Quispe Huamán, Godofredo Huamán Monroy</i>	
◆	Estimulación de la germinación de semillas de trigo por exposición a Campos Magnéticos Estacionarios		55
	Stimulation of wheat seed germination by exposure to Stationary Magnetic Fields	<i>Edwin Huayhua Huamani, Juan Manuel Tito Humpiri, Miguelina Tuiro Quispe, Abraham Melitón Contreras Vargas, Marcelino Reyes Casani Cruz, Joly Zegarra Cáceres</i>	
◆	Percepción sobre la gestión de los residuos sólidos y propuesta de un plan integral para la ciudad de Ica, 2021		61
	Perception of solid waste management and proposal of a comprehensive plan for the city of Ica, 2021	<i>René De La Torre Castro, Luis Massa Palacios, Angela Milagros Massa Guzman, Lennard de la Torre Hernandez</i>	
◆	Evaluación de la calidad de agua subterránea del Parque Industrial Taparachi del distrito de Juliaca		67
	Evaluation of the quality of groundwater of the Industrial Taparachi Park in Juliaca district	<i>Ricardo Nahuel Valenzuela Antezana, Yaneth Yuca Limahuaya</i>	
◆	Diseño e implementación de un aplicativo móvil de mantenimiento de celdas de flotación para plantas concentradoras		73
	Design and implementation of a mobile application for maintenance of flotation cells for concentrator plants	<i>Jorge Emilio Ricardo Yaya Lévano, Freddy Martin Marrero Saucedo</i>	
◆	Metodología de trabajo Six Sigma para la mejora de las Pymes en la industria textil		83
	Six Sigma work methodology for the improvement of smes in the textile industry	<i>Samuel Quispe Mamani, Milton Edward Humpiri Flores, Jean Roger Farfán Gavancho</i>	
◆	Normas generales para la presentación de artículos en Ñawparisun		91

Identificación y evaluación de los contaminantes ambientales generado por las estaciones de servicios de combustibles en el cercado de Ica

Identification and evaluation of environmental pollutants generated by fuel service stations in the Ica fencing

García Espinoza Antonina Juana
antonina.garcia@unica.edu.pe – Universidad Nacional San Luis Gonzaga
<https://orcid.org/0000-0002-3498-7558>

Cabel Moscoso Domingo Jesús
jesus.cabel@unica.edu.pe – Universidad Nacional San Luis Gonzaga
<https://orcid.org/0000-0001-9361-7744>

García Espinoza Cedidec
cedidec.garcia.espinoza@gmail.com – Universidad Nacional de Juliaca
<https://orcid.org/0000-0001-6018-5711>

Recibido el 20/11/21 | Aceptado el 15/12/21
DOI: <https://doi.org/10.47190/nric.v3i4.1>

Resumen

En el Perú, la calidad ambiental está siendo alterada por actividades antrópicas, una de ellas la constituye el sector transporte que demanda combustibles a las estaciones de servicios (EESS), pero estas estaciones están obligadas de acuerdo a la normativa vigente al cumplimiento de la gestión ambiental en la comercialización de combustibles líquidos. Por lo que la investigación tiene como objetivo Evaluar los contaminantes ambientales según el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) generados por las estaciones de servicios de combustibles en el cercado de Ica. La investigación es de tipo aplicada, nivel descriptivo y diseño pre-experimental. La muestra estuvo constituida por tres estaciones de servicio que se encuentran ubicadas en el cercado de Ica. En estas estaciones se evaluaron parámetros como Benceno, Dióxido de Azufre, Sulfuro de Hidrógeno, Hidrocarburos totales, PM10 y los niveles de ruido. Se concluye que las tres EESS cumplen con los ECA en relación a la calidad del aire, pero que las estaciones de servicio: “1” y “3” exceden ligeramente los Estándares de Calidad Ambiental para el Ruido establecidos en el D.S. N° 085-2003-PCM para el sector comercial.

Palabras claves: *Estaciones de Servicio, Combustibles Líquidos, Calidad del aire, Nivel de ruido.*

Abstrac

In Peru, environmental quality is being altered by anthropic activities, one of them is the transportation sector that demands fuel from service stations (service stations), but these stations are required according to current regulations to comply with management environment in the commercialization of liquid fuels. Therefore, the objective of the research is to evaluate the environmental pollutants according to the Environmental Quality Standard (ECA) generated by the fuel service stations in the Ica fence. The research is of an applied type, descriptive level and pre-experimental design. The sample consisted of three service stations that are located in the Ica area. In these stations, parameters such as Benzene, Sulfur Dioxide, Hydrogen Sulfide, Total Hydrocarbons, PM10 and noise levels were evaluated. It is concluded that the three service stations comply with the ECAs in relation to air quality, but that the service stations: “1” and “3” slightly exceed the Environmental Quality Standards for Noise established in the S.D. No. 085-2003-PCM for the commercial sector.

Keywords: *Service Stations, Liquid fuels, Air quality, Noise level.*

Como citar: García-Espinoza, A.J., Cabel-Moscoso, D.C. & García-Espinoza, C. (2022). Identificación y evaluación de los contaminantes ambientales generado por las estaciones de servicios de combustibles en el cercado de Ica. ÑAWPARISUN – Revista de Investigación Científica de Ingenierías, 3(4), 13-23.

Introducción

La contaminación del aire se convierte en el mayor riesgo ambiental para la salud (World Health Organization, 2010). Se ha observado que la exposición a contaminantes del aire puede afectar la salud humana de varias maneras; enfermedades cardíacas y derrames cerebrales además de enfermedades respiratorias crónicas y cáncer de pulmón (World Health Organization, 2006). Estudios epidemiológicos y animales recientes han indicado que la contaminación del aire tiene un impacto negativo en los resultados del embarazo (Qian et al., 2016), los comportamientos sociales (Win-Shwe et al., 2016) y las actividades de aprendizaje (Nway et al., 2017). A pesar de las preocupaciones ambientales que se plantean por el consumo de energía en todos los sectores, en el sector del transporte particularmente son alarmantes, donde las emisiones se concentran especialmente en las zonas urbanas y donde las posibilidades de sustitución de combustible son actualmente limitadas (Basso y Oum, 2007). En el país, se han establecido los Estándares de Calidad Ambiental (Aire y Ruido) mediante decretos supremos, que tienen como objetivo monitorear la calidad del aire y fiscalizar a las empresas que generen este tipo de contaminantes que afectan a la salud y bienestar de la población. Por otra parte, las preocupaciones ambientales con respecto al consumo de energía en el sector del transporte son alarmantes, ya que las emisiones se concentran particularmente en las áreas urbanas donde se ubican las estaciones de servicio que comercializan los combustibles líquidos que en la mayoría de los casos sus diferentes operaciones de recepción, almacenamiento y distribución, no están bien diseñadas o equipadas, por lo que causan impactos negativos al ambiente; sumándose a esta problemática los combustibles alternativos, su distribución y comercialización es actualmente limitada por lo que no abastece la demanda del sector transporte. Por lo que el objetivo de la investigación es identificar y evaluar los contaminantes generados por las estaciones de servicio que se encuentran en el cercado de Ica, generando impactos ambientales. Esta identificación y evaluación, de estos contaminantes permitirá que estas estaciones de servicio, incluyan un Plan de Manejo Ambiental, donde determinen las acciones específicas a aplicarse en sus diferentes fases de operación, garantizando la calidad ambiental.

Situación problemática

En el Perú, el diésel que se vende es de pésima calidad y altamente contaminante, pues contiene ingentes cantidades de azufre (entre 4000 y 6000 ppm); se trata de niveles alarmantes si los comparamos con el contenido de azufre permitido en el diésel a nivel mundial, en donde un diésel con 365 ppm de azufre ya es considerado como un combustible de baja calidad; así, países europeos se acercan cada vez más al diésel libre de azufre, mientras que, en América Latina, países como Chile, Bolivia y México ya alcanzaron niveles menores a 350

ppm. Actualmente, sobre todo el sector transporte utiliza combustibles con un alto índice de químicos, representa la posibilidad de sustituir el petróleo y sus derivados por una fuente de energía mucho menos contaminante y más económica, teniendo en cuenta además de que el Perú posee importantes reservas probadas de gas natural, generando un beneficio ambiental por la disminución significativa de los GEI y un ahorro económico en este sector. Asimismo, el sector transporte es en la actualidad, uno de los que generan mayores emisiones de CO y representa el sector más importante para el desarrollo de políticas con la finalidad de reducir emisiones contaminantes, y con políticas relacionadas al cambio climático y la seguridad energética. Las diferentes actividades que las estaciones de servicio desarrollan, como el almacenamiento y distribución de combustibles, requieren de medidas específicas de seguridad y de manejo ambiental que actualmente no están estandarizadas y están en función a las estrategias de manejo y diseño de la Empresa que construye y opera la estación de servicio, asimismo, deben cumplir con la normativa existente en el Perú. La atmósfera está siendo contaminada por emisiones gaseosas (gases procedentes de la combustión del CO₂ y vapores de gasolinas emitido durante la descarga de combustible en los tanques) y por sustancias contaminantes sólidas (polvillo de carácter transitorio), por lo general, se compone de sustancias contaminantes absorbidas a sólidos o disueltas en líquidos. Por lo tanto, las Estaciones de Servicio de combustible deben contar con sistemas de altos niveles de seguridad para evitar cualquier derrame, y con planes de emergencia en caso de cualquier eventualidad de acuerdo con las normas legales, dentro de las políticas del Ministerio de Energía y Minas del Perú. Por lo que, se debe unificar criterios para definir los parámetros de manejo ambiental que faciliten la operación de las estaciones de servicio de combustibles, que garanticen la calidad del aire y los niveles de ruido en el cercado de Ica. Por lo que la investigación plantea como objetivo: **Identificar y evaluar los contaminantes ambientales generados por las estaciones de servicios de combustibles en el cercado de Ica.**

Antecedentes del problema de investigación

Internacionales

La contaminación del aire tiene efectos significativos sobre la visibilidad, el ecosistema y la salud humana (Janhäll, 2015; Lelieveld *et al.*, 2015; Tang *et al.*, 2016). Un estudio previo mostró que India representó 0,6 a 1 millón de muertes como resultado de la contaminación del aire causada por partículas con un diámetro aerodinámico no mayor de 2,5 μm (PM_{2.5}) en 2015 (Guo *et al.*, 2018; Lelieveld *et al.*, 2015). El norte de India es la región con la contaminación atmosférica más severa (Emberson *et al.*, 2001). Delhi, la capital de la India ubicada en el norte de la India, tiene una concentración promedio anual de PM_{2.5} de 153 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2013 (OMS, 2014), más de 15 veces mayor que el valor de

referencia de la Organización Mundial de la Salud (OMS) de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y la capital Delhi sufre continuamente el alto nivel de contaminación del aire en las últimas décadas (Beig *et al.*, 2013). Los combustibles fósiles siguen siendo la fuente dominante de energía en todos los sectores principales, de los cuales las industrias y el transporte colectivamente comparten aproximadamente el 75% del consumo total de energía 2040 (IEO, 2017). Asimismo, Sánchez Mejía, E.J., Luis Marín, H.A. (2017), en su investigación "Análisis de la amenaza presente en la infiltración de combustibles líquidos en las estaciones de servicio de la ciudad de Barranquilla", analizó los datos por fugas de combustibles y su propagación en el medio, que le permitió identificar las causas por las cuales se presentan los derrames de combustibles que se infiltran en el subsuelo y contaminan las aguas subterráneas que pueden afectar el agua destinada para consumo poblacional, asimismo, afecta al suelo y genera además en su proceso de evaporación la contaminación del aire. Reyes Martínez, O. (2016). En su investigación: "La demanda de gasolinas y sus impactos en el medio ambiente en España. Barcelona". Analiza la de demanda de carburantes y de los patrones del uso del automóvil en relación a los datos de viajes a provincia y vincularlas a las políticas públicas de reducción del GEI. Estimo el consumo del sector autotransporte de 48 provincias para estimar demanda con tipo de combustible, vehículo y kilómetros recorridos. Concluye que se debe implementar políticas públicas conjuntas que contribuyan a reducir estos consumos para minimizar la emisión de los gases de efecto invernadero.

Nacionales

Yllanes Puican, J. (2019). En su trabajo: "Cumplimiento de las obligaciones ambientales fiscalizables y la gestión ambiental en la comercialización de combustibles líquidos del distrito de cercado de Lima". Diseñó una matriz de recolección de datos e identifico el nivel de cumplimiento de las "obligaciones fiscalizables" en relación a la "gestión ambiental". La investigación demostró que existe un 60% de las empresas cumplen con los requisitos mínimos solicitados por el OEFA, pero que no existe una adecuada gestión ambiental. Camarena Camarena, S.C. (2017). En su investigación: "Evaluación del impacto de la aplicación de la supervisión de criticidad alta en grifos y estaciones de servicios de combustibles líquidos en la provincia de Huancayo". Universidad Nacional Mayor de San Marcos. La investigación determinó que la supervisión de criticidad alta es un diseño de supervisión elaborado por el OSINERGIM, para optimizar la fiscalización y supervisar las situaciones críticas de seguridad. Concluye que esta supervisión impacta positivamente en la venta de combustibles al público y corrige las condiciones de operación de estos establecimientos. Asimismo, Farroñán Díaz, C.C. (2017). En su investigación: "Concentraciones de gases y niveles de ruido según los Estándares de calidad ambiental (ECA) en las estaciones de servicio

en la ciudad de Chiclayo. 2012-2014". La metodología que utilizó para determinar las concentraciones de gases: CO, NO_x, H₂S y SO₂; es la que se establece en el Protocolo de Monitoreo y gestión de Datos aprobados por DIGESA y para determinar los niveles de ruido fue la del Protocolo de Monitoreo del Ruido aprobado por MINAM. Los resultados de los niveles de concentración de gases analizados, establecen que están por debajo de los ECA a excepción del SO₂ que supera este estándar, en relación a los niveles de ruidos, se encuentran por debajo de los ECA.

Bases teóricas de la investigación

Combustibles

Se puede definir un combustible como una sustancia con carácter reductor, capaz de reaccionar con el oxígeno (o con otro oxidante) de manera rápida y exotérmica. Los productos de la reacción (intermedios o finales) alcanzan temperaturas suficientemente altas como para emitir radiación visible. Referente al sector de comercio de hidrocarburos, la Cadena de Valor comprende las siguientes actividades: importación, exportación, almacenamiento, transporte, distribución y/o venta de combustibles líquidos y productos derivados de hidrocarburos (definición a, art. 2, DS 030-EM, Reglamento de la comercialización).

Contaminantes del aire:

De manera genérica se puede definir como contaminante, toda materia o sustancia, sus combinaciones o sus derivados químicos y biológicos, tales como humos, polvos, gases, cenizas, bacterias, residuos, desperdicios y cualesquiera otros agentes que al incorporarse o adicionarse al ambiente, puedan alterar o modificar sus características naturales; también se considera como un contaminante a toda forma de energía, como calor, radiactividad y ruido, que alteren el estado natural del ambiente. (Bravo & Sosa, 2010).

Monitoreo de ruido ambiental

"El monitoreo de ruido ambiental es la medición del nivel de presión sonora generada por las distintas fuentes hacia el exterior. En función al tiempo que se da pueden ser estables, fluctuantes, intermitentes e impulsivos en un área determinada. Existen tres tipos de ponderación de frecuencia correspondientes a niveles de alrededor de 40 dB, 70 dB y 100 dB, llamadas A, B y C respectivamente" [9]

Contaminación por estaciones de servicio

Son instalaciones destinadas a la venta al público de gasolinas, gasóleos, y lubricantes para automóviles, conllevan un riesgo potencial de contaminación de suelos y aguas subterráneas. En sí misma no es una instalación contaminante, sino que los riesgos de contaminación se derivan de la naturaleza de los productos que se comercializan en ellas. El mal estado de las instalaciones de almacenamiento, y descuidos de los operarios y/o usuarios pueden provocar episodios de contaminantes.

Las fuentes de contaminación son:

- Tanques
- Red de Tuberías y red de drenaje
- Foso de cambio de Aceite
- Lavados de Coches
- Carga de los tanques
- Repostaje de vehículos

Materiales y métodos

Tipo, nivel y diseño de la Investigación

- **Tipo**

El tipo de la investigación, es **aplicada**, porque describe las relaciones de las variables.

- **Nivel de Investigación.**

Descriptiva, ya que describe los componentes principales y explicativa de acuerdo a la finalidad del investigador.

- **Diseño de la Investigación**

Pre-experimental

- **Ámbito de estudio**

La investigación se desarrollará en el cercado de Ica, provincia de Ica.

Población y Muestra

Población

La población estuvo conformada por las Estaciones de Servicio de Combustibles que se encuentran ubicadas dentro del cercado de Ica.

Criterios de inclusión y exclusión para la muestra

- **Inclusión:** Se incluirá las estaciones de servicio de combustibles del cercado de Ica.
- **Exclusión:** Se excluirán las estaciones de servicio de combustibles que no se encuentren en el cercado de Ica.

Tamaño de la Muestra

La técnica de muestreo utilizada en la investigación, es de muestreo no probabilístico, es decir, se seleccionaron 03 unidades de estudio (EES), para la recolección de datos.

Variables de Investigación

- **Variable Independiente**
VI = Contaminantes ambientales
- **Variable Dependiente**
VD = Estaciones de servicio

Métodos de medición

La metodología aplicada fue:

- Se identificó la dirección del viento, con el objetivo de ubicar los equipos (Tren de Muestreo de Gases automático y muestreador de partículas o Hi-vol), por lo menos a 25 metros de cualquier fuente de emisión, siguiendo la

dirección predominante del viento e identificando el lugar a monitorear que estará en dirección barlovento y sotavento (ya establecidos según IGA aprobados).

- El monitoreo ambiental, comprende la medición de parámetros de calidad de aire (gases), material particulado y ruido ambiental:
 - Dióxido de Azufre (SO₂), expresado en ug/m³
 - Hidrógeno sulfurado (H₂S), expresado en ug/m³
 - Benceno (C₆H₆), expresado en ug/m³
 - Material Particulado con diámetro menor a 10 micras (PM₁₀), expresado en ug/m³
 - Ruido ambiental, expresados en dB(A) y L_{AeqT}

- a. **Dióxido de Azufre (SO₂) y Hidrógeno Sulfurado (H₂S):**

Se emplearon soluciones captadoras, que se añadieron en dos (02) frascos Dresher (independientemente) y se absorbieron los contaminantes por espacio de 24 horas. El método de monitoreo aplicado, fue la práctica estándar para análisis de compuestos orgánicos, recogidos por el Método de Adsorción de Vapor: soluciones de barrido. Siendo el método de análisis de la muestra, el Método de Fluorescencia UV (método automático), para ambos gases, establecido en el D.S. N° 003-2008-MINAM - Estándares de Calidad Ambiental para Aire.

- b. **Para el Benceno (C₆H₆) e Hidrocarburos Totales (HT) expresado como Hexano:**

El mismo que se captó a través de un tubo absorbente conteniendo carbón activado, que absorbió el contaminante por espacio de 24 horas. El método de monitoreo aplicado fue la práctica estándar para análisis de compuestos orgánicos, recogidos por el Método de Adsorción de Vapor: soluciones de barrido. Siendo el método de análisis de la muestra, el Método de Cromatografía de Gases, establecido en el D.S. N° 003-2008-MINAM - Estándares de Calidad Ambiental para Aire.

- c. **Para el Material Particulado (PM₁₀):**

Se utilizó filtros de cuarzo que absorbieron el contaminante por espacio de 24 horas. El método de monitoreo aplicado fue el compendio de la EPA Método IO-3.1: selección, preparación y extracción de material de filtro, 1999. Siendo el método de análisis de la muestra, el Método de Separación Inercial por Filtración (gravimétrico), establecido en el D.S. N° 074-2001-PCM - Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad de Aire.

- d. **Monitoreo de Ruido Ambiental**

Para este monitoreo se han considerado el Protocolo Nacional de Monitoreo de Ruido Ambiental aprobado por R.M. N° 227-2013-MINAM y el D.S. N° 085-2003-PCM – Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido, para la zonificación de los ECAs.

Método de medición del ruido.

Se ha determinado los niveles de presión sonora utilizando un sonómetro digital, integrador de Clase I, debidamente calibrado por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL).

Procedimiento:

- Sonómetro colocado en un trípode de sujeción a 1,5 m sobre el piso.
- Calibración in-situ, antes de iniciar con el registro de datos y al finalizar el trabajo del día. Se registró dicha calibración en dBA, en una Hoja de Campo, para cada punto de monitoreo.
- Se direccionó el micrófono hacia la fuente emisora y registró tres mediciones de cinco minutos aproximadamente por cada punto de monitoreo.
- En las mediciones se registraron los valores de L_{min} , L_{max} , L_{aeqT} y los tiempos de medición.
- La medición de ruido ambiental se desarrolló en condiciones climatológicas estables y/o normales.

Resultados y discusión

Monitoreo Ambiental

Se ha realizado el monitoreo en función a los Protocolos de Monitoreo de la Calidad del Aire:

- Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA): Protocolo de Monitoreo de la Calidad del Aire.
- Ministerio de Energías y Minas-Dirección General de Hidrocarburos (MINEN-DGH): Protocolo de Monitoreo de Emisiones del Sector Hidrocarburos.

Objetivo del Monitoreo

Evaluar los parámetros de calidad de aire, haciendo referencia a las concentraciones de Dióxido de Azufre (SO_2), Hidrógeno sulfurado (H_2S), Benceno (C_6H_6), Hidrocarburos Totales (HT), expresado como Hexano, Material Particulado (PM_{10}), determinados en el área evaluada, considerando la Norma Peruana vigente:

- Constitución Política del Perú 1993
- Ley General del Ambiente – Ley N° 28611;
- Estándares de Calidad Ambiental para Aire - D.S. N° 003-2017-MINAM; Protocolo de Monitoreo de Emisiones del Sector Hidrocarburos – Ministerio de Energía y Minas – R.M. N° 004-94-DGAA y Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades de Hidrocarburos – D.S. N° 039-2014-EM.
- D.S. N° 014-2010-MINAM “Aprueban Límites Máximos Permisibles para las Emisiones Gaseosas y de Partículas de Actividades del Sub Sector Hidrocarburos”
- Decreto Supremo N° 085-2003 PCM “Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido”.

I: Estacion de servicio “1”

Actividad que desarrolla: Comercializa combustibles, bajo la actividad de “GRIFO”, vende aceites en cojines pequeños para las motos taxis del lugar.

Programa de Monitoreo

El GRIFO “1” ha realizado el programa de monitoreo de la calidad de Aire y ruido trimestralmente en el periodo del año 2020.

Tabla 1
Puntos de monitoreo de calidad del aire

PUNTOS DE MONITOREO	DESCRIPCIÓN	COORDENADAS UTM (WGS 84)		TIPO
		NORTE	ESTE	
AIR-01	Barlovento	8444263	421796	Aire
AIR-02	Sotavento	8444261	421802	Aire

Tabla 2
Puntos de monitoreo de los niveles de ruido

PUNTOS DE MONITOREO	DESCRIPCIÓN	COORDENADAS UTM (WGS 84)	
		NORTE	ESTE
R-01	En el cuarto de máquinas	8444254	421800
R-02	En las oficinas	8444254	421798

Tabla 3
Resultados del Monitoreo de la Calidad del Aire

PUNTOS DE MONITOREO	PARAMETROS	TRIMESTRAL		
		I	III	IV
AIR-01	Benceno (COV'S)	0,94	0,94	0,94
AIR-02	Benceno (COV'S)	0,94	0,94	0,94

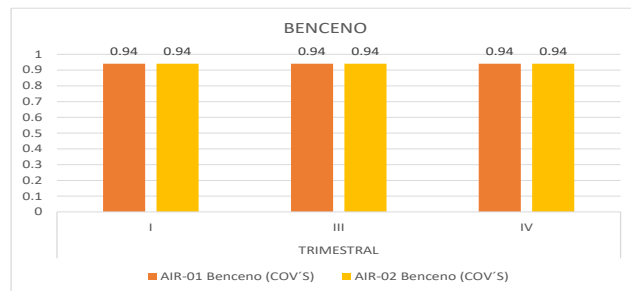


Figura 1. Resultados del Monitoreo de la Calidad del Aire

Interpretación:

En los puntos de monitoreo AIR-01 y AIR-02, el parámetro Benceno (COV'S), se mantiene constante en los tres trimestres.

Tabla 4
Monitoreo de los Niveles de Ruido

PUNTOS DE MONITOREO	TRIMESTRAL		
	I	III	IV
DIURNO			
R-01	72,0	69,3	69,9
R-02	71,6	67,9	69,9
NOCTURNO			
R-02	73,1	60,8	59,9
R-03	71,3	57,3	59,5

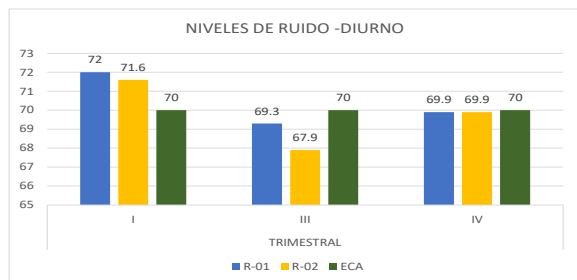


Figura 2. Monitoreo de los Niveles de Ruido-Diurno

Interpretación:

Los niveles de ruido diurno del I trimestre, no están dentro de los ECA.

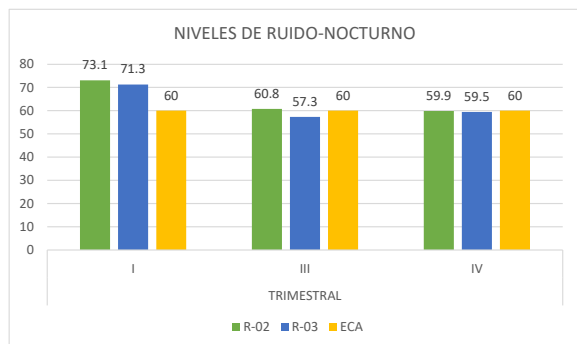


Figura 3. Monitoreo de los Niveles de Ruido-Nocturno

Interpretación:

Los niveles de ruido nocturno del I trimestre, no están dentro de los ECA.

II: Estacion de servicio “2”

Dirección: Calle La Mar N° 308-326 Esquina Calle Dos de Mayo

Actividad que desarrolla: Comercializa combustibles, bajo el rubro de “ESTACION DE SERVICIOS”, vende aceites en 1/4, galones y baldes para uso vehicular, además de cojines de aceite os para las moto taxis del lugar.

Programa de Monitoreo

La Estación de Servicio, ha realizado el programa de monitoreo de la Calidad de Aire y ruidos trimestralmente en el periodo del año 2020, no ha desarrollado el II Trimestre por la pandemia del COVID-19.

Tabla 5
Resultados del Monitoreo de la Calidad del Aire

PUNTOS	PARAMETROS	TRIMESTRAL		
		I	III	IV
AIR-01	Dióxido de Azufre	3,7	3,7	3,7
	Sulfuro de Hidrogeno	0,7	0,7	0,7
AIR-02	PM 10	0,001	0,001	0,001
	Dióxido de Azufre	3,7	3,7	3,7
	Sulfuro de hidrógeno	0,7	0,7	0,7

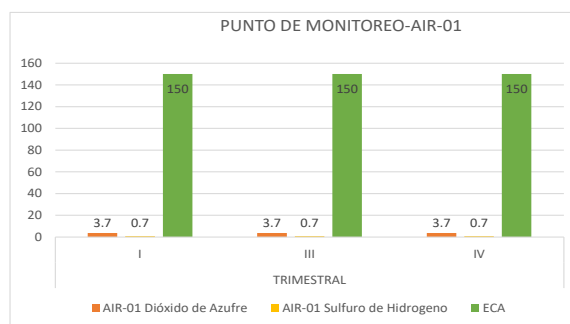


Figura 4. Resultados del Monitoreo de la Calidad del Aire-AIR-01

Interpretación:

En los puntos de monitoreo AIR-01 los parámetros Dióxido de Azufre y Sulfuro de Hidrógeno se mantiene constante en los tres trimestre.

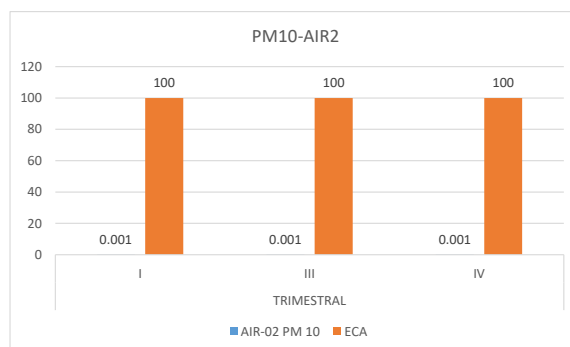


Figura 5. Resultados de PM10-AIR -02

Interpretación:

En el punto de monitoreo AIR-02, el PM10 es constante en los tres trimestre

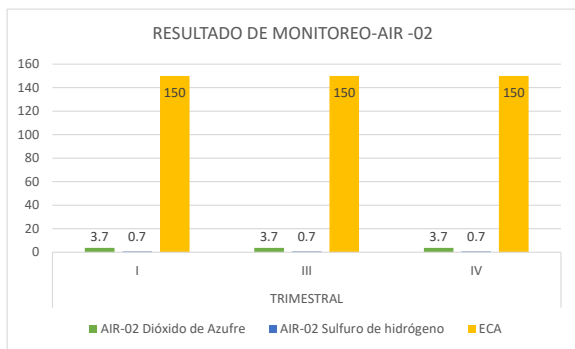


Figura 6. Resultados del Monitoreo de la Calidad del Aire-AIR -02

Interpretación:

En los puntos de monitoreo AIR-02, los parámetros Dióxido de Azufre y Sulfuro de Hidrógeno se mantiene constante en los tres trimestre.

Tabla 6
Monitoreo de los Niveles de Ruido

PUNTOS	TRIMESTRAL		
	I	III	IV
DIURNO			
R-01	64,7	59,6	56,9
R-02	60,6	69,7	57
NOCTURNO			
R-02	48,1	53,7	46,3
R-03	50,4	54	50,7

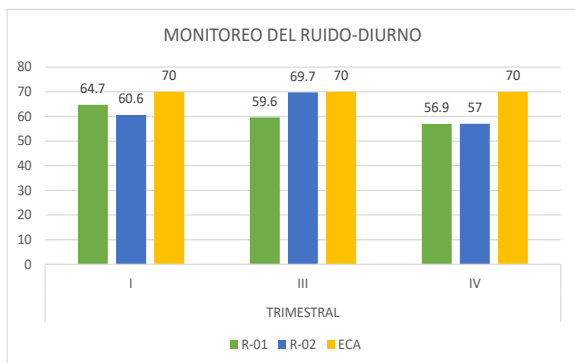


Figura 7. Monitoreo de los Niveles de Ruido- Diurno

Interpretación:

Los niveles de ruido diurno del I trimestre, no están dentro de los ECA

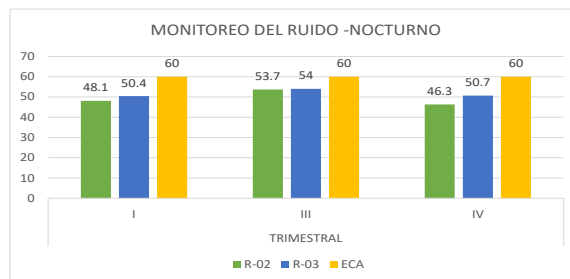


Figura 8. Monitoreo de los Niveles de Ruido- Nocturno

Interpretación:

Los niveles de ruido nocturno de los tres trimestres, están dentro de los ECA.

III. Estacion de servicio “3”

Dirección: Predio Rústico Sub Lote G2 Av. Los Maestros S/N, Ica

Actividad que desarrolla: Se dedica a la comercialización de combustibles líquido GLP y GNV, bajo el rubro de “ESTACIÓN DE SERVICIOS CON GLP Y GNV”, vende aceites en 1/4, y cojines pequeños para las motos taxis del lugar.

Programa de Monitoreo

La Estación de Servicio “3, ha realizado el programa de monitoreo de la Calidad de Aire y ruidos trimestralmente en el periodo del año 2020, no ha desarrollado el II Trimestre por la pandemia del COVID-19.

Tabla 7
Puntos de monitoreo de calidad del aire

ESTACIONES	DESCRIPCIÓN	COORDENADAS UTM (WGS 84)		TIPO
		NORTE	ESTE	
AIR-01	Barlovento	8442338	422024	Aire
AIR-02	Sotavento	8442369	0422021	Aire

Tabla 8
Puntos de monitoreo del aire

ESTACIONES	DESCRIPCIÓN	COORDENADAS UTM (WGS 84)	
		NORTE	ESTE
AIR-01	Lindero izquierdo	8442340	421993
AIR-02	Lindero central	8442332	422009
AIR-03	Lindero derecho	8442321	422039

Tabla 9
Resultados del Monitoreo de la Calidad del Aire

PUNTOS	PARAMETROS	TRIMESTRAL		
		I	III	IV
AIR-01	Sulfuro de Hidrogeno	2,104	2,104	2,104
	Benceno	0,94	0,94	0,94
AIR-02	Sulfuro de Hidrogeno	2,104	2,104	2,104
	Benceno	0,94	0,94	0,94

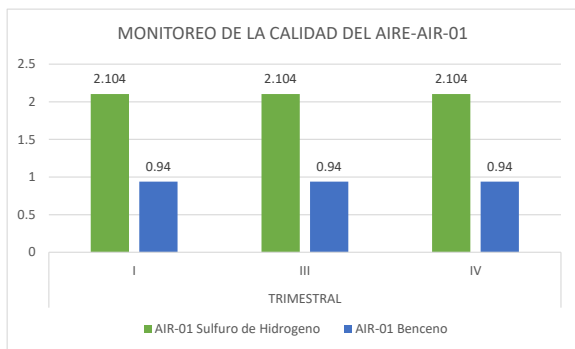


Figura 9. Resultados del Monitoreo de la Calidad del Aire- AIR-01

Interpretación:

El monitoreo en el punto de monitoreo AIR-01 de los parámetros Sulfuro de Hidrógeno y Benceno, es constante en los tres trimestres.

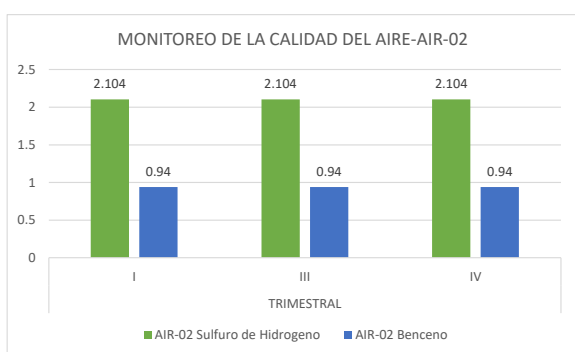


Figura 10. Resultados del Monitoreo de la Calidad del Aire- AIR-02

Interpretación:

El monitoreo en el punto de monitoreo AIR -02 de los parámetros Sulfuro de Hidrógeno y Benceno, es constante en los tres trimestres.

Tabla 10
Monitoreo de los Niveles de Ruido

PUNTOS DE MONITOREO	TRIMESTRAL		
	I	III	IV
DIURNO			
R-01	69,1	70,2	69,0
R-02	69,3	59,2	68,3
R-03	69,1	71,8	68,3
NOCTURNO			
R-01	52,2	58,4	57,5
R-02	61,4	58,2	58,2
R-03	51,4	58,8	58,6

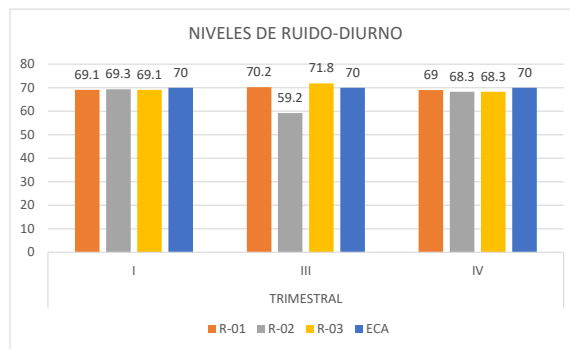


Figura 11. Monitoreo de los Niveles de Ruido- Diurno

Interpretación:

Los niveles de ruido diurno en los tres trimestres están dentro de los ECA

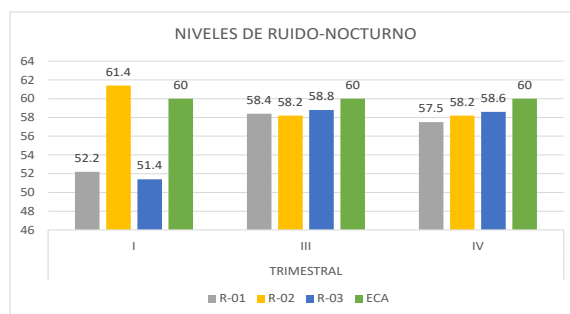


Figura 12. Monitoreo de los Niveles de Ruido- Nocturno

Interpretación:

Los niveles de ruido nocturno en los tres trimestres están dentro de los ECA.

DISCUSION DE RESULTADOS

Las estaciones de servicio monitoreadas en relación a la calidad del aire y del ruido fueron:

1. ESTACIÓN DE SERVICIO “1”
2. ESTACION DE SERVICIO “2”
3. ESTACION DE SERVICIO “3”

I: ESTACION DE SERVICIO “1”

Tabla 11
Benceno (C₆H₆): Comparación con el ECA

PARAMETRO	VALOR	ECA
	PROMEDIO	
BENCENO (COV`S)	0,94	2µg/m ³

- a. Con respecto al análisis de los valores de **Benceno (C₆H₆)**, las muestras evaluadas están dentro del rango permitido, establecido por el D.S. N° 003-2017-MINAM - Estándares de Calidad Ambiental para el Aire, habiéndose encontrado el punto de monitoreo AIR-1 una concentración de 0,94 ug/m³ de C₆H₆ y el punto de monitoreo AIR-2 una concentración 0,94 ug/m³ de C₆H₆, valor muy inferior a los 2,0 ug/m³ de C₆H₆ establecidos por la norma para el período de un año.

Tabla 12

Niveles de Ruido: Comparación con el ECA

PARAMETRO	VALOR PROMEDIO	ECA
R-DIURNO	70,1	70 L_{aeqt} .
R-NOCTURNO	63,65	60 L_{aeqt} .

- b. En el **HORARIO DIURNO**, se observa que los niveles de presión sonora registrados en los tres (02) puntos de control **R-1y R-2**, no sobrepasan el nivel estándar establecido en el D.S. N° 085-2003-PCM para la **ZONA COMERCIAL**, que establece una concentración máxima de $70L_{aeqt}$.
- c. Para el **HORARIO NOCTURNO** se observa que los niveles de presión sonora registrados en los tres (02) puntos de control **RI-1 y RI-2**, sobrepasan los niveles estándares establecidos en el D.S. N° 085-2003-PCM para la **ZONA COMERCIAL**, que establece una concentración máxima de $60L_{aeqt}$.

II: ESTACIÓN DE SERVICIO: “2”

Tabla 13

Parámetros: Comparación con el ECA

PARAMETRO	VALOR PROMEDIO	ECA
Dióxido de Azufre	3,7	20 ug/m^3 de SO_2
Sulfuro de Hidrógeno	0,7	150 ug/m^3 de H_2S
PM10	0,001	150 ug/m^3 de PM_{10}

- a. Para el análisis de los valores de **Dióxido de Azufre (SO_2)**, las muestras evaluadas se encontraron dentro del rango permitido, establecido por el D.S. N° 003-2008-MINAM - Estándares de Calidad Ambiental para el Aire, habiéndose encontrado en el punto monitoreo AIR-01, AIR-02 una concentración de $3,7 ug/m^3$ de SO_2 muy inferiores a los $20 ug/m^3$ de SO_2 establecidos por la norma para un período de 24 horas.
- b. Para el análisis de los valores de **Hidrógeno Sulfurado o Sulfuro de Hidrógeno (H_2S)**, las muestras evaluadas se encontraron muy por debajo del rango permitido, establecido por el D.S. N° 003-2008-MINAM - Estándares de Calidad Ambiental para el Aire, habiéndose encontrado el punto de monitoreo AIR-01 y AIR-02 una concentración de $0,7 ug/m^3$ de H_2S , valores muy inferiores a los $150 ug/m^3$ de H_2S establecidos por la norma para un período de 24 horas.
- c. Para el análisis de los valores de **Material Particulado (PM_{10})**, las muestras evaluadas se encontraron muy por debajo del rango permitido, establecido por el D.S. N° 003-2008-MINAM - Estándares de Calidad Ambiental para el Aire, habiéndose encontrado el punto de monitoreo AIR-

2 una concentración de $0,001 ug/m^3$ de PM_{10} , valor muy inferior a los $150 ug/m^3$ de PM_{10} establecidos por la norma para un período de 24 horas

Tabla 14

Niveles Ruido: Comparación con el ECA

PARAMETRO	VALOR PROMEDIO	ECA
R-DIURNO	61,42	70 L_{aeqt} .
R-NOCTURNO	50,53	60 L_{aeqt} .

- a. En el **HORARIO DIURNO**, se observa que los niveles de presión sonora registrados en los tres (02) puntos de control **R-01y R-02**, no sobrepasan el nivel estándar establecido en el D.S. N° 085-2003-PCM para la **ZONA COMERCIAL**, que establece una concentración máxima de $70 L_{aeqt}$.
- b. Para el **HORARIO NOCTURNO** se observa que los niveles de presión sonora registrados en los tres (02) puntos de control **RI-01 y RI-02**, no sobrepasan los niveles estándares establecidos en el D.S. N° 085-2003-PCM para la **ZONA COMERCIAL**, que establece una concentración máxima de $60 L_{aeqt}$.

III: ESTACION DE SERVICIO “3”

Tabla 15

Parámetros: Comparación con el ECA

PARAMETRO	VALOR PROMEDIO	ECA
Benceno	0,94	2,0 ug/m^3
Sulfuro de Hidrógeno	2,104	150 ug/m^3 de H_2S

- a. Con respecto al análisis de los valores de **Benceno (C_6H_6)**, las muestras evaluadas están dentro del rango permitido, establecido por el D.S. N° 003-2017-MINAM - Estándares de Calidad Ambiental para el Aire, habiéndose encontrado el punto de monitoreo AIR-1 una concentración de $0,94 ug/m^3$ de C_6H_6 y el punto de monitoreo AIR-2 una concentración $0,94 ug/m^3$ de C_6H_6 , valor muy inferior a los $2,0 ug/m^3$ de C_6H_6 establecidos por la norma para el período de un año.
- b. Para el análisis de los valores de **Hidrógeno Sulfurado o Sulfuro de Hidrógeno (H_2S)**, las muestras evaluadas se encontraron muy por debajo del rango permitido, establecido por el D.S. N° 003-2008-MINAM - Estándares de Calidad Ambiental para el Aire, habiéndose encontrado el punto de monitoreo AIR-01 y AIR-02 una concentración de $2,104 ug/m^3$ de H_2S , valores muy inferiores a los $150 ug/m^3$ de H_2S establecidos por la norma para un período de 24 horas.

Tabla 16

Niveles de Ruido: Comparación con el ECA

PARAMETRO	VALOR PROMEDIO	ECA
R-DIURNO	68,23	70 L_{aeqt} .
R-NOCTURNO	57,18	60 L_{aeqt} .

- a. En el **HORARIO DIURNO**, se observa que los niveles de presión sonora registrados en los tres (03) puntos de control **R-01, R-02 y R-03** no sobrepasan el nivel estándar establecido en el D.S. N° 085-2003-PCM para la **ZONA COMERCIAL**, que establece una concentración máxima de 70 L_{aeqt} .
- b. Para el **HORARIO NOCTURNO** se observa que los niveles de presión sonora registrados en los tres (03) puntos de control **RI-01, R-02 y RI-03**, no sobrepasan los niveles estándares establecidos en el D.S. N° 085-2003-PCM para la **ZONA COMERCIAL**, que establece una concentración máxima de 60 L_{aeqt} .

Conclusiones

1. En la evaluación de los parámetros de calidad de aire y los niveles de ruido generados por las actividades de la empresa son los siguientes:

✓ **ESTACIÓN DE SERVICIO “1”:**

De la Calidad del Aire

De acuerdo a los valores obtenidos en el monitoreo realizado se puede afirmar que el proceso operativo del GRIFO “1.” y las emisiones de gases que se puedan generar como parte de este proceso se encuentran dentro de los límites referenciados en los Estándares Nacionales de la Calidad del Aire.

Del Monitoreo de Ruido

En el Monitoreo Ambiental de Ruido del GRIFO “1”, se obtuvieron en horario diurno y nocturno, valores superiores a los establecidos en los Estándares de Calidad de Aire para Ruido, esto debido principalmente por el tráfico denso de vehículos ligeros que transitan por la ESQ. CUTERVO Y GERONIMO DE CABRERA, distrito, provincia y departamento de Ica.

✓ **ESTACION DE SERVICIO “2”:**

De la Calidad del Aire

De acuerdo a los valores obtenidos en el monitoreo realizado se puede afirmar que el proceso operativo de la EESS “2” y las emisiones de gases que se puedan generar como parte de este proceso se encuentran dentro de los límites referenciados en los Estándares Nacionales de la Calidad del Aire.

Del Monitoreo de Ruido

Monitoreo Ambiental de Ruido de la Estación de Servicios “2”, se obtuvieron valores dentro del rango a los establecidos en los Estándares de Calidad de Aire para Ruido establecidos en el D.S. N° 085- 2003-PCM para el sector comercial.

✓ **ESTACION DE SERVICIO “3”:**

De la Calidad del Aire

De acuerdo a los valores obtenidos en el monitoreo realizado se puede afirmar que el proceso operativo de la EE.SS CON GLP Y GNV “3” y las emisiones de gases que se puedan generar como parte de este proceso se encuentran dentro de los límites referenciados en los Estándares Nacionales de la Calidad del Aire.

Las muestras han sido tomadas en función a la emisión de gases y no en función a la calidad de aire, Por lo que la empresa procederá a realizar un ITS de parámetros.

Del Monitoreo de Ruido

Según los resultados obtenidos en el monitoreo se puede concluir que los niveles de ruidos originados en la EESS “3” en horario Diurno y Nocturno, exceden ligeramente los Estándares de Calidad Ambiental para el Ruido establecidos en el D.S. N° 085-2003-PCM para el sector comercial, esto como consecuencia del tráfico de vehículos ligeros y pesados que transitan por la Carretera Panamericana Sur, donde se ubican el ingreso y la salida del establecimiento.

Referencias

- Camarena Camarena, S.C. (2017). "Evaluación del impacto de la aplicación de la supervisión de criticidad alta en grifos y estaciones de servicios de combustibles líquidos en la provincia de Huancayo". Tesis. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima.
- Clean air institute (2013). *La calidad del aire en América Latina*. Washington.
- Economopoulos, A. P. (2010). *Evaluación de fuentes de contaminación del aire*. USA: Segunda Reactualización. Centro panamericano de ingeniería sanitaria y ciencias del ambiente.
- Farroñán Díaz, C.C. (2017). "Concentraciones de gases y niveles de ruido según los Estándares de calidad ambiental (ECA) en las estaciones de servicio en la ciudad de Chiclayo. 2012-2014". Tesis. Universidad de Lambayeque. Lambayeque.
- Gestas Zonales De Aire, GZA. (2013). *Plan de Acción para la Mejora de la Calidad del Aire en la Zona de Atención Prioritaria de la Cuenca Atmosférica de Ica*.
- Hernández Sampieri, R. y otros. (2007). *Fundamentos de metodología de la investigación*. España: Editorial Mc GRAW-HILL/ Interamericana.
- Lu, Y., Yuan, T., Wang,W., Kannan, K. (2011). *Concentration and assessment of exposure to siloxanes and synthetic musks in personal care products from China*. Environ. Pollut. 159, 3522–3528.
- OMS. (2016). *La OMS publica estimaciones nacionales sobre la exposición a la contaminación del aire y sus repercusiones para la salud*. Ginebra
- OSINERGMIN (2010). *Industria del Gas Natural*. Portal de OSINERGMIN. Lima. <http://www2.osinerg.gob.pe/Pagina%20Osinergmin/Gas%20Natural/index.html>
- Rivera, A. (2014). *Estudio de niveles de ruido y los ECAS (Estándares de Calidad Ambiental) para ruido en los principales centros de salud, en la ciudad de Iquitos, en diciembre 2013 y enero 2014*. <http://dspace.unapiquitos.edu.pe/bitstream/unapiquitos/258/1/TESIS%20PARA%20LIBRO%20ANGIE%20RIVERA%20DACOSTA%20-20MAYO%202014.pdf>
- Reyes Martínez, O. (2016). "La demanda de gasolinas y sus impactos en el medio ambiente en España. Barcelona". Tesis. Universidad Autónoma de Barcelona. España. .
- Sánchez Mejía, E.J., Luis Marín, H.A. (2017). "Análisis de la amenaza presente en la infiltración de combustibles líquidos en las estaciones de servicio de la ciudad de Barranquilla". Tesis. Universidad Católica de Colombia. Bogotá.
- Yllanes Puican, J. (2019). "Cumplimiento de las obligaciones ambientales fiscalizables y la gestión ambiental en la comercialización de combustibles líquidos del distrito de cercado de Lima". Tesis. Universidad Inca Garcilaso de la Vega. Lima.

Estabilización alcalina de lodos de PTARD para obtener biosólido tipo A

Alkaline stabilization of PTARD sludge to obtain type A biosolids

Godofredo Huanca Chambi
ghuanca@unaj.edu.pe - Universidad Nacional de Juliaca, Perú
<https://orcid.org/0000-0003-0107-8056>

José Luis Pineda Tapia
jpineda@unaj.edu.pe - Universidad Nacional de Juliaca, Perú
<https://orcid.org/0000-0001-9498-1169>

Tania Deza Ramos
tdeza@epg.unap.edu.pe – Universidad Nacional del Altiplano, Perú
<https://orcid.org/0000-0001-7916-4734>

Reynaldo Salas Sucaticona
reynaldosalassucaticona@gmail.com – Universidad Nacional de Juliaca, Perú
<https://orcid.org/0000-0001-8306-0874>

Recibido el 04/11/21 | Aceptado el 06/12/21

DOI: <https://doi.org/10.47190/nric.v3i4.2>

Resumen

En este artículo se reporta los resultados del efecto alcalinizante de la cal viva (CVG), cal de la montaña (CM) y polvillo de los filtros (PF) sobre los lodos obtenidos de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTARD); el proceso experimental consistió en 6 tratamientos, todos los tratamientos tuvieron un periodo de experimentación de 13 días, se evaluaron parámetros fisicoquímicos, toxicidad química y estabilización del proceso de alcalinización de lodos de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTARD); la estabilización alcalina con lodos de PTARD logró resultados satisfactorios con los tratamientos T2 (cal viva 8% + lodo 92%) y T3 (cal viva 12% + lodo 88%), T4 (cal viva de montaña 16% + lodo 84%), T5 (polvillo Maerz 30% + lodo 70%) y T6 (polvillo Rotax 30% + lodo 70%) que garantizaron una eficiente reducción en la cantidad de microorganismos patógenos. Respecto a la estabilización alcalina con cal viva, el T2 (cal viva 8% + lodo 92%), T3 (cal viva 12% + lodo 88%) y T6 (polvillo Rotax 30% + lodo 70%) lograron elevar el pH a 12 por un periodo mayor a 72 horas; en relación a toxicidad química, los tratamientos T2, T3, T4, T5 y T6 cumplen con los parámetros establecidos. Se concluye que los tratamientos T2 (cal viva 8% + lodo 92%), T3 (cal viva 12% + lodo 88%) y T6 (polvillo Rotax 30% + lodo 70%) son los que mejor comportamiento tuvieron durante el proceso de estabilización de lodos para obtener biosólidos de tipo A.

Palabras claves: *Cal viva, cal de baja ley, polvillo de filtros, cenizas volantes, lodos de depuradora.*

Como citar: Huanca-Chambi, G., Pineda-Tapia, J.L., Deza-Ramos, T. & Salas-Sucaticona, R. (2022). Estabilización alcalina de lodos de PTARD para obtener biosólido tipo A. *ÑAWPARISUN – Revista de Investigación Científica de Ingenierías*, 3(4), 25-32.

Abstract

The objective of this study was to evaluate the alkalizing effect of quicklime (CVG), mountain lime (CM), and filter dust (PF) on the sludge obtained from the wastewater treatment plant (PTARD); the experimental process consisted of 6 treatments, all the treatments had an experimentation period of 13 days, the physicochemical parameters, chemical toxicity and stabilization of the sludge alkalization process of the wastewater treatment plant (PTARD) were evaluated; the alkaline stabilization with PTARD sludge achieved satisfactory results with the treatments T2 (quicklime 8% + sludge 92%) and T3 (quicklime 12% + Sludge 88%), T4 (mountain quicklime 16% + sludge 84%), T5 (Maerz dust 30% + sludge 70%) and T6 (Rotax dust 30% + sludge 70%) that guaranteed an efficient reduction in the amount of pathogenic microorganisms. As for alkaline stabilization with quicklime, T2 (quicklime 8% + sludge 92%), T3 (quicklime 12% + sludge 88%), and T6 (Rotax dust 30% + sludge 70%) managed to raise the pH to 12 units for a longer period than 72 hours; regarding the chemical toxicity, treatments T2, T3, T4, T5, and T6 meet the established parameters. It is concluded that the treatment T2 (quicklime 8% + sludge 92%), T3 (quicklime 12% + sludge 88%), and T6 (Rotax dust 30% + Sludge 70%) had the best performance during the stabilization process. of sludge to obtain type A biosolids.

Keywords: quicklime, low lay lime, kiln dust, fly ash, sewage sludge.

Introducción

Las plantas de tratamiento de aguas residuales generan grandes cantidades de lodos primarios (durante la primera etapa de tratamiento de aguas residuales), secundarios (durante la etapa de tratamiento biológico) y terciarios (durante una etapa adicional de remoción biogénica), que requieren su utilización. Se estima que esta etapa particular (tercera etapa) es la más costo-intensivo y puede tomar hasta 60% de los costes totales de operación (Pilli et al., 2014) y puede llegar a generar un 40% del total de emisiones de gases de efecto invernadero (Anjum et al., 2016); además son considerados un subproducto inevitable del proceso de tratamiento biológico de aguas residuales (Wu et al., 2020)

Los lodos de depuradora contienen normalmente grandes cantidades de bacterias patógenas que se excretan en las heces y la orina; los constituyentes bacterianos patógenos (Arthurson, 2008). Los riesgos para la salud relacionados con estos patógenos en términos de esparcimiento de lodos de depuradora en tierras cultivables dependen de los tratamientos previos de lodos aplicados (Kearney et al., 1993). La reducción de la producción de lodos, su estabilización microbiológica y la recuperación de componentes valiosos y energía se puede llevar a cabo mediante digestión aeróbica y anaeróbica (Anjum et al., 2016), oxidación húmeda, procesos hidrotermales, pirólisis y gasificación (Tyagi & Lo, 2013).

El uso de cal para reducir o eliminar el contenido de patógenos en los lodos de depuradora representa un método de tratamiento relativamente rentable (Hansen et al., 2007). Durante la estabilización con cal, hidróxido de calcio ($Ca(OH)_2$) o se añade óxido de calcio (CaO) para elevar el pH de la matriz durante un período de tiempo definido. Para cumplir con los requisitos de la clase B para la reducción de la atracción de patógenos y vectores, el pH debe elevarse a valores de 12 durante dos horas y mantenerse un valor mínimo de 11.5 durante veintidós horas. La cal se ha utilizado históricamente para la desinfección y supresión de olores de desechos

sólidos. El tratamiento con cal reduce el número de microorganismos en el efluente descargado cuando el hidróxido de calcio se une al material sólido, facilitando la floculación en los procesos de sedimentación o flotación mientras que la alcalinidad del hidróxido de la cal tiene un efecto antimicrobiano (Wong & Fang, 2000).

El tratamiento de alcalinización de lodos de planta de tratamiento de aguas residuales busca obtener una materia prima secundaria útil y reducir el daño ambiental, es necesaria una evaluación de las propiedades higiénicas y sanitarias de los lodos (Izydorczyk et al., 2021). Por consiguiente, el objetivo del estudio fue evaluar el efecto alcalinizante de la cal viva, cal de baja ley y polvillo de los filtros en los lodos obtenidos de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTARD); se evaluaron los parámetros fisicoquímicos, toxicidad química y estabilización del proceso de alcalinización de lodos de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTARD).

Materiales y métodos

Ubicación de la zona de experimentación

La presente investigación se desarrolló en la empresa Cal & Cemento Sur S.A. ubicado en la carretera Juliaca Puno Km 11, hacienda Yungura, cuyas coordenadas UTM son 380803.69 m E; 8276833.70 m S, zona 19 L y se encuentra a una altitud de 3830 m.s.n.m., el lodo utilizado para las pruebas fue extraído de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (PTARD).

Materiales y equipos

Para el trabajo experimental se hizo uso de termómetros de vidrio de 0 a 200 °C, calibrado ± 1 %, balanza analítica (Mettler Toledo, $\pm 0,0001$ g), estufa (Thermo Scientific, de 10 – 250 °C), equipo multiparámetro (WTW 3430) con medidor de pH con ajuste de pendiente y control de temperatura, tampón buffer de 4.7 y 10 pH, recipiente de polietileno de alta densidad (40x20x20 cm), envases de vidrio (Boro 3.3.5), agitador magnético de velocidad regulable (0-1500 rpm).

Material alcalinizante

El material alcalinizante utilizado fue Cal Viva (CVG), cal de la montaña (CM) y polvillo de los Hornos Rotax (PF_{RX}) y Horno Maerz (PF_M), cuya composición se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 1
Características del material alcalinizante.

Material Alcalinizante	pH	CaO (%)	SiO ₂ (%)	MgO (%)	Otros (%)
Cal Viva (CVG)	10	65.27	4.30	1.46	14.67
Cal de Montaña (CM)	11	66.36	7.06	1.52	9.17
Polvillo Horno Rotax (PF _{RX})	12	83.69	4.60	1.97	3.21
Polvillo Horno Maerz (PF _M)	10	69.86	3.5	1.27	2.65

Nota. Polvillo Horno Rotax (PF_{RX}) corresponde a polvillo de filtro de hornos horizontales de producción de cal; Polvillo Horno Maerz (PF_M) corresponde a polvillo de filtro de hornos verticales de producción de cal; Cal de Montaña (CM) corresponde a cal de baja ley.

Diseño y unidades experimentales

La estabilización alcalina de los lodos obtenidos de la planta de tratamiento de aguas residuales domesticas (PTARD) consistió en 6 tratamientos experimentales (ver tabla 2) establecidos según referencias de experiencias anteriores, todos los tratamientos tuvieron un periodo de experimentación de 13 días, donde de forma diaria se evaluaron parámetros de control como son: el pH, la Temperatura y la Humedad y; posterior a ello se realizaron análisis parámetros de estabilización, higienización y toxicidad química según las normas internacionales, como las normas APHA, EPA entre otros, en un laboratorio acreditado.

Tabla 2
Diseño de las unidades experimentales.

TRATAMIENTO	C	% CAL	% LODO
T1 (lodo PTARD)	Lodo PTARD	0	100
T2 (cal viva 8% + lodo 92%)	Cal viva	8	92
T3 (cal viva 12% + lodo 88%)	Cal viva	12	88
T4 (cal viva montaña 16% + lodo 84%)	Cal viva	16	84
T5 (polvillo Maerz 30% + lodo 70%)	Polvillo de filtro	30	70
T6 (polvillo Rotax 30% + lodo 70%)	Polvillo de filtro	30	70

Fuente: Adaptado de (Torres et al., 2008)

Determinación de parámetros de campo

El período de exposición y monitoreo de los tratamientos será de 13 días considerando el día de aplicación como el día 0. En la Tabla 3, se describe los parámetros, la frecuencia de medición y las técnicas de determinación.

Los principales parámetros para la identificación de la efectividad del tratamiento son el pH y los Coliformes fecales, observando si el primero se mantenía por encima de 12 por un periodo mayor o igual a 72 horas como lo recomienda la EPA (United States Environmental Protection Agency [EPA], 2003)

La temperatura será medida directamente en el interior de la celda en 3 profundidades y luego promediada. Para los otros parámetros, se tomaron porciones de material en 3 puntos aleatorios de la celda y se mezclaran (aproximadamente 90 g de muestra para pH y humedad y 100 g para los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos) para hacer más representativa la medición.

Determinación de parámetros de laboratorio.

Para la determinación de los parámetros de toxicidad química, estabilización de lodos y los parámetros de higienización de lodos (*Escherichia Coli*, *Salmonella*, Huevos de helminto), se realizaron en el laboratorio de análisis de SGS del Perú con registro N° LE – 002, entidad certificada por el INACAL. En la tabla 4 se detallan los ensayos acreditados según los parámetros descritos.

Tabla 3
Medición de parámetros de campo y laboratorio.

Parámetro	Unidades	Frecuencia	Técnica
Temperatura	(°C)	Día 0*: Hora cero, a las 4 horas y luego cada hora por 6 horas; Días 1 al 6: 3 veces al día; Días 7 al 13: 1 vez al día	Termómetro de bulbo de 30 cm
pH	(Unidades)	Día 0*: Hora cero, a la primera hora y a las 4 horas; Días 1 al 2: 2 veces al día; Días 3 al 13: 1 vez al día	Potenciométrico
Humedad	(%)	Una muestra los días 0*, 3, 8, 11 y 13	Gravimétrico
Coliformes totales y fecales	(UFC/g muestra)	Una muestra los días 0*, 6 y 13	Filtración por membrana
Huevos de helmintos	(HH/g muestra)	Una muestra los días 0*, 6 y 13.	Método Bailenger modificado
Sólidos volátiles	mg/kg	Una muestra los días 0*, 6 y 13.	SMEW APHA AWWA-WEF PART 2540G,23 RD Ed 2017 Fixed and volatile solids in solid and semisolid simples
Sólidos totales	mg/kg	Una muestra los días 0*, 6 y 13.	
Arsénico, Cadmio, Cromo, Cobre, Plomo, Mercurio, Níquel, Zinc	mg/kg	Una muestra los días 0* y 13.	Metales totales ICP Masa EPA METHOD 6020 A Revision 1.2007 Inductively coupled plasma mass spectrometry (preparación de muestras EPA METHOD 3051)

Fuente: Adaptado de Torres et al., 2008.

Tabla 4
Métodos de ensayos aplicados.

	PARAMETRO	UNIDAD	NORMA DE REFERENCIA
Estabilización	Sólidos Totales	mg/kg	ES_APHA2540G
	Sólidos Volátiles	mg/kg	ES_APHA2540G
	Sólidos Volátiles	mg/kg	ES_APHA2540G
	Mercurio	mg/kg	ES_EPA7471
	Nitrógeno Total	mg/kg	ES_SGS_ME45
	Nitrógeno Total	%	ES_SGS_ME45
	Nitrógeno Total	%	ES_SGS_ME45
Higienización	Numeración de <i>Escherichia coli</i>	NMP/1g ST	ES_APHA9221F_CX
	<i>Salmonella Sp.</i>	NMP/10g ST	ES_EPA1682_CX
	Huevos Viables de Helmintos	HVH/4g ST	ES_EPA625_I_CX
Toxicidad química	Metales totales	mg/kg	ES_EPA3051_6020

Fuente: SGS del Perú

Resultados y discusión

La estabilización alcalina del lodo de la PTARD obtuvo que el tratamiento T2 (Cal viva 8% + Lodo 92%) y T3 (Cal viva 12% + Lodo 88%) y T6 (Polvillo Rotax 30% + Lodo 70%) lograron elevar el pH a 12 unidades por un periodo mayor a 72 horas y manteniéndolo cercano a 12 unidades durante todo el ensayo, lo que garantizó una eficiente reducción de microorganismos patógenos y obtención de un material Tipo A. Según (EPA, 2003), la elevación del pH a valores superiores a 12 por un periodo de al menos 72 horas asegura la reducción significativa de patógenos y la estabilización del biosólido. Sin embargo, los tratamientos T1 (Lodo PTARD) y T4 (Cal viva de montaña 16% + Lodo 84%) no lograron elevar el pH hasta 12.

Los resultados son consistentes con los datos reportador por Samaras et al., 2008, donde la mezcla 1:1 entre cal y lodo elevó el pH a más de 12 mientras que las mezclas de ceniza y lodo no lograron superar

las 10 unidades de pH. En relación al tratamiento T6 (Polvillo Rotax 30% + Lodo 70%), este logró elevar y mantener el PH en 12 por un periodo de 5 días debido a que la ceniza tenía un contenido de CaO del 83.69 %; un resultado contrario a lo reportado por (Torres et al., 2009); donde los tratamientos con cenizas evaluadas no alcanzaron los valores requeridos debido a su alta variabilidad, lo que indica que tienen un bajo poder alcalinizante, debido tal vez a su bajo contenido de óxidos de calcio.

En relación con la humedad T1 (Lodo PTARD), T2, T3, T4, T5 Y T6 alcanzaron una reducción de humedad de 75.23%, 74.92%, 72.78%, 74.31%, 70.34% y 71.56% respectivamente, siendo el mejor tratamiento el T5 (Polvillo Maerz 30% + Lodo 70%); al respecto Torres et al., 2009 alcanzó valores de reducción de humedad entre 24 y 45 %, habiéndose presentado la mayor reducción de humedad en el tratamiento con cal viva al 25 %.

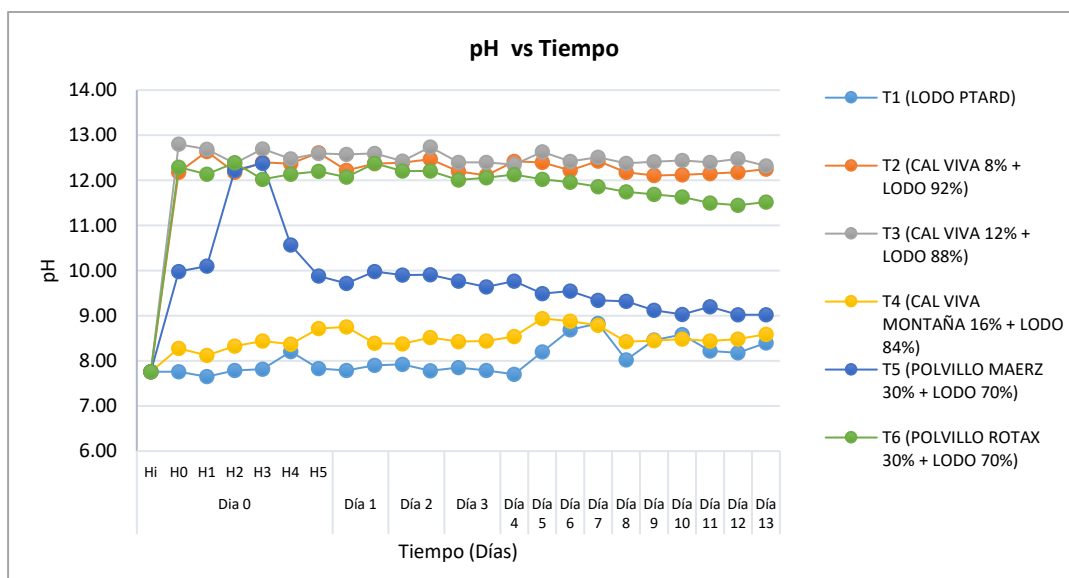


Figura 1. Gráfico de interacción pH vs Tiempo (Días)

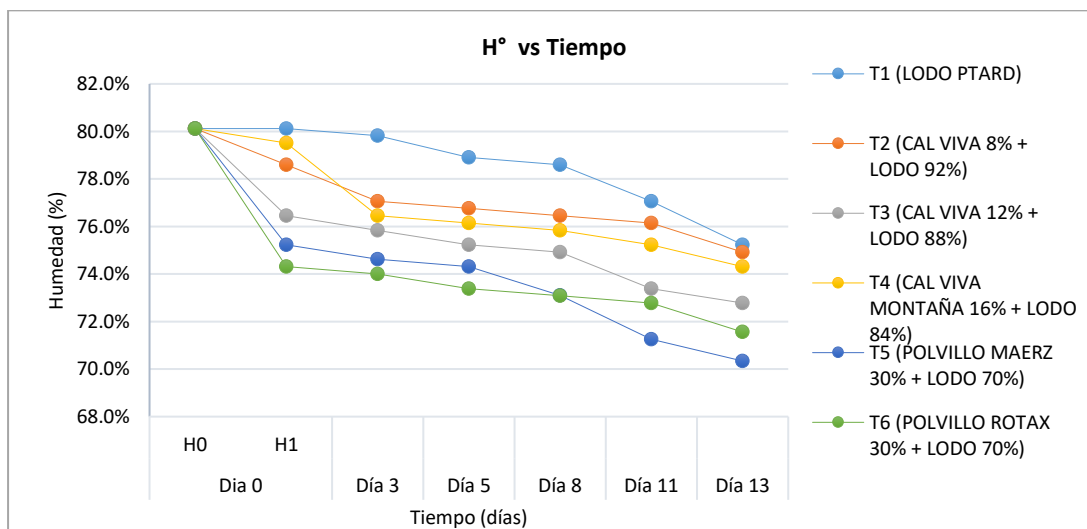


Figura 2. Gráfico de interacción Humedad vs Tiempo (Días)

La temperatura T1 (Control) fue de 12.5°C y no presentó variaciones significativas durante el periodo de experimentación; en relación a los demás tratamientos durante el proceso de inoculación, T2 y T3 con cal viva de 8% y 12% respectivamente, causó una elevación instantánea y momentánea de la temperatura a valores de 17 y 17.5°C respectivamente a una temperatura ambiente de 9°C, luego de 30 minutos los valores comenzaron a descender a temperaturas similares a la del ambiente; los resultados coinciden con lo observado por Jiménez et al., 1999; Torres et al., 2008, 2009 donde el incremento de la temperatura se dio al inicio de la inoculación debido a la reacción exotérmica de la cal viva con el lodo con altos porcentajes de humedad, pero luego descendió a temperaturas próximas al ambiente. en cambio los tratamientos T4, T5 Y T6,

presentaron un ligero incremento de temperatura caracterizándose por un comportamiento similar al T1 (control), lo que indica que el material alcalinizante usado no genera una variación de temperatura, resultados similares fueron reportados por Torres et al., 2009 donde los tratamientos con cenizas al 8%, 15%, 25% y 40% el incremento de temperatura fue similar al tratamiento testigo.

Con base en el comportamiento de la temperatura, el alcalinizante que mejor desempeño presentó fue el T2 y T3 el cual libera calor en contacto con el agua presente en el lodo, la adición de un estabilizador alcalino aumenta la temperatura y el pH de los lodos, lo que conduce a la eliminación de organismos patógenos y reduce el problema del olor generado (Wong & Fang, 2000).

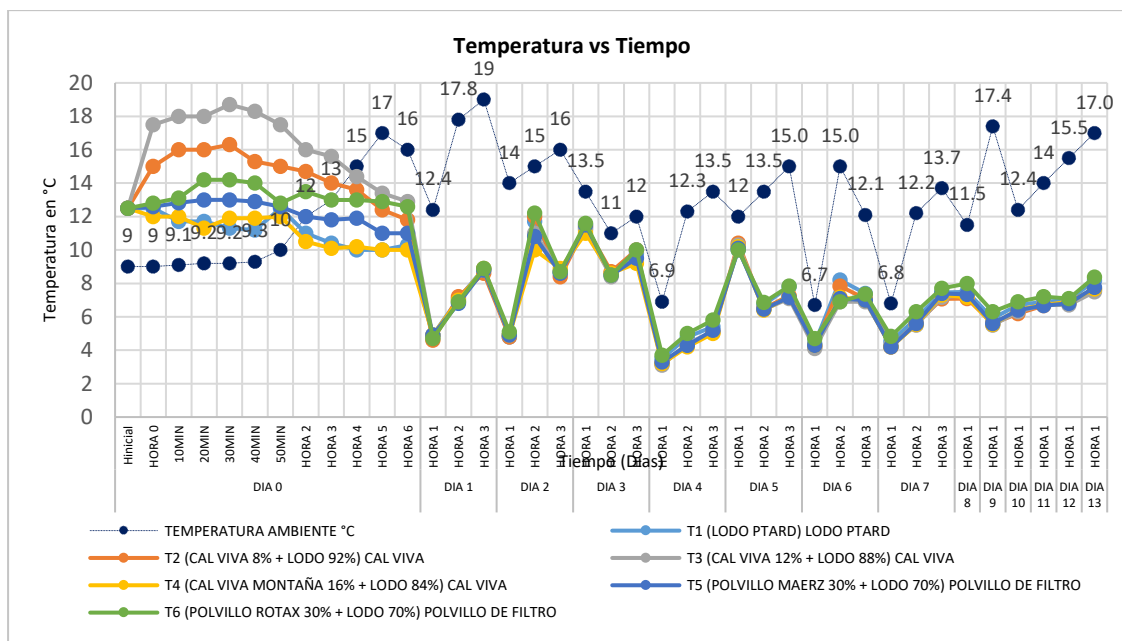


Figura 3. Control de temperatura durante el proceso de experimentación

En términos de parámetros de higienización los valores obtenidos en todos los tratamientos con relación a la *Escherichia Coli*, los valores oscilaron entre 99.31 y 143.1 NMP/1g ST inferior a la norma nacional DS 015-2017 VIVIENDA donde el valor máximo es de <1000 NMP/1g ST; no obstante, los huevos de helmintos obtuvieron valores nulos de huevos de helmintos viables, lo que disminuye el riesgo a la salud pública.

En relación la concentración de materia orgánica en porcentaje, todos los valores obtenidos son inferiores a los establecidos por la norma nacional DS 015-2017 VIVIENDA. los resultados se detallan en la tabla 5.

La toxicidad química (mg/Kg ST Materia Seca) para clase A y B en relación con el contenido de metales pesados para Arsénico, Cadmio, Cromo, Cobre, Plomo, Mercurio, Níquel y Zinc detallados en la tabla 3; todos los valores obtenidos son inferiores a los establecidos por la norma nacional DS 015-2017 VIVIENDA donde el valor máximo es de 40, 40, 1200, 1500, 400, 17, 400, 2400 mg/Kg respectivamente; además los valores obtenidos en esta investigación se encuentran dentro de los parámetros establecidos por la Norma 40 CFR parte 503 (EPA, 2003) clasifica los biosólidos en dos Tipos (A y B) de acuerdo con la concentración de metales y la cantidad de microorganismos patógenos.

Tabla 5
Concentración de materia orgánica en porcentaje

Muestra	Sólidos volátiles (SV)	Sólidos totales (ST)	Materia Orgánica en %	DS 015-2017 vivienda
T1- C	59,97	193,37	31.01	60
T1	59,36	203,64	29.15	60
T2	59,89	243,25	24.62	60
T3	57,59	256,06	22.49	60
T4	57,08	240,70	23.72	60
T5	59,45	279,70	21.26	60
T6	53,92	249,27	21.63	60

Tabla 6.

Toxicidad química de los lodos pre y post tratamiento

Muestra	Arsénico (As) mg/Kg	Cadmio (Cd) mg/Kg	Cromo (Cr) mg/Kg	Cobre (Cu) mg/Kg	Plomo (Pb) mg/Kg	Mercurio (Hg) mg/Kg	Níquel (Ni) mg/Kg	Zinc (Zn) mg/Kg
T1 (LODO PTARD) PRE	20.82	1.56	53.43	155.29	39.22	0.60	22.48	539.05
T1 (LODO PTARD) POST	22.36	1.54	58.56	164.302	33.994	<0.262	22.857	435.435
T2 (CAL VIVA 8% + LODO 92%)	21.12	1.24	46.75	127.97	29.636	<0.262	20.956	327.415
T3 (CAL VIVA 12% + LODO 88%)	20.72	1.39	44.87	132.883	30.247	1.181	19.786	335.778
T4 (CAL VIVA MONTAÑA 16% + LODO 84%)	20.107	1.189	44.31	131.709	33.113	<0.262	19.892	318.492
T5 (POLVILLO MAERZ 30% + LODO 70%)	18.342	1.267	43.12	121.111	45.301	<0.262	31.48	288.083
T6 (POLVILLO ROTAX 30% + LODO 70%)	15.643	1.12	38.43	113.78	43.558	<0.262	59.534	273.237
DS 015-2017 VIVIENDA BIOSÓLIDO CLASE A Y B	40	40	1200	1500	400	17	400	2400
Norma 40 CFR parte 503 EPA 2003	75	85	4300	840	57	75	420	7500

Conclusiones

La estabilización alcalina con lodos de PTARD, logró un resultado satisfactorio con los tratamientos T2 (Cal viva 8% + Lodo 92%) y T3 (Cal viva 12% + Lodo 88%), T4 (Cal viva de montaña 16% + Lodo 84%), T5 (Polvillo Maerz 30% + Lodo 70%) y T6 (Polvillo Rotax 30% + Lodo 70%) que garantizaron una eficiente reducción de microorganismos patógenos (*Escherichia Coli*).

La estabilización alcalina del lodo de la PTARD con cal viva T2 (Cal viva 8% + Lodo 92%) y T3 (Cal viva 12% + Lodo 88%) y T6 (Polvillo Rotax 30% + Lodo 70%) logró elevar el pH a 12 unidades por un periodo mayor a 72 horas y manteniéndolo cercano a 12 unidades durante todo el ensayo, lo que garantizó una eficiente reducción de microorganismos patógenos y obtención de un biosólidos tipo A.

Los tratamientos T2, T3, T4, T5 y T6 cumplen los parámetros de estabilización y toxicidad química establecidos por la normativa nacional DS 015-2017 VIVIENDA, dando origen a la obtención de un biosólido de tipo A, mejorando sus características y su reaprovechamiento como acondicionador de suelos en agricultura, forestación y recuperación de áreas degradadas.

El tratamiento T6 (Polvillo Rotax 30% + Lodo 70%) obtuvo un rendimiento similar a T2 (Cal viva 8% + Lodo 92%) y T3 (Cal viva 12% + Lodo 88%) siendo estos tratamientos los de mejor comportamiento durante el proceso de estabilización de lodos.

Bibliografía

- Anjum, M., Al-makishah, N. H., & Barakat, M. A. (2016). Wastewater sludge stabilization using pre-treatment methods. *Process Safety and Environmental Protection*. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2016.05.022>
- APHA, AWWA and WEF (2005). *Standard methods for the examination of waters and wastewaters* 21th ed. Estados unidos.
- Arthurson, V. (2008). MINIREVIEW Proper Sanitization of Sewage Sludge: a Critical Issue for a Sustainable Society □. *APPLIED AND ENVIRONMENTAL MICROBIOLOGY*, 74(17), 5267–5275. <https://doi.org/10.1128/AEM.00438-08>
- Hansen, J. J., Warden, P. S., & Margolin, A. B. (2007). Inactivation of Adenovirus Type 5 , Rotavirus WA and Male Specific Coliphage (MS2) in Biosolids by Lime Stabilization. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 4(1), 61–67.
- Izydorczyk, G., Mikula, K., Skrzypczak, D., Trzaska, K., & Moustakas, K. (2021). Agricultural and non-agricultural directions of bio-based sewage sludge valorization by chemical conditioning. *Environmental Science and Pollution Research*.
- Jiménez, B., Barrios, J. A., & Maya, C. (1999). Estabilización alcalina de lodos generados en un tratamiento primario avanzado. *Researchgate*, January, 13.
- Kearney, T. E., Larkin, M. J., & Levett, P. N. (1993). The effect of slurry storage and anaerobic digestion on survival of pathogenic bacteria. *Journal of Applied Bacteriology*, 1984.
- Ministerio de Vivienda: DS 015-2017 VIVIENDA; Decreto Supremo que aprueba el Reglamento para el Reaprovechamiento de los Lodos generados en las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales. Disponible en: <https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-015-2017-vivienda/>
- Pilli, S., Yan, S., Tyagi, R. D., & Surampalli, R. Y. (2014). Critical Reviews in Environmental Science and Thermal Pre-treatment of Sewage Sludge to Enhance Anaerobic Digestion: A Review. *Environmental Science and Technolog*, August 2014, 37–41. <https://doi.org/10.1080/10643389.2013.876527>
- Samaras, P., Papadimitriou, C. A., Haritou, I., & Zouboulis, A. I. (2008). Investigation of sewage sludge stabilization potential by the addition of fly ash and lime. *Journal of Hazardous Materials*, 154, 1052–1059. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2007.11.012>
- Torres, P., Madera, C. A., & Martínez, G. (2008). Estabilización alcalina de biosólidos compostados de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas para aprovechamiento agrícola. *Revista Facultad Nacional Agronomía Medellín*, 61(1), 4432–4444.
- Torres, P., Madera, C., & Silva, J. (2009). Mejoramiento de la calidad microbiológica de biosólidos generados en plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas. *Revista EIA*, 11, 21–37.
- Tyagi, V. K., & Lo, S. (2013). Sludge : A waste or renewable source for energy and resources recovery? *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 25(71), 708–728. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.05.029>
- United States Environmental Protection Agency. (2003). Environmental Regulations and Technology Control of Pathogens and Vector Attraction in Sewage Sludge Control of Pathogens and Vector Attraction. U.S. Environmental Protection Agency.
- Wong, J. W. C., & Fang, M. (2000). EFFECTS OF LIME ADDITION ON SEWAGE SLUDGE COMPOSTING PROCESS. *Pergamon*, 34(15), 3691–3698.
- Wu, B., Dai, X., & Chai, X. (2020). Critical review on dewatering of sewage sludge : In fl uential mechanism , conditioning technologies and implications to sludge re-utilizations. *Water Research*, 180, 115912. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.115912>

Agradecimientos

A la empresa de Cal & Cemento Sur por el fomento y el apoyo para la ejecución de la presente investigación, al laboratorio de control de calidad de la empresa por la predisposición para la realización de los análisis requeridos. A la Lic. Deyna Lozano Ccopa, docente de Idiomas de la UNAJ, por su apoyo en la revisión y traducción del presente.

Caracterización de filamentos para elaboración de prendas en impresoras 3D
Characterization of filaments for garment manufacturing in 3D printers

Jean Roger Farfán Gavancho
jfarfan@unaj.edu.pe – Universidad Nacional de Juliaca
<https://orcid.org/0000-0001-9224-6419>

Victor Manuel Lima Condori
vm.limac@unaj.edu.pe – Universidad Nacional de Juliaca
<https://orcid.org/0000-0001-8277-3223>

George Jhonatan Cahuana Alca
g.cahuana@unaj.edu.pe – Universidad Nacional de Juliaca
<https://orcid.org/0000-0002-6231-6460>

Daniel Quispe Mamani
d.quispem@unaj.edu.pe – Universidad Nacional de Juliaca
<https://orcid.org/0000-0002-2075-0816>

Dayvis Victor Farfán Gavancho
vgavancho80@gmail.com – Instituto Superior Tecnológico Manuel Núñez Butrón

Wilber Antonio Figueroa Quispe
wfigueroa@unaj.edu.pe – Universidad Nacional de Juliaca
<https://orcid.org/0000-0003-1793-3889>

Beto Puma Huamán
b.puma@unaj.edu.pe – Universidad Nacional de Juliaca
<https://orcid.org/0000-0001-6062-4403>

Recibido el 01/09/21 | Aceptado el 05/10/21

DOI: <https://doi.org/10.47190/nric.v3i4.3>

Resumen

El estudio tiene como propósito caracterizar los filamentos para productos textiles con impresoras 3D. La metodología está enmarcada en el diseño factorial, de tipo aplicada, de nivel explicativo con procedimientos de análisis paramétricos diferencia de medias, análisis de varianza, comparaciones múltiples y la prueba Duncan, la población está conformado por objetos y sujetos y con una muestra de no probabilística conveniencia e intencional para la caracterización del material filamentos. Se realizó dos muestras de impresiones por cada impresora y por cada filamento, teniendo un total de 36 muestras (9 filamentos, 2 impresoras, 2 muestras), acompañados con pruebas de laboratorio con instrumentos mecánicos. Para la prueba de tracción el filamento TPU obtiene el mayor valor de tracción con 24.295N en promedio, para la prueba de elongación el filamento TPU obtiene el mayor valor de elongación con 85.525% en promedio, y para la prueba de doblez los filamentos TPU, TPE, NYLON, HIP, ABS, GID PLA no presentaron ruptura para un ángulo de 180 grados. Posterior a las pruebas realizadas para la caracterización de filamentos para prenda, se infiere que los filamentos TPU y TPE son los más óptimos para la elaboración de prendas mediante impresoras 3d, los cuales garantizaran una adecuada estabilidad dimensional de las prendas.

Palabras claves: *Producto textil, impresión 3D, filamentos, estabilidad dimensional.*

Como citar: Farfán-Gavancho, J.R., Lima-Condori, V.M., Cahuana-Alca, G.J., Quispe-Mamani, D., Farfán-Gavancho, D.V., Figueroa-Quispe, W.A. & Puma-Huamán, B. (2022). Caracterización de filamentos para elaboración de prendas en impresoras 3D. ÑAWPARISUN – Revista de Investigación Científica de Ingenierías, 3(4), 33-39.

Abstract

The purpose of the study is to characterise filaments for textile products with 3D printers. The methodology is framed in the factorial design, applied type, explanatory level with parametric analysis procedures, mean difference, analysis of variance, multiple comparisons and Duncan test. The population consists of elements with a non-probabilistic sample convenience and intentional, for the characterisation of the filament material. Two samples were printed by each printer and each filament, resulting in 36 samples (9 filaments, 2 printers, 2 samples). These were tested by mechanical tests with the respective instruments. For the tensile test, the TPU filament obtained the highest value being 24.295N on average. For elongation, the TPU filament obtained the highest elongation value being 85.525% on average, and for the bending test the TPU, TPE, Nylon, HIP, ABS, GID PLA filaments did not present rupture for an angle of 180 degrees. It is inferred that TPU and TPE filaments are the most optimal for the production of garments using 3D printers, which will guarantee an adequate dimensional stability of the garments.

Keywords: *Textile product, 3D printing, filaments, dimensional stability.*

Introducción

El avance de la tecnología en los últimos años, ha revolucionado al mundo y no menos en la industria textil. Así se puede encontrar la estereolitografía (SL) como un proceso de transferencias datos digitales en 3D a productos físicos por medio de la impresión 3D (Betancur & Zuleta, 2017).

Producto de la fabricación digital y de la impresión 3D, se desarrolla una nueva forma de producción y de proceso para crear productos textiles, así Danit Peleg llega a obtener colección de prendas con material de filamentos flexibles, en un cien por ciento generado en impresoras 3D (Peleg, 2017), esta diseñadora se considera dentro de las pioneras de esta forma de producción e innovación.

Para garantizar la adecuada estabilidad dimensional de prendas elaboradas mediante impresión 3d es de gran importancia la caracterización de los filamentos los mismos que garantizaran una adecuada resistencia y adaptabilidad de la prenda elaborada.

La Universidad Nacional de Juliaca, como un ente dedicado a promover la investigación, contando con la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Textil y de Confecciones; enmarcado dentro de sus líneas de investigación "Procesos productivos, diseño, seguridad y calidad en la industria textil y de confecciones" , (UNAJ, 2019); busca experimentar y explorar el proceso de la fabricación digital y de la impresión 3D como nuevo proceso de elaboración de productos textiles.

Antecedentes

En un ámbito Internacional, se encontraron los siguientes estudios (Betancur Fernández, 2016) realizaron al investigación: "Creación de una prenda mediante la fabricación digitalizada de superficies impresas en 3D". **Objetivo:** experimentar la impresión 3D para la creación de prendas a partir de la experimentación de varios filamentos. **Resultados obtenidos** son: 1) Se cumplió con determinar la rigidez, flexibilidad y plasticidad de los distintos filamentos, llegando a tomar la decisión de usar el material TPU, también se llegó a probar en material ante el calor, y su regreso a la morfología original.

Se encontró el trabajo de investigación: "Análisis comparativo de prendas y estructuras textiles realizadas por impresión 3D" (Tapia, 2016). **Objetivo:**

Facilitar el trabajo de quienes diseñen la ropa dándoles un mapa organizado y categorizado de estas nuevas características. La categorización se realiza por Tipologías enfocadas a identificar la unidad mínima de las estructuras y la forma en que crecen para construir las superficies. **Conclusiones:** 1) Los documentos incluyen una discusión sobre qué es bueno para la fabricación digital y las posibilidades de personalización. Producción. 2) La Impresión 3D es un campo nuevo para aplicación de tendencias de desarrollo textil e interrogantes para el futuro.

En el ámbito nacional y local no se encontraron trabajos relacionados a la presente investigación.

En (Farfán et al., 2021), realizaron pruebas de tracción, elongación y doblez en patrones naturales como panal de abeja, flor de la vida y copo de nieve, probando con filamentos flexibles TPU y TPE, e impresoras Anet A8 y M3D Crane Quad, llegando a la conclusión que el patrón copo de nieve tuvo mejor desempeño en la prueba de elongación con 180.4250% con filamento TPU y 146.7750% con filamento TPE; el patrón panal de abeja con línea tuvo mejor desempeño en la prueba de tracción con 155.3300N. con filamento TPU y 140.8850N. con filamento TPE.

En (Halápi et al., 2018), hicieron pruebas de tracción y elongación a 6 filamentos basados en PLA con algunos materiales aditivos para impresión 3D, para las pruebas se realizaron probetas impresas con un relleno del 100% y con dimensiones del 115 mm x 20 mm 4 mm de espesor, la impresora que usaron fue Cetus MKII y con una máquina tipo Instron 5566, las especificaciones de las pruebas están de acuerdo a la norma ISO 3167 1994. El filamento que mejor performance a la prueba de tracción fue PLA aditivo con metal obteniendo 121.36 N. y para la prueba de elongación con filamento PLA aditivo con 20.16%.

En (Stechina et al., 2020), Determinación de propiedades elásticas de piezas poliméricas construidas por impresión 3D, sometidas a flexión; analizaron las propiedades elásticas (elongación) de los filamentos PLA, Nylon y HIPS, se construyeron probetas impresas con medidas de 80 mm x 10 mm y espesor de 4mm y porcentaje de relleno al 100%; el modelo de la impresora 3D fue Prusa Mendel M90, la novedad de esta prueba es el ángulo del relleno con la pared de la probeta con 4 combinaciones de 0°/0° (relleno de línea a lo largo), 45°/-45° (relleno de línea tipo rombo) , 0°/90° (relleno tipo cuadrado), además

con cambio de posición de la probeta para impresión vertical y horizontal. Las probetas con ángulo de 0°/0° tuvieron mejor resultado con un promedio de más de 3% de elongación y las probetas impresas verticalmente con ángulo 0°/90° tuvo mejor desempeño con un promedio superior al 3% casi al igual que las probetas impresas con posición horizontal en ángulos 0°/0°.

En (Álvarez C et al., 2016), Influencia del porcentaje de relleno en la resistencia mecánica en impresión 3D, por medio del método de Modelado por Deposición Fundida (FDM); el objetivo de la investigación era determinar la influencia que tiene el relleno en la resistencia a la tracción, probado bajo el filamento ABS, la impresora utilizada fue el Makerbot Replicator 2X, para la prueba se usaron probetas impresas con diferente porcentaje de relleno, desde el 0% hasta el 5%, la norma utilizada fue el ATSM D638-10, la máquina utilizada para la prueba de tracción fue Gunt Hamburg WP 310 de 50 kN. La conclusión establece que, a mayor porcentaje de relleno, la tracción es mayor, obteniendo 34.57 MPa con un porcentaje de relleno al 100% y 14.62 MPa con porcentaje de relleno al 0%, sin embargo, para la elaboración de prendas es necesario que la propiedad de tracción vaya de la mano con la propiedad de elongación.

En (Tanikella et al., 2017), Tensile strength of commercial polymer materials for fused filament fabrication 3D printing; se experimentaron con filamentos flexibles como Ninjaflex, Semiflex y Nylon; y filamentos rígidos como ABS, HIPS, Polycarbonate y T-Glase. Las probetas impresas tenían la dimensión de 60 mm x 13 mm y un espesor de 3.2 mm utilizando la norma ASTM D638, la máquina de pruebas fue INSTRON 4206 con capacidad de 10kN para filamentos rígidos y la máquina INSTRON 4210 para filamentos flexibles porque su elasticidad era mucho mayor que los filamentos rígidos. Las conclusiones alcanzadas es que los filamentos rígidos tienen mejor desempeño en la prueba de tracción que los filamentos flexibles y el Polycarbonate fue quien alcanzó el mayor valor con 2041.64 N y Nylon fue el que alcanzó mayor valor con 1102.07 N, el filamento NinjaFlex fue el que menor desempeño obtuvo con un valor de 161.88 N.

Marco teórico

Según (Mejía Azcarate, 2015) "Las medidas de la prenda son importantes para el consumidor final." Así mismo indica que "Todo lo que tenga que ver con la estabilidad dimensional de las telas y de las prendas, es de significativa importancia para la industria".

En el estudio se optó por considerar lo indicado en los antecedentes disponibles sobre impresión 3D de prendas, así mismo por el empleo de conceptos teóricos generales sobre propiedades mecánicas de materiales.

Estabilidad dimensional.

La estabilidad dimensional es la capacidad de que los polímeros mantengan sus dimensiones originales bajo diversas condiciones ambientales y de fuerza. En el contexto de los tejidos, ese concepto se refiere a la alteración en el tamaño del material cuando es

sometido a la fuerza de contracción o alteraciones térmicas.

Pruebas mecánicas de materiales

- a) **Tracción:** Para determinar el esfuerzo interno que se genera en un cuerpo al ser ejercido sobre él dos fuerzas en sentido contrario u opuesto en dirección normal, los mismos que alargan el cuerpo hasta alcanzar la resistencia de fractura y por ende la ruptura del mismo.
- b) **Elongación:** La elongación o alargamiento en las propiedades mecánicas de un cuerpo mide el incremento de la longitud, el cual está sometido a una carga o esfuerzo de tracción sin que aún se produjera la ruptura del mismo. Este incremento de longitud del material del cuerpo se mide en porcentaje (%) con referencia o respecto a una longitud determinada inicial.
- c) **Doble:** El doble o doblado de un cuerpo referido al proceso de realizar una deformación plástica hasta que este se separe o fracture. El doble del cuerpo se mide en función de un ángulo determinado

Materiales y métodos

Materiales

Para la caracterización de filamentos para prendas, se tomó en cuenta 9 filamentos (PLA, GID PLA, WOOD PLA, METAL PLA, ABS, HIPS, NYLON, TPU y TPE); de los cuales los 7 primeros son filamentos rígidos y los dos últimos son filamentos flexibles.

Se tomó como base el patrón de prueba mesoestructura celular de Andreas (Bastian, 2014) y que fue utilizado en algunas de la colección de prendas realizadas por Danit (Peleg, s. f.). Este patrón tiene características interesantes como patrones curvos y zigzag, con un tamaño de 7 cm. X 8 cm. con una altura de 2.5 mm pudiendo ser reducido la altura hasta 1 mm tratando de simular en grosor de una prenda.

Se realizó dos muestras de impresiones por cada impresora y por cada filamento, teniendo un total de 36 muestras (9 filamentos, 2 impresoras, 2 muestras).

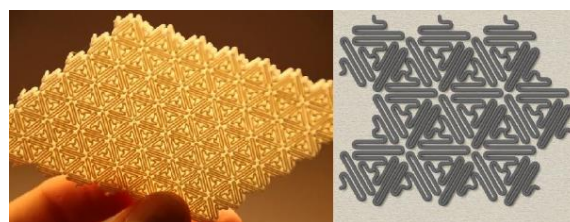


Figura 1.- Patrón mesoestructura celular (Bastian, 2014); y, patrón generado en openScad.

Software

En relación al software que se usó para desarrollar el proyecto de investigación son:

- Rhinoceros 6
- CLO 3D
- Voxelizer
- Plug-in.

Equipos

Para la impresión de los patrones se emplearon las impresoras:

- M3D Crane Quad
- ANET A8.

Para las pruebas de estabilidad dimensional (tracción, elongación y doblez) se emplearon los siguientes equipos:

- Dinamómetro Hilo mod. 848 de la marca Instruments J. Bot S.A.
- Módulo Arduino Uno
- Módulo Acelerómetro y giroscopio

La prueba a los patrones se realizó en los laboratorios de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Textil y de Confecciones de la Universidad Nacional de Juliaca; para lo cual se emplearon equipos para pruebas de tracción, elongación y doblez.

Procedimiento

A. Prueba de Tracción

Para el ensayo de tracción se utilizaron los patrones impresos los mismos que por tener dimensiones iguales se consideraron directamente como las muestras para la realización de las pruebas.

Se colocó y sujetó por sus extremos la probeta entre dos accesorios llamados "mordazas" que sujetan la probeta en el Dinamómetro Hilo mod. 848 en una posición vertical. Se puso en funcionamiento el dinamómetro el cual aplica una fuerza por uno de los extremos (inferior) de la probeta a una velocidad lenta y constante. El otro extremo (superior) de la probeta permaneció fijado al agarre superior.

El dinamómetro según va aplicando cada vez más fuerza sobre la probeta, la probeta empezará a estirarse, disminuyendo su sección y aumentando su longitud hasta alcanzar la resistencia de fractura, el mismo que es indicado en el panel del instrumento en unidades de fuerza de Newton (N), el cual es anotado en nuestro registro.

B. Prueba de Elongación

Para el ensayo de elongación se utilizaron los patrones impresos los mismos que por tener dimensiones iguales se consideraron directamente como las muestras para la realización de las pruebas.

El Dinamómetro Hilo mod. 848 por sus características técnicas realiza simultáneamente la prueba de elongación a las probetas aprovechando el procedimiento descrito anteriormente en la prueba de tracción.

En el panel del Dinamómetro Hilo mod. 848 se visualiza en porcentaje (%) la elongación de la probeta, el mismo que es anotado en nuestro registro.

C. Prueba de Dobleza

Para el ensayo de doblez sobre las muestras se optó por utilizar un módulo arduino Uno r3, junto con

módulo acelerómetro y giroscopio MPU6050 con sus respectivos conectores. El módulo MPU6050 por sus características junto a un algoritmo de programación nos permite medir en grados sexagesimales todo el desplazamiento que viene realizando el sensor.

Por consiguiente, se prosiguió a adherir el módulo MPU6050 a las muestras sobre una superficie plana, seguidamente aplicar un doblez lentamente a la muestra hasta lograr alcanzar el ángulo de doblez de ruptura de la muestra, el mismo que es anotado en nuestro registro.

Resultados y discusión

Prueba de Tracción

La prueba de tracción consistió en aplicar una fuerza vertical variable (en Newton: N) a cada patrón (meso estructura celular) con los diferentes filamentos, para disminuir su sección y aumentar su longitud hasta alcanzar la resistencia de fractura del material.

Tabla 1.
Datos de la prueba de tracción.

Filamento	Impresora			
	Anet A8		M3D Crane Quad	
	P1	P2	P1	P2
PLA	5.07	7.86	8.70	7.62
GID PLA	6.48	7.12	6.97	6.63
WOOD PLA	4.45	1.27	2.11	1.43
METAL PLA	4.34	3.24	1.47	1.14
ABS	6.16	5.30	1.16	2.79
HIPS	0.30	1.21	2.73	3.07
NYLON	5.41	4.57	15.56	15.27
TPU	8.67	26.53	31.96	30.02
TPE	7.60	5.51	22.64	21.64

Para la prueba de tracción el filamento TPU obtiene el mayor valor de tracción con 24.295N en promedio, seguido por el filamento TPE con 14.3475 N y el filamento Nylon con 10.2025 N.

Tabla 2.
Diferencia de medias para el puntaje promedio de la prueba de tracción.

Filamento	Numero de muestras	Fuerza de tracción (N)
TPU	4	24.2950
TPE	4	14.3475
NYLON	4	10.2025
PLA	4	7.3125
GID PLA	4	6.8000
ABS	4	3.8525
METAL PLA	4	2.5475
WOOD PLA	4	2.3150
HIPS	4	1.8275

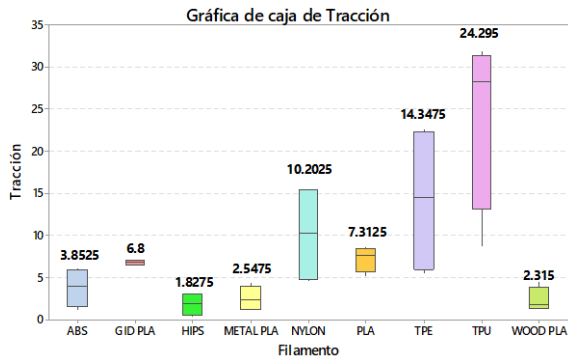


Figura 2.- Gráfica de caja de tracción respecto al tipo de filamento.



Figura 3.- Prueba de tracción y elongación del patrón mesoestructura celular para filamento METAL PLA con impresora 3D M3D Crane Quad.

Prueba de elongación

La prueba de elongación consistió en aplicar una fuerza variable a cada patrón para obtener el porcentaje de alargamiento del material para así superar su límite elástico y alcanzar su correspondiente punto de fractura.

Tabla 3.

Datos de la prueba de elongación.

Filamento	Impresora			
	Anet A8		M3D Crane Quad	
	P1	P2	P1	P2
PLA	18.40	18.40	19.90	19.00
GID PLA	17.60	19.30	14.90	14.60
WOOD PLA	13.00	10.70	11.80	9.90
METAL PLA	12.10	11.40	8.30	8.00
ABS	17.70	18.40	19.20	50.50
HIPS	27.00	13.70	23.70	13.10
NYLON	45.50	40.00	55.90	65.10
TPU	79.20	88.00	87.80	87.10
TPE	87.40	75.80	88.10	87.40

Para la prueba de elongación para prenda el filamento TPU obtiene el mayor valor de elongación con 85.525% en promedio, seguido por el filamento TPE con 84.675% y el filamento Nylon con 51.625%.

Tabla 4. Diferencia de medias para el puntaje promedio de la prueba de elongación.

Filamento	Numero de muestras	Porcentaje de elongación (%)
TPU	4	85.5250
TPE	4	84.6750
NYLON	4	51.6250
ABS	4	26.4500
HIPS	4	19.3750
PLA	4	18.9250
GID PLA	4	16.6000
WOOD PLA	4	11.3500
METAL PLA	4	9.9500

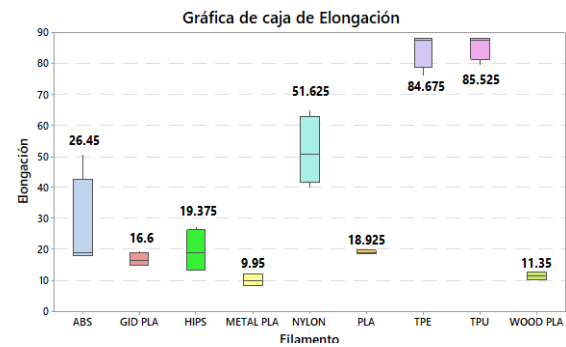


Figura 4.- Gráfica de caja de elongación respecto al tipo de filamento.



Figura 5.- Prueba de tracción y elongación del patrón mesoestructura celular para filamento HIPS con impresora 3D Anet A8.

Prueba de Doblez

La prueba de doblez consistió en doblar el patrón desde una superficie de referencia inicial hasta lograr alcanzar el punto de fractura del filamento, de lo cual se obtiene el ángulo del recorrido del doblez en grados sexagesimales.

Tabla 5.
Datos de la prueba de doblez.

Filamento	Impresora			
	Anet A8		M3D Crane Quad	
	P1	P2	P1	P2
PLA	> 180°	> 180°	> 180°	> 180°
GID PLA	> 180°	> 180°	> 180°	> 180°
WOOD PLA	47.84°	48.89°	47.64°	20.46°
METAL PLA	70.46°	76.45°	51.94°	50.61°
ABS	> 180°	> 180°	> 180°	> 180°
HIPS	> 180°	> 180°	> 180°	> 180°
NYLON	> 180°	> 180°	> 180°	> 180°
TPU	> 180°	> 180°	> 180°	> 180°
TPE	> 180°	> 180°	> 180°	> 180°

En la prueba de doblez los filamentos para prenda TPU, TPE, NYLON, HIP, ABS, GID PLA no presentaron ruptura para un ángulo de 180 grados.

Tabla 6.
Diferencia de medias para el puntaje promedio de la prueba de doblez.

Filamento	Numero de muestras	Angulo de doblez (°)
TPE	4	180.000
TPU	4	180.000
NYLON	4	180.000
HIPS	4	180.000
ABS	4	180.000
GID PLA	4	180.000
PLA	4	180.000
METAL PLA	4	62.365
WOOD PLA	4	41.208

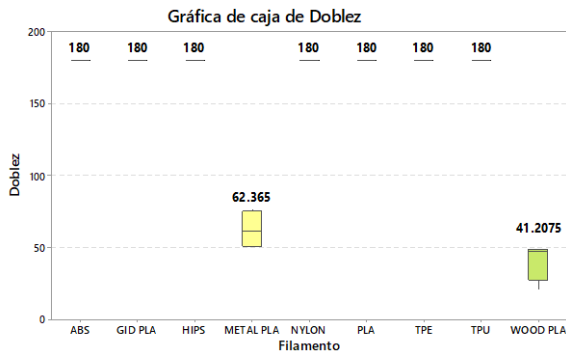


Figura 6.- Gráfica de caja de doblez respecto al tipo de filamento.

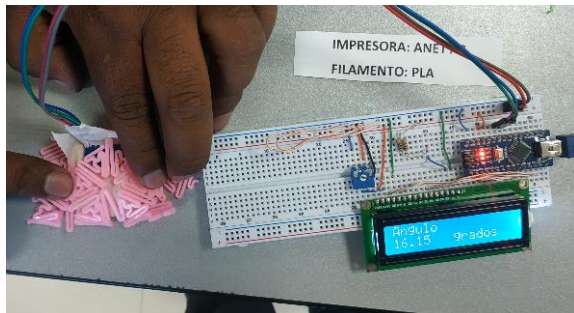


Figura 7.- Prueba de doblez del patrón mesoestructura celular para filamento PLA con impresora 3D Anet A8.

Conclusiones

Según el análisis estadístico realizado se evidencia que existe una variación entre los resultados obtenidos en la prueba de tracción, elongación y doblez según el tipo de impresora empleada para la impresión de los patrones.

Con respecto al tipo de filamento se evidencia una diferencia significativa entre los resultados obtenidos de las pruebas de tracción, elongación y doblez por tipo de patrón evaluado. Lo cual evidencia que existe una interacción o dependencia entre el tipo de impresora y la clase de patrón evaluado.

Para la prueba de tracción el filamento TPU obtiene el mayor valor de tracción con 24.295N en promedio, seguido por el filamento TPE con 14.3475 N y el filamento Nylon con 10.2025 N.

Para la prueba de elongación el filamento TPU obtiene el mayor valor de elongación con 85.525% en promedio, seguido por el filamento TPE con 84.675% y el filamento Nylon con 51.625%.

Para la prueba de doblez los filamentos TPU, TPE, NYLON, HIP, ABS, GID PLA no presentaron ruptura para un ángulo de 180 grados.

Posterior a las pruebas realizadas de tracción, elongación y doblez para la caracterización de filamentos para prenda, se infiere que los filamentos TPU y TPE son los más óptimos para la elaboración de prendas mediante impresoras 3d, los cuales garantizaran una adecuada estabilidad dimensional de las prendas.

Referencias bibliográficas

- Álvarez C, K. L., Lagos C, R. F., & Aizpun, M. (2016). Influencia del porcentaje de relleno en la resistencia mecánica en impresión 3D, por medio del método de Modelado por Deposición Fundida (FDM). *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 24(Especial), 17-24. <https://doi.org/10.4067/S0718-33052016000500003>
- Bastian, A. (2014). *Mesostructured Cellular Materials: Early Prototypes* [Imagen]. Makerbot Thingiverse. <https://www.thingiverse.com/thing:289650>
- Betancur Fernández, V. (2016). *3D Print Fashion: Creación de una prenda vestimentaria mediante la fabricación digitalizada de superficies impresas en 3D*. [Tesis de pregrado]. Universidad Pontificia Bolivariana.
- Betancur, V., & Zuleta, F. (2017). Creación de una prenda mediante la fabricación digitalizada de superficies impresas en 3D. *Iconofacto*, 13(20), 194-206. <https://doi.org/10.18566/iconofact.v13.n20.a11>
- Farfán, J., Figueroa, W., Farfán, D., Puma, B., Lima, V., & Cahuana, G. (2021). Development and Print of Clothing through Digitalized Designs of Natural Patterns with Flexible Filaments in 3D Printers. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 12(4). <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2021.0120409>
- Halápi, D., Kovács, S. E., Bodnár, Z., Palotás, Á. B., & Varga, L. (2018). Tensile analysis of 3D printer filaments. *The publications of the MultiScience - XXXII. MicroCAD International Scientific Conference. MultiScience - XXXII. microCAD International Multidisciplinary Scientific Conference*. <https://doi.org/10.26649/musci.2018.013>
- Mejía Azcarate, F. (2015). *Programa de textilización: Una herramienta completa y didáctica para entender el complejo mundo de la fabricación textil* (Sexta). <https://programadetextilizacion.blogspot.com/>
- Peleg, D. (s. f.). *3D Printed Jacket* [Imagen]. Danit Peleg. Recuperado 30 de enero de 2020, de <https://danitpeleg.com/product/create-your-own-3d-printed-jacket/>
- Peleg, D. (2017). *3D Printed Fashion*. <https://danitpeleg.com/>
- Stechina, D., Mendoza, S. M., Martín, H. D., Maggi, C. N., & Piovan, M. T. (2020). Determinación de propiedades elásticas de piezas poliméricas construidas por impresión 3D, sometidas a flexión. *Matéria (Rio de Janeiro)*, 25(2), e-12617. <https://doi.org/10.1590/s1517-707620200002.1017>
- Tanikella, N. G., Wittbrodt, B., & Pearce, J. M. (2017). Tensile strength of commercial polymer materials for fused filament fabrication 3D printing. *Additive Manufacturing*, 15, 40-47. <https://doi.org/10.1016/j.addma.2017.03.005>
- Tapia, C. (2016). *Análisis comparativo de prendas y estructuras textiles realizadas por impresión 3D*. <http://pdf.blucher.com.br.s3-sa-east-1.amazonaws.com/designproceedings/sigradi2016/510.pdf>
- UNAJ. (2019). *Líneas de Investigación de la Universidad Nacional de Juliaca*. <http://unaj.edu.pe/web2/?p=5904>

Caracterización de la comunidad de Aves Acuáticas del humedal de Caucato, Pisco – Perú

Characterization of the community of Aquatic Birds of the Caucato wetland, Pisco - Peru

Juan Alberto Pisconte Vilca
juan.pisconte@unica.edu.pe – Universidad Nacional San Luis Gonzaga-Ica
<https://orcid.org/0000-0003-3519-0900>
Leidy Milady Ramos Alarcón
leidy.ramos@unica.edu.pe – Universidad Nacional San Luis Gonzaga-Ica
<https://orcid.org/0000-0002-7568-0421>

Recibido el 02/09/21 | Aceptado el 10/10/21
DOI: <https://doi.org/10.47190/nric.v3i4.4>

Resumen

Los humedales brindan diversos servicios ecosistémicos al ser humano y son lugares de refugio de la avifauna silvestre. Se caracterizó la comunidad de aves acuáticas del humedal de Caucato a partir del ensamble, la variación de la abundancia y variación de la diversidad. Se realizaron conteos de aves en los hábitats denominados orilla de playa, espejo de agua, orilla de laguna, gramadal, juncal, campo de cultivo y matorral; la identificación se realizó mediante métodos convencionales. El ensamble se determinó a partir de la clasificación de las especies de aves de América del Sur; la variación de la abundancia relativa fue determinada mediante el índice de abundancia relativa espacial (IARE); se calculó el índice de diversidad de Shannon-Wiener (H') y la equitatividad de Pielou (J) mediante el software PAST 3.24. Se identificó 55 especies de aves, agrupadas en 19 familias, de las cuales, las familias Scolopacidae, Laridae y Ardeidae agrupan el mayor número de especies. La familia Laridae (962 individuos) y la especie *Gallinula galeata* (545 individuos) fueron las más abundantes; esta última tiene el mayor índice de abundancia relativa (IARE = 38.93 ind/100 m). La población experimentó una disminución entre marzo y abril para luego aumentar de manera progresiva. La Orilla de laguna presenta los mayores índices de diversidad y equidad ($H'_{OL}=3.25$; $J_{OL}=0.91$). Se concluye que, el ensamble de aves en el humedal de Caucato es mayor respecto a otros humedales cercanos; la variación en la abundancia está influenciada por las migraciones de las aves boreales y australes; *Gallinula galeata* es la especie con mayor abundancia y la Orilla de playa el hábitat con mayor diversidad.

Palabras claves: aves, ensamble, abundancia, diversidad.

Abstract

The Wetlands provide various ecosystem services to humans and are places of refuge for wild birds. The community of aquatic birds of the Caucato wetland was characterized from the assemblage, the variation of the abundance and the variation of the diversity. Bird counts were carried out in the habitats called beach shore, water mirror, lagoon shore, grassland, reed, farm field and scrub; identification was carried out by conventional methods. The assemblage was determined from the classification of the South American bird species; the variation of the relative abundance was determined using the spatial relative abundance index (IARE); the Shannon-Wiener (H') diversity index and the Pielou (J) fairness were calculated using the PAST 3.24 software. 55 species of birds were identified, grouped into 19 families, of which the Scolopacidae, Laridae and Ardeidae families group the largest number of species. The Laridae family (962 individuals) and the *Gallinula galeata* species (545 individuals) were the most abundant; the latter has the highest relative abundance index (IARE = 38.93 ind / 100 m). The population experienced a decrease between March and April and then increased progressively. The shore of the lagoon presents the highest diversity and equity indexes ($H'_{OL} = 3.25$ bits; $J_{OL} = 0.91$). It is concluded that, the assemblage of birds in the Caucato wetland is higher compared to other nearby wetlands; the variation in abundance is influenced by migrations of northern and southern birds; *Gallinula galeata* is the species with the greatest abundance and the beach shore the habitat with the greatest diversity.

Keywords: birds, assemblage, abundance, diversity.

Como citar: Pisconte-Vilca, J.A. & Ramos-Alarcón, L.M. (2022). Caracterización de la comunidad de Aves Acuáticas del humedal de Caucato, Pisco – Perú. ÑAWPARISUN – Revista de Investigación Científica de Ingenierías, 3(4), 41-48.

Introducción

Los humedales son ecosistemas muy importantes que albergan una gran diversidad de flora y fauna, asimismo brindan múltiples servicios ecosistémicos; sin embargo, se encuentran entre los ecosistemas más amenazados del mundo (Clarkson et al. 2004), siendo las actividades antrópicas una de las principales amenazas. Por otro lado, las características físicas y químicas de estos ecosistemas son favorables para el establecimiento de flora y fauna, asimismo, son ambientes de gran valor ecológico dando, sustento a altas concentraciones de aves (Keddy, 2000).

A lo largo de la costa peruana se tienen varios humedales, los cuales brindan diversos servicios ecosistémicos, al mismo tiempo que sirven de refugio, anidación y alimentación para la avifauna, tanto residente como migratoria. En relación a lo mencionado, Pulido et al., (2020) mencionan que las aves acuáticas forman parte importante de la biodiversidad y su tendencia de concentrarse en abundantes poblaciones, las hace vulnerables debido a que dependen de los humedales que son altamente productivos y les proporcionan un lugar para el descanso y alimentación; asimismo señalan que, un número significativo de especies de aves acuáticas son migratorias neotropicales, neárticas, australes y andinas y utilizan los humedales durante el período de migración.

Entre las familias de aves más comunes en los humedales peruanos se encuentran: Accipitridae, Ardeidae, Cathartidae, Charadriidae, Columbidae, Falconidae, Furnariidae, Haematopodiidae, Hirundinidae, Icteridae, Laridae, Motacilidae, Pelecanidae, Phalacrocoracidae, Phoenicopteridae, Rallidae, Scolopacidae, Threskiornithidae, Tyrannidae, entre otras (Pulido, 2018, Quiñonez, 2017, Angulo et al. 2010, Pollack, 2017, Vizcarra, 2008 y Carazas, et al. 2015).

En la región Ica, varios de los humedales existentes hasta mediados de siglo pasado, se han secado de manera progresiva, perdiendo no solo las funciones ecosistémicas sino también la diversidad de especies asociadas a estos ambientes, siendo una de las principales causas, el uso del agua del subsuelo para fines agrícolas. En la zona costera de Pisco quedan unos cuantos humedales, destacando el humedal de Caucato por la presencia de aves residentes, altoandinas, migratorias boreales y australes; asimismo, por su cercanía a la Reserva Nacional de Paracas, se constituye en un refugio temporal para las aves, cuando la presión antrópica se incrementa en esta área natural protegida; en este contexto, los humedales adquieren gran importancia al constituirse en verdaderos oasis para el paso de las aves, así como sinónimo de supervivencia de las comunidades de aves acuáticas residentes (Pulido, 2003).

Los estudios de aves en el humedal de Caucato, se remontan a finales del siglo XX y principios del siglo XXI, así, Obando y colaboradores en el año 1998, Pisconte y colaboradores en el año 1999, Gomeró en el año 2005 y Barrios en el año 2006, reportaron avifauna categorizada como: común, bastante comunes, poco comunes, raras y oportunistas, entre aves residentes, migratorias del hemisferio norte,

migratorias altoandinas y migratorias australes. Del mismo modo, Escate y colaboradores en el año 2005, señalan que los totoraes y juncales juegan un papel importante como refugio para *Phleocryptes melanops* y *Tachuris rubrigastra*; asimismo, se dio a conocer que las variaciones poblacionales están relacionadas con los desplazamientos de las especies migratorias boreales, migratorias australes, así como de aquellas especies que se desplazan de las zonas altoandinas a la costa (Pisconte, 2010), por otro lado, las dinámicas de la comunidad están cada vez más influenciadas por factores ecológicos y ambientales, como las invasiones bióticas y el uso de la tierra y el cambio climático (Collins, 2000; Matthews et al., 2013; Körtz y Magurran, 2019, citados por Guevara et al 2021); asimismo, las especies en las comunidades responden a estos cambios en un variedad de formas, incluido el cambio de su abundancia (Moritz y Agudo, 2013). En este contexto, se conoce muy poco acerca del ensamble, la variación de la abundancia y variación de la diversidad, siendo el propósito de la investigación caracterizar la comunidad de aves y aportar con información para formular planes de conservación de la avifauna, siguiendo los principios del desarrollo sostenible.

Material y métodos

A) Área de Estudio.

El estudio se realizó en el humedal de Caucato; geográficamente se encuentra ubicado entre las coordenadas: 13°40'02" LS. y 76°12'47" LO (Figura 1). El ecosistema se encuentra rodeado por un grupo de colinas de color blanquecino no muy altas; en la parte baja hay presencia de campos de cultivo. El humedal está separado del mar por una amplia barra de arena y es alimentado con aguas provenientes del río Pisco, a través de un canal que desemboca al mar. El clima es templado con temperaturas que varían entre los 13°C y 28°C, en horas de la tarde corren vientos suaves y moderados. La característica del suelo es variable existiendo diferentes tipos de sustrato como: limoso, arenoso, arcilloso y salino; mientras que el agua del humedal es ligeramente salobre.

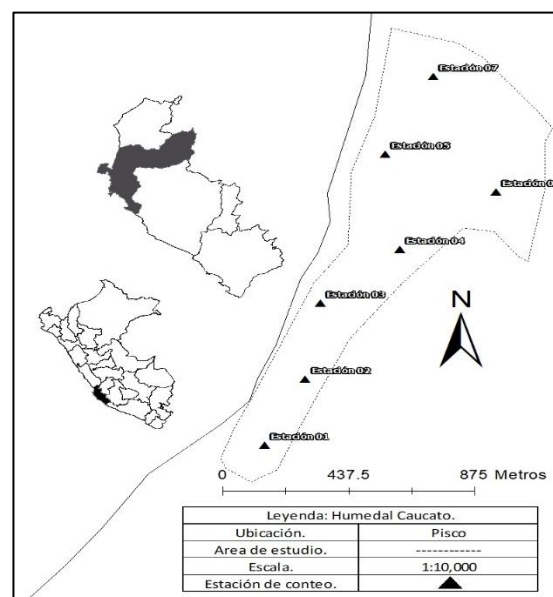


Figura 1. Ubicación de las zonas de estudio

B) Métodos.**B.1) Recolección de datos.**

Se establecieron 7 estaciones de conteo y se reconocieron 8 hábitats: Orilla de playa, que delimita al humedal; Espejo de agua que corresponde al cuerpo de agua del humedal; Orilla de laguna, con presencia de algunas hierbas; Totoral, con dominancia de *Typha dominguensis*; Gramadal, con abundancia de *Distichlis spicata*; Juncal, constituida exclusivamente por *Schoenoplectus californicus*; Zona de cultivos, que rodea a los cuerpos de agua y Matorral, con dominancia de *Tessaria integrifolia*.

Las evaluaciones se realizaron entre marzo y agosto de 2021. Las aves observadas fueron contadas mensualmente en cada hábitat durante dos días consecutivos, empleando 2 transectos por estación de muestreo con franjas limitadas a 20 metros en ambos lados y con una longitud de 100 metros cada uno (Bibby et al., 2000).

La identificación de las aves se realizó siguiendo a Clements y Shany (2001), Schulemberg et al (2010); adicionalmente se usaron redes de niebla para la captura de aves e identificación posterior.

B.2. Análisis de datos.

El ensamble de la comunidad de aves acuáticas, se determinó a partir de la clasificación de las especies de aves de América del Sur (Remsen et. al 2021).

La variación de la abundancia relativa de las especies por hábitat, fue determinada mediante el índice de abundancia relativa espacial (IARE), el cual consiste en dividir el número total de individuos de una especie sobre la distancia recorrida multiplicada por 100 (Quinteros et al. 2002) interpretándose como el número de individuos observados en cada 100 metros (Ind/100 m).

Se utilizó el estadígrafo SPSS 23 para estimar la prueba de normalidad de Kolmogorov – Smirnov y luego el test no paramétrico de Kruskal-Wallis a fin de determinar las diferencias entre hábitats; del mismo modo, se realizó un análisis de componentes principales para determinar los hábitats con mayor asociación. El software PAST 3.24 (Hammer et al., 2001) fue usado para calcular el índice de diversidad de Shannon-Wiener (H') y la equidad de Pielou (J).

Resultados y discusión**Ensamble de especies**

Se registró 55 especies pertenecientes a 19 familias (Tabla 1). De acuerdo a las categorías de la UICN, 05 especies se encuentran categorizadas como casi amenazadas (NT), 01 especie en peligro (EN) y 49 especies en la categoría de preocupación menor (LC). El ensamblaje de la avifauna estuvo dominado por la familia Scolopacidae (10 especies); le siguieron en importancia las familias Laridae y Ardeidae (9 especies).

La alta riqueza de especies puede estar asociada a la diversidad de hábitats y microambientes que conforman el humedal de Caucato, entre éstos se encuentran zonas de transición en la orilla de playa y los gramadales, el espejo de agua y la orilla de laguna, los cuales son usados principalmente para descanso de las aves. El número de especies de aves registradas en el humedal de Caucato sobrepasa la riqueza de especies de humedales cercanos como Laguna de Huacachina en Ica y Laguna de Morón en Pisco (Pisconte, 2015). En relación a otros estudios realizados en humedales de la costa peruana, se registran las mismas familias de aves, debido a las características similares de estos ecosistemas y la capacidad que tienen para albergar especies residentes y migratorias. De acuerdo a lo señalado por Pisconte, (2010), entre abril y agosto se presenta una disminución en el número de especies debido a que en la zona se encuentran principalmente las aves residentes; al respecto, en el estudio registramos 17 especies migratorias entre boreales y australes. En el caso de las migratorias boreales, probablemente experimentaron el sobre-veraneo, tal como lo describe Martínez (2016), quien señala que, el sobre-veraneo se presenta tanto en aves adultas como juveniles, asimismo al tener escasa o nula acumulación de reservas pre-migratorias y ausencia o retraso en los patrones de muda esperados, los individuos no presentan condiciones de iniciar la migración y permanecen en el lugar. Por otro lado, debido a la declaración del estado de emergencia sanitaria por la COVID 19 y la consecuente disminución de la presión antrópica en el humedal, las aves no migraron; al respecto, diversas noticias indican que las cuarentenas obligadas en diversos países han influido positivamente en el planeta, así, en Roma, Nueva York, Venecia o Madrid, se escucha el canto de los pájaros; las grandes urbes y megalópolis experimentan transformaciones considerables en el conteo de especies, acompañado de la invasión de animales silvestres (Jiménez et al, 2020).

Tabla 1.
Ubicación taxonómica de las especies registradas en el humedal de Caucato.

Familia/Especies	UICN	OP	EA	OL	TO	GR	JU	CU	MA	TOTAL	IARE
Anatidae			287	73	16	21	20			417	
<i>Anas bahamensis</i> (Linnaeus, 1758)	LC		196	29		18				243	17.36
<i>Oxyura jamaicensis</i> (Gmelin, 1789)	LC		8							8	0.57
<i>Spatula cyanoptera</i> (Vieillot, 1816)	LC		83	44	16	3	20			166	11.86
Ardeidae		52	128	101	255	212	97	21	3	869	
<i>Bubulcus ibis</i> (Linnaeus, 1758)	LC		8	20	62	8	2	10		110	7.86
<i>Butorides striata</i> (Linnaeus, 1758)	LC		4	12	2	3	2			23	1.64
<i>Ardea alba</i> (Linnaeus, 1758)	LC	6	52	7	74	54	16	8	3	220	15.71
<i>Egretta caerulea</i> (Linnaeus, 1758)	LC	2	12	10	5	18	6			53	3.79
<i>Egretta thula</i> (Molina, 1782)	LC	31	42	12	54	114	22	3		278	19.86
<i>Egretta tricolor</i> (Müller, 1776)	LC			6						6	0.43
<i>Ixobrychus exilis</i> (Gmelin, 1789)	LC		2	5			2			9	0.64
<i>Nycticorax nycticorax</i> (Linnaeus, 1758)	LC	13	8	28	58	15	47			169	12.07
<i>Nyctanassa violacea</i> (Linnaeus, 1758)	LC			1						1	0.07
Burhinidae						2		3		5	0.71
<i>Burhinus superciliosus</i> (Tschudi, 1843)	LC					2		3		5	0.36
Caprimulgidae						7		3		10	
<i>Chordeiles acutipennis</i> (Hermann, 1783)	LC					7		3		10	0.71
Charadriidae		117	7	66	4	10	15	12		231	
<i>Charadrius nivosus</i> (Linnaeus, 1758)	LC	5		9						14	1.00
<i>Charadrius semipalmatus</i> (Bonaparte, 1825)	LC	5	2	27			7			41	2.93
<i>Charadrius vociferus</i> (Linnaeus, 1758)	LC	4		23	2	10	6	12		57	4.07
<i>Oreopholus ruficollis</i> (Wagler, 1829)	LC	25			2		2			29	2.07
<i>Pluvialis squatarola</i> (Linnaeus, 1758)	LC	78	5	7						90	6.43
Furnariidae					68	51	21			140	
<i>Phleocryptes melanops</i> (Vieillot, 1817)	LC				68	51	21			140	10.00
Haematopodidae		107	45				3	16	5	176	
<i>Haematopus palliatus</i> (Temminck, 1820)	LC	107	45				3	16	5	176	12.57
Laridae		566	218	156			17		5	962	
<i>Larus belcheri</i> (Vigors, 1829)	LC	33	17	52					5	107	7.64
<i>Chroicocephalus cirrocephalus</i> (Vieillot, 1818)	LC	153	98	57			11			319	22.79
<i>Larus dominicanus</i> (Lichtenstein, 1823)	LC	18	28	44			6			96	6.86
<i>Leucophaeus modestus</i> (Tschudi, 1843)	LC	47	67							114	8.14
<i>Leucophaeus pipixcan</i> (Wagler, 1831)	LC	26								26	1.86
<i>Rynchops niger</i> (Linnaeus, 1758)	LC	45								45	3.21
<i>Sternula lorata</i> (Philippi & Landbeck, 1861)	EN	203								203	14.50
<i>Thalasseus maximus</i> (Boddaert, 1783)	LC	23								23	1.64
<i>Thalasseus elegans</i> (Gambel, 1849)	NT	18	8	3						29	2.07
Motacillidae					7	95	8			110	
<i>Anthus lutescens</i> (Pucheran, 1855)	LC				7	95	8			110	7.86
Rallidae		40	248	92	69	268	115		2	834	
<i>Gallinula galatea</i> (Linnaeus, 1758)	LC	40	111	35	10	268	81			545	38.93
<i>Pardirallus sanguinolentus</i> (Swainson, 1838)	LC				16		11		2	29	2.07
<i>Fulica ardesiaca</i> (Tschudi, 1843)	LC		137	57	43		23			260	18.57
Pelecanidae		24	20	10						54	
<i>Pelecanus thagus</i> (Molina, 1782)	NT	24	20	10						54	3.86
Phalacrocoracidae		138	13	76						227	

<i>Phalacrocorax bougainvillii</i> (Lesson, 1837)	NT	3							3	0.21
<i>Phalacrocorax brasilianus</i> (Gmelin, 1789)	LC	135	13	76					224	16.00
Phoenicopteridae			17						17	
<i>Phoenicopterus chilensis</i> (Molina, 1782)	NT		17						17	1.21
Podicipedidae		6	44						50	
<i>Rollandia rolland</i> (Quoy & Gaimard, 1824)	LC		14						14	1.00
<i>Podiceps major</i> (Boddaert, 1783)	LC	6	28						34	2.43
<i>Podilymbus podiceps</i> (Linnaeus, 1758)	LC		2						2	0.14
Recurvirostridae			47	18	1			6	72	
<i>Himantopus mexicanus</i> (Linnaeus, 1758)	LC		47	18	1			6	72	5.14
Scolopacidae		32	33	248	15	12	54	2	396	
<i>Actitis macularius</i> (Linnaeus, 1766)	LC	1	1	11					13	0.93
<i>Arenaria interpres</i> (Linnaeus, 1758)	LC	4	3	34					41	2.93
<i>Calidris alba</i> (Pallas, 1764)	LC	3	5	64		9		2	83	5.93
<i>Calidris mauri</i> (Cabanis, 1857)	LC	2		15				5	22	1.57
<i>Calidris minutilla</i> (Vieillot, 1819)	LC			12	6	1	32		51	3.64
<i>Calidris pusilla</i> (Linnaeus, 1766)	NT	8		39	7	2	8		64	4.57
<i>Numenius phaeopus</i> (Linnaeus, 1758)	LC	12		6					18	1.29
<i>Phalaropus tricolor</i> (Vieillot, 1819)	LC	2	8	2					12	0.86
<i>Tringa flavipes</i> (Gmelin, 1789)	LC		3	38	2		9		52	3.71
<i>Tringa melanoleuca</i> (Gmelin, 1789)	LC		13	27					40	2.86
Sulidae		23							23	
<i>Sula variegata</i> (Tschudi, 1843)	LC	23							23	1.64
Threskiornithidae		10	75	15		32	7		139	
<i>Plegadis ridgwayi</i> (Allen, 1876)	LC	10	75	15		32	7		139	9.93
Tyrannidae					64	2	8		74	
<i>Tachuris rubrigastra</i> (Vieillot, 1817)	LC				64	2	8		74	5.29
Especies		33	34	35	19	19	26	8	5	
Individuos		1115	1182	855	499	712	371	57	15	4806
Shannon H		2.78	2.88	3.25	2.40	2.04	2.77	1.85	1.47	
Equidad J		0.80	0.82	0.91	0.81	0.69	0.85	0.89	0.92	

UICN: preocupación menor (LC), casi amenazado (NT), en peligro (EN). **Hábitats:** orilla de playa (OP), espejo de agua (EA), orilla de laguna (OL), totoral (TO), gramadal (GR), juncal (JU), campo de cultivo (CU), matorral (MA).

Variación de la abundancia.

La riqueza de especies por hábitat (Tabla 1) muestra que, la orilla de laguna tuvo el mayor número de especies (35 especies), le siguen en importancia, el espejo de agua (34 especies) y la orilla de playa (33 especies). El menor número (5 especies) se registró en el matorral, apreciándose una significativa variación de especies entre hábitats. Durante el periodo de estudio, se contó 4,806 individuos; el hábitat con mayor abundancia fue el espejo de agua (1,182 individuos); la menor abundancia se registró en el matorral (15 individuos). Las especies más abundantes en orden decreciente fueron: *Gallinula galeata* (545 individuos), *Chroicocephalus cirrocephalus* (319 individuos), *Egretta thula* (278 individuos), *Fulica ardesiaca* (260 individuos), *Anas bahamensis* (243 individuos), *Phalacrocorax brasilianus* (224 individuos), *Ardea alba* (220 individuos) y *Sternula lorata* (203 individuos); la especie menos abundante fue *Nyctanassa violacea* (1 individuo). Entre las familias más abundantes

destacan: Laridae (962 individuos), Ardeidae (869 individuos) y Rallidae (834 individuos). Las familias menos abundantes fueron: Caprimulgidae (10 individuos) y Burhinidae (5 individuos). Entre las especies con mayor IARE en el humedal destacan: *Gallinula galeata* (IARE = 38.93 ind/100 m), *Chroicocephalus cirrocephalus* (IARE = 22.79 ind/100 m), *Egretta thula* (IARE = 19.86 ind/100 m) y *Fulica ardesiaca* (IARE = 18.57 ind/100 m).

En relación a los hábitats, la orilla de laguna, es un ecotono importante, usado para el descanso y búsqueda de alimento, especialmente de las aves limícolas; por otro lado, el espejo de agua es usado principalmente para el descanso y alimentación de las Rallidae, Anatidae, Ardeidae y Laridae, en tanto que la riqueza de la orilla de playa es por la presencia de aves que usan el lugar para el descanso; el matorral es usado por algunas aves para el descanso y como percha. La información registrada difiere de lo señalado por Angulo et al., (2010) para los humedales de Eten, donde señala que la avifauna vive en los

hábitats de arbustos, árboles y agricultura. Por otro lado, tomando como referencia a las aves limícolas, Torres et al., (2006) señala que estas aves se concentran en zonas limosas debido al tipo de alimentación que presentan (Coleópteros, Homópteros, Dípteros, Corixidae y en especial de Chironomidae); en relación a ello, Martínez (2016) señala que, la abundancia de las especies estaría asociada a la amplitud de nicho trófico. Asimismo, hay que tener en cuenta que, en el caso de los humedales, el área que abarca el espejo de agua, la profundidad y la presencia de diferentes hábitats a su alrededor determina las aves presentes en este tipo de ecosistemas (Elmberg et al., 1994; Green, 1996; Ntiamoa-Baidu et al., 1998, citados por Pacheco-Vargas et al., 2018). Por otro lado, los Índices de abundancia relativa (IARE) permiten inferir que el humedal de Caucato tiene una alta concentración de individuos, especialmente de las aves residentes; en relación a ello, los humedales de tipo estuarino se caracterizan por una gran diversidad de condiciones ambientales dado que representan zonas ecotonales entre el agua salada del mar y el agua dulce de ríos. Esta característica junto a su alto dinamismo como la influencia de las mareas y cambios en el caudal del río que alimenta el humedal, influencia la estructura comunitaria de aves acuáticas, y les permite mantener una alta diversidad de especies con distintos requerimientos ecológicos (Weller 1999; Ravenscroft & Beardall 2003 citados por González et al., 2011). En este contexto, el humedal de Caucato es un refugio importante para la avifauna residente y migratoria.

Entre marzo y abril, el número de individuos de la avifauna presente en el humedal de Caucato experimentó un descenso, para luego mostrar un crecimiento continuo hasta agosto (Figura 2); esta información guarda relación con lo señalado por Pisconte (2010), quién menciona que la avifauna se incrementa paulatinamente desde mayo hasta setiembre, por la presencia de las aves residentes, migratorias boreales juveniles y las migratorias de la zona austral. En relación al comportamiento de las aves migratorias, Torres et al., (2006) señalan que, desde mayo hasta agosto, el número de individuos disminuye, presentando sus valores más bajos entre Junio y Julio; debido a que en estos meses las aves migratorias se trasladan hacia el hemisferio norte para reproducirse; asimismo, en relación a la presencia de especies migratorias señalan que, Castro y Myers en el año 1987 dieron a conocer que en algunas especies de aves limícolas del hemisferio sur es común el retraso de su partida e incluso que no lleguen a migrar como lo reporta para *Calidris alba*, en donde los juveniles de esta especie no migran y por lo tanto no se reproducen durante su primer año de vida. Estos autores concluyen que, la población de juveniles no llega a desaparecer totalmente porque no acumulan grasa corporal, motivo por el cual no podrían migrar; en este contexto, Pisconte (2020) reporta la presencia de individuos de *Arenaria interpres* y *Tringa melanoleuca* con plumaje reproductivo en época post migratoria, lo que confirmaría lo señalado anteriormente; asimismo menciona que, las poblaciones de las aves visitantes de verano, encuentran en el humedal de Caucato un sitio de refugio, alimentación y descanso en su ruta migratoria.

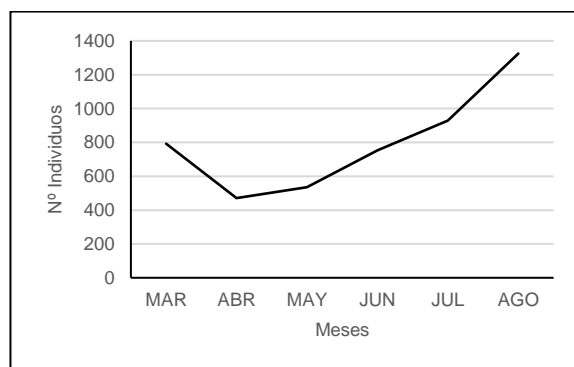


Figura 2. Variación de la abundancia de aves presente en el humedal de Caucato.

La prueba de Kruskal Wallis para muestras independientes ($p = 0.00$) indica que existe diferencia entre hábitats. Asimismo, el análisis de componentes principales (Figura 3) muestra que los campos de cultivo, matorral, totoral y juncal están agrupados, compartiendo especies en común; por otro lado, el gramadal, espejo de agua, orilla de playa y orilla de laguna contienen especies que ocupan estos hábitats para el descanso, alimentación. En relación a lo descrito, los humedales son considerados como mosaicos, donde las aves raramente se encuentran distribuidas uniformemente. De esta forma, la abundancia y la composición de los ensamblajes pueden ser influenciadas espacial y temporalmente por la heterogeneidad del área, por el esfuerzo de muestreo, por el número de hábitats analizados y por la dispersión de las aves acuáticas (Branco 2007 citado por Ianacone et al., 2010).

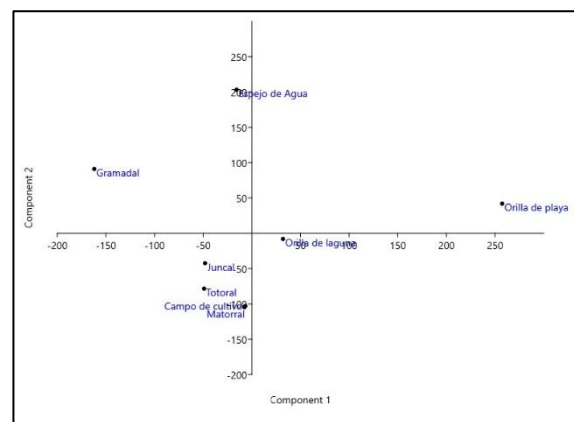


Figura 3. Análisis de componentes principales de la abundancia de individuos por hábitats

Variación de la diversidad.

Al estimar la diversidad por hábitat encontramos que la orilla de laguna presenta la mayor diversidad y equidad ($H'_{OL} = 3.25$ bits; $J_{OL} = 0.91$), seguido del espejo de agua ($H'_{EA} = 2.88$ bits; $J_{EA} = 0.82$). Los menores valores se estimaron para el campo de cultivo ($H'_{CC} = 1.85$ bits; $J_{CC} = 0.89$) y matorral ($H'_{MA} = 1.47$ bits; $J_{MA} = 0.92$). Aunque los valores obtenidos no son comparables con lo registrado en otros humedales, los análisis de diversidad y equidad del humedal de Caucato, sugieren que este ecosistema mantiene poblaciones de aves dominantes en términos de abundancia; asimismo, el mayor número de individuos de las familias Laridae, Ardeidae y Rallidae, y la menor abundancia de las familias Caprimulgidae y Burhinidae ponen de manifiesto la

baja equidad de este ambiente, probablemente debido a que: 1) el humedal es usado de manera temporal para el descanso y alimentación, 2) los desplazamientos migratorios de las aves boreales y australes que ocupan el humedal de manera temporal.

Conclusiones

La comunidad de aves del humedal de Caucato muestra un mayor ensamble de especies en relación a otros humedales cercanos; destacando *Gallinula galeata* por ser la especie con mayor abundancia.

La variación en la abundancia es influenciada por los ritmos migratorios de las aves provenientes de las zonas boreales y australes.

Las diferencias en la abundancia de especies indicarían una equidad baja en el humedal, sin embargo, destaca la Orilla de playa como el hábitat con mayor diversidad.

Referencias bibliográficas

- Angulo, F., Schulenberg, T., & Puse, E. (2010). Las aves de los humedales de Eten, Lambayeque, Perú. *Ecología Aplicada*, 9(2): 71-81. Recuperado en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-22162010000200002
- Carazas, N., Camargo, L., Gil, F., Zárate, R. R., Liviach, R., Zárate, R. R., & Jessie, M. (2015). Nuevos Registros De Fauna En El Área De Conservación Regional (ACR) Humedales De Ventanilla: Actualización. *Científica*, 12(1), 42-60.
- Clarkson, B. R.; B. Sorrell; P. Reeves; P. Champion; T. Patridge & B. D. Clarkson. (2004). Handbook for Monitoring Wetland Conditions. Ministry for the Environment Sustainable Management Fund Project (5105).
- Clements J. & Shany N. (2001). A Field Guide to the Birds of Peru. Temecula: Ibis Publishing Company.
- González, A. L., Vukasovic, M. A., & Estades, C. F. (2011). Variación temporal en la abundancia y diversidad de aves en el humedal del río Itata, región del Bío-Bío, Chile. *Gayana (Concepción)*, 75(2), 170-181.
- Guevara, E. A., Santander, T., Espinosa, R., & Graham, C. H. (2021). Aquatic bird communities in Andean lakes of Ecuador are increasingly dissimilar over time. *Ecological Indicators*, 121, 107044.
- Hammer O., Harper, D.A.T. & Rayan P.D. (2001). Past: paleontological statistics software package for education and data analysis. Paleontología electrónica.
- Iannaccone, J., Atasi, M., Bocanegra, T., Camacho, M., Montes, A., Santos, S., ... & Alayo, M. (2010). Diversidad de aves en el humedal Pantanos de Villa, Lima, Perú: periodo 2004-2007. *Biota Neotropica*, 10(2), 295-304.
- Jiménez, S. N. A., Bosch, M. J. O., & Lavié, A. P. (2020). Restauración ecológica en tiempos de covid-19, ¿solución o desafío? (Revisión). *Roca. Revista científico-educacional de la provincia Granma*, 17(1), 130-142.
- Keddy, P.A. (2000). Wetland ecology: principles and conservation. Cambridge University Press. Cambridge, UK
- Martínez Curci, N. S. (2016). *Ecología de aves playeras migratorias durante la invernada, migración y el sobre-veraneo en Bahía Samborombón, Buenos Aires, Argentina* (Doctoral dissertation, Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales).
- Moritz, C., Agudo, R., 2013. The future of species under climate change: resilience or decline. *Science* 341, 504–508. <https://doi.org/10.1126/science.1237190>.
- Pacheco-Vargas, G. F., Sánchez-Guzmán, J. N., & Losada-Prado, S. (2018). Caracterización de la comunidad de aves asociada a los humedales de zonas bajas del departamento del Tolima, Colombia. *Biota colombiana*, 19(1), 190-201.
- Pisconte J. 2010. *Características de la comunidad de aves presentes en el humedal de Caucato, Pisco - Perú*. Tesis de Magister, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima - Perú. 88 pp.
- Pisconte, J. A. (2015, setiembre, 3). *Evaluación de los índices de valor ornitológico de los humedales de la Región Ica*. Manuscrito no publicado.
- Pisconte-Vilca, J.A., Anchante-Aparcana, J.C., Aparcana Mendoza, M.A., Chipana-Parvina, J.E., & Ramos-Alarcón, L.M. (2020). Variación de la abundancia y diversidad de las aves migratorias en el humedal de Caucato, Pisco Perú. *NAWPARISUN Revista de Investigación Científica*, 3(1), 103-110.
- Pollack Velásquez, L. E. (2017). Ensamble de aves del humedal de Cerro Negro, Puerto Morín, La Libertad. *Arnaldoa*, 24(2), 645-656. <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.242.24215>
- Pulido V, Salinas L, del Pino J, Arana C. (2020). Preferencia de hábitats y estacionalidad de las especies de aves de los Pantanos de Villa en Lima, Perú. *Revista peruana de biología* 27(3): 349 - 360 (agosto 2020). doi: <http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v27i3.18681>
- Pulido V. (2003). *Influencia de la pérdida de hábitats en la conservación de las aves de los Pantanos de Villa*. Tesis para optar el grado Académico de Doctor en Ciencias Biológicas. UNMSM.
- Pulido V. (2018). Ciento quince años de registros de aves en Pantanos de Villa. *Revista Peruana de Biología*, 25 (3), 291 - 306. doi: [10.15381/rpb.v25i3.15212](https://doi.org/10.15381/rpb.v25i3.15212)
- Quinteros, Z., Sánchez, E. S., & Serpa, H. T. (2002). Relación entre la abundancia relativa y densidad real en tres poblaciones de aves. *Ecología aplicada*, 1(1), 95-104.
- Quiñones, A., & Hernández, F. (2017). Uso de hábitat y estado de conservación de las aves en el

humedal El Paraíso, Lima, Perú. Revista peruana de biología 24(2): 175-186
Recuperado en:
<http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v24i2.13494>

- Remsen, J.V., Jr., J.I. Areta, E. Bonaccorso, S. Claramunt, A. Jaramillo, J.F. Pacheco, C. Ribas, M.B. Robbins, F.G. Stiles, D.F. Stotz y K.J. Zimmer. Versión 26 de agosto de 2021. Una clasificación de las especies de aves de América del Sur. Sociedad Ornitológica Estadounidense. <http://www.museum.lsu.edu/~Remsen/SAC/CBaseline.htm>
- Schulenberg, T.S., Stotz, D.F., Lane, D.F., O'Neill, J.P. y Parker III, T.A. (2010). Birds of Perú: edición revisada y actualizada. Prensa de la Universidad de Princeton.
- Torres, M., Quinteros, Z., & Takano, F. (2006). Variación temporal de la abundancia y diversidad de aves limícolas en el refugio de vida silvestre Pantanos de Villa, Perú. *Ecología aplicada*, 5(1-2), 119-125.
- Vizcarra, J. K. (2008). Composición y conservación de las aves en los humedales de Ite, suroeste de Perú. *Boletín Chileno de Ornitología*, 14(2), 59-80.

AGRADECIMIENTOS

Nuestro agradecimiento a los estudiantes del Semillero de Investigación Asociación de Estudiantes de Biología – AEBI por el apoyo en las evaluaciones de campo.

Actividades experimentales con sensores Neulog y su influencia en el aprendizaje de la Física

Experimental activities with Neulog sensors and their influence on the learning of Physics

Lelia Quispe Huamán
l.quispe@unaj.edu.pe – Universidad Nacional de Juliaca
<https://orcid.org/0000-0002-1422-9178>
Godofredo Huamán Monroy
gohuamon@hotmail.com – Universidad Nacional del Altiplano
<https://orcid.org/0000-0002-9555-6807>

Recibido el 17/11/21 | Aceptado el 10/12/21
DOI: <https://doi.org/10.47190/nric.v3i4.5>

Resumen

La presente investigación tiene como objetivo proponer actividades experimentales como estrategia didáctica para facilitar el aprendizaje de la Física en los estudiantes de Ingenierías de la Universidad Nacional de Juliaca. Además, parte de la problemática existente en la educación superior de la región Puno referida a la enseñanza y aprendizaje de la Física, que actualmente se viene desarrollando mediante métodos expositivos tradicionales y no se enfatiza las prácticas experimentales y menos se hacen uso adecuado de nuevas tecnologías de la información y la comunicación para el refuerzo de aprendizaje de los alumnos. El diseño de investigación es el cuasi-experimental. La población objeto de estudio fueron 45 estudiantes de Ingeniería Ambiental y Forestal del segundo semestre. La muestra consideró 22 estudiantes para el grupo A (grupo control), de la misma forma para el grupo B (grupo experimental) a este último considerando el aprendizaje con sensores Neulog, aplicando el pre test y post test. Para la validación del trabajo se aplicó el estadístico prueba Z para la demostración de la hipótesis. En el análisis de resultados se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis de la investigación dado que el valor de $Z_c=0.203$ en el pre test y $Z_c=1.74$ en el post test, y se concluye que el uso de sensores Neulog sí influye en el aprendizaje de la Física. Así mismo, del 100% de los estudiantes de la muestra del grupo B el 8% se ubican en la categoría muy buena a diferencia del grupo A con un 4%, en el post test.

Palabras claves: *Actividades experimentales, aprendizaje, didáctica, enseñanza, Física, Neulog.*

Abstract

The present research aims to propose experimental activities as a didactic strategy to facilitate the learning of Physics in Engineering students of the National University of Juliaca. In addition, part of the existing problem in higher education in the Puno region refers to the teaching and learning of Physics, which is currently being developed through traditional expository methods and experimental practices are not emphasized and new technologies of information and communication to reinforce student learning. The research design is quasi-experimental. The population under study was 45 Environmental and Forest Engineering students from the second semester. The sample was considered 22 students for group A (control group), in the same way for group B (experimental group) to the latter considering learning with Neulog sensors, applying the pre-test and post-test. For the validation of the work, the statistical Z test was applied to demonstrate the hypothesis. In the analysis of results, the null hypothesis was rejected and the research hypothesis was accepted since the value of $Z_c = 0.203$ in the pre-test and $Z_c = 1.74$ in the post-test, and it is concluded that the use of Neulog sensors does influence learning Physics. Likewise, of 100% of the students in the sample of group B, 8% are located in the very good category, unlike group A with 4%, in the post test.

Keywords: *Experimental activities, learning, didactics, teaching, Physics, Neulog.*

Como citar: Quispe-Huamán, L. & Huamán-Monroy, G. (2022). Actividades experimentales con sensores Neulog y su influencia en el aprendizaje de la Física. ÑAWPARISUN – Revista de Investigación Científica de Ingenierías, 3(4), 49-54.

Introducción

La humanidad está en constante transformación y la Física acompaña esa evolución (Bezerra et. al, 2009). Puesto que, la Física es una ciencia amplia, que comprende el estudio de la mecánica, electricidad y magnetismo, calor y termodinámica, física médica, física solar, física cuántica, astrofísica, relatividad, sonido y audición, luz y visión, entre otros, estudiar todos estos campos de estudio a profundidad no es posible en el desarrollo de una única asignatura (Espinoza, 2013). Así mismo, las actividades experimentales es uno de los aspectos claves en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias y, consecuentemente, la investigación sobre este tema constituye una de las líneas más importantes en la didáctica de la ciencias desde ya hace mucho tiempo (Carrascosa et. al, 2006). Además, de promover el pensamiento científico, reflexivo y crítico en los estudiantes (Caraballo & Andrés Z, 2014), también privilegian la participación del estudiante con el propósito de ilustrar los contenidos tratados teóricamente en las clases expositivas así como el desarrollo de habilidades tal como la observación, el análisis y la interpretación (Werner & Becker, 2007); además mejorar la actividad experimental para la enseñanza de la Física es un reto (Miranda & Maite, 2009). En tal sentido el laboratorio es pieza fundamental en las ciencias, ya que este proporciona la oportunidad que los estudiantes desarrollen una serie de competencias (Chinchilla, 2017). La importancia de las ciencias en la formación de ingenieros ha sido discutida en foros nacionales e internacionales. El estudiante de ingeniería debe contar con una preparación sólida en ciencias que le permita: obtener e integrar conocimientos significativos, razonar y ser creativos e innovador en la solución de problemas. Estas circunstancias obligan a repensar en su formación para que adquiera disciplina de autoaprendizaje y de actualización continua. Para ello, se hace necesario considerar qué, cuánto y cómo se enseñan las ciencias (Debel et. al, 2009).

El fracaso en la asignatura de Física general del primer año en ciencias e ingenierías es elevado en las universidades portuguesas al 51% (Cravino & Lopes, 2003), así mismo en universidades peruanas el aprendizaje basado en problemas constituye una estrategia metodológica que pretende estimular en los alumnos el deseo de saber y se plantea como medio para adquirir conocimiento y aplicarlos para solucionar un problema real o ficticio (Fernández & Aguado, 2017).

La enseñanza de la Física y en especial la apatía, el nivel de repitencia y deserción de estudiantes de los cursos básicos de Física en educación superior, son temas que preocupan a diversos investigadores de diferentes instituciones tanto en el ámbito nacional como internacional ((Cruz & Espinosa, 2012). Parte de este problema está relacionada con la complejidad inherente y abstracto de esta ciencia, e indudablemente su apatía afecta el rendimiento académico (Ferreira & Rodríguez, 2011).

En la actualidad es importante resaltar las tecnologías de la información y comunicación (TIC) que han incursionado velozmente en la educación, pues estas

no se utilizan como es debido, ya que los docentes utilizan estrategias tradicionales.

La propuesta que se ha puesto en práctica es la aplicación de sensores y software Neulog que permitió la interacción del estudiante con el fenómeno físico en la realización de actividades experimentales.

Al finalizar esta investigación se obtuvo efectos positivos en cuanto a la aplicación del software Neulog, confirmando la hipótesis de este trabajo, en la cual esta investigación contribuye significativamente en el aprendizaje de la Física.

Materiales y métodos

Población y muestra

Para la presente investigación la población está constituida por los estudiantes de segundo semestre de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Forestal de la Universidad Nacional de Juliaca, los cuales están matriculados en el semestre académico 2018-II, en el curso de Física I, quienes componen un total de 45 estudiantes.

En los diseños cuasi experimental los sujetos no se asignan al azar a los grupos ni se emparejan, sino que dichos grupos ya estaban formados antes del experimento son grupos intactos (la razón por la que surge y la manera como se formaron fueron independientes o aparte del experimento) (Hernández, Fernández, & Baptista, 2010), bajo este criterio la muestra está constituido por los estudiantes matriculados en el segundo semestre de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Forestal, de la Universidad Nacional de Juliaca, en el semestre académico 2018-II.

Instrumentación

Interfase Neulog

Un interface es un aparato que incluye un CAD (Convertidor Análogo Digital) para la lectura de valores de varios sensores, con memoria interna para guardar la información.

Módulo USB

El módulo de USB es el primero de una cadena de sensores conectados a un puerto USB de la computadora. Eso proporciona tanto la potencia de la computadora a los sensores, como la comunicación entre la computadora y los sensores.



Figura 1. Módulo USB.

Fuente: Laboratorio de Física UNAJ, (2019).

Sensores Neulog

En experimentos científicos se miden distintos valores, tales como movimiento, tiempo, velocidad, aceleración, temperatura, campo magnético, colorimetría, luz, sonido, voltaje, corriente, distancia, etc. La mayoría de estos valores son análogos y pueden cambiar constantemente. El aparato que mide estos valores es electrónico, de manera que las mediciones se transforman en una señal eléctrica y es conocido como sensor. Existe un sensor específico para cada tipo de valor.

Tabla 1. Sensores y cables Neulog.

Fotografía	Módulo de Sensores	Propósito
	Sensor de Fotopuerta	Mediciones de tiempo e indirectamente, Velocidad y Aceleración.
	Sensor de movimiento	Mediciones de distancias de partículas en movimiento
	Sensor de Fuerza	Mediciones de fuerza, tanto al jalar como al empujar
	Sensor de Aceleración	Mediciones de aceleración de móviles o partículas
	Cables Neulog	Sirve para conexión del módulo USB a los sensores

Fuente: Laboratorio de Física - UNAJ, (2019).

Software Neulog

Tiene varias herramientas por medio de los cuales se puede cambiar el número de identificación de un sensor, tal como se observa en la Figura 2 Software Neulog.

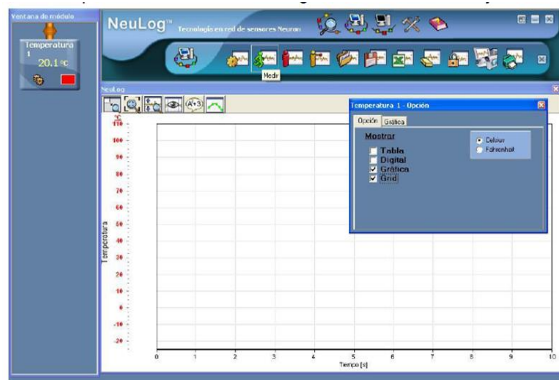


Figura 2. Software Neulog. Fuente: Systems, (2017).

Montaje experimental

Son todos los elementos, dispositivos, equipos que se tiene que montar para poder realizar un experimento. Como ejemplo mostramos la Figura 3.



Figura 3. Esquema experimental Máquina de Atwood.

Estadísticas

Media aritmética

Sirve para determinar el promedio de notas de los estudiantes, resultados que serán utilizados en la Prueba de hipótesis a través de la comparación de las medias de ambos grupos, cuya ecuación es:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n f_i x_i}{n}$$

Dónde:

\bar{x} : Media aritmética

f_i : Frecuencia

x_i : Marca de clase

n : Número de observaciones.

Desviación estándar

Permite determinar la variación de las notas de los estudiantes de los grupos respecto a la media aritmética obtenida, estadígrafo que permite determinar antes y después del experimento si los resultados son homogéneos o heterogéneo, cuya ecuación es:

$$S = \sqrt{\frac{\sum f_i (x_i - \bar{x})^2}{n}}$$

Dónde:

S : Desviación estándar

\bar{x} : Media aritmética

f_i : Frecuencia

x_i : Marca de clase

n : Número de observaciones.

Prueba Z

Las regiones de aceptación o de rechazo han sido determinadas en función de la prueba Z_c cuya ecuación es:

$$Z_c = \frac{\bar{x}_e - \bar{x}_c}{\sqrt{\frac{S_e^2}{n_e} + \frac{S_c^2}{n_c}}}$$

Dónde: Z_c Estadístico de contraste, \bar{x}_e : Media aritmética del grupo experimental, \bar{x}_c : Media aritmética del grupo de control, s_e^2 : Varianza estándar del grupo experimental, s_c^2 : Varianza del grupo control, n_e : Muestra del grupo experimental, n_c : Muestra del grupo de control.

Utilizando los resultados del estadístico de contraste se determinó las zonas de aceptación y rechazo de la hipótesis nula para tomar la decisión en términos del problema.

Resultados y discusión

En este apartado se presentan los resultados del trabajo de investigación realizado en el Laboratorio de Física de la Universidad Nacional de Juliaca y en la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Forestal en el semestre académico 2018 II. Uso del ordenador en las clases de Física es:

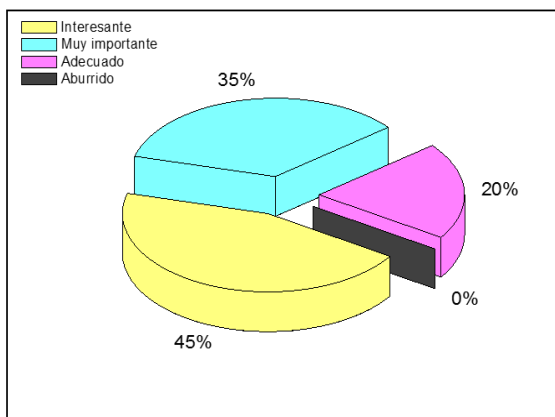


Figura 4. Con respecto al uso del ordenador en las clases de Física es:

De acuerdo a la Figura 4, se puede observar que ningún estudiante considera que el uso del ordenador en clases de Física es aburrido, este resultado nos lleva a concluir que los estudiantes consideran interesante, muy importante y adecuado, además, significa que el uso del ordenador en las actividades experimentales tiene un impacto positivo en el aprendizaje de la Física.

A continuación se muestra el Análisis de los resultados obtenidos de pre test de los estudiantes del grupo A y grupo B.

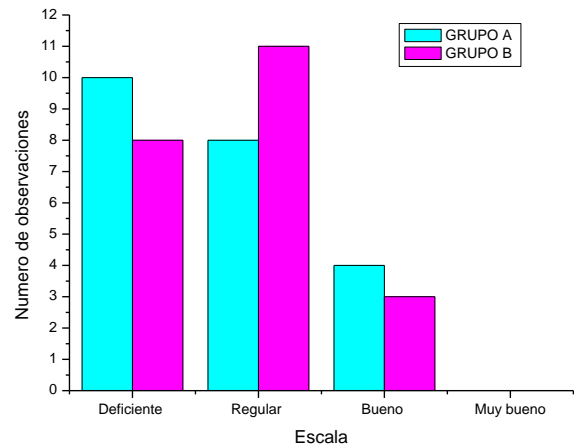


Figura 5. Comparación de los resultados de pre test antes del tratamiento en el grupo A y B.

De acuerdo a la Figura 5, se observa que el grupo B tiene un número de 11 estudiantes en la escala regular siendo este el mayor número, frente a 8 estudiantes del grupo A, con respecto a las otras escalas el grupo A tiene una diferencia con respecto al grupo B, concluyendo que la mayoría de los estudiantes se encuentran en las escalas deficientes y regular. También afirmamos que los estudiantes de ambos grupos mencionados tienen características similares en cuanto al aprendizaje de la Física antes de la aplicación del software Neulog.

Prueba de hipótesis de pre test

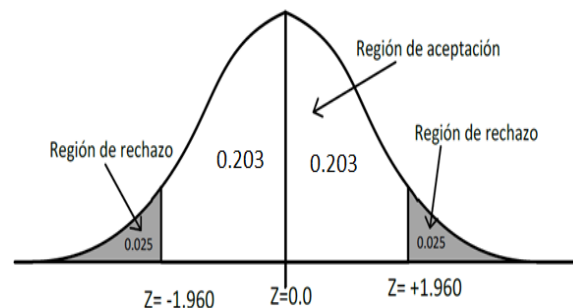


Figura 6. Prueba Z de pre test.

De la Figura 6, como $Z_c < 1.960$ es decir $0.203 < 1.960$, entonces se acepta la hipótesis nula, significa que los puntajes en promedio del grupo A y grupo B son iguales con 95% de confianza. Las características observadas y comparadas del grupo A y grupo B están en similares condiciones.

A continuación se muestra el análisis de los resultados obtenidos en post test de los estudiantes del grupo A y grupo B.

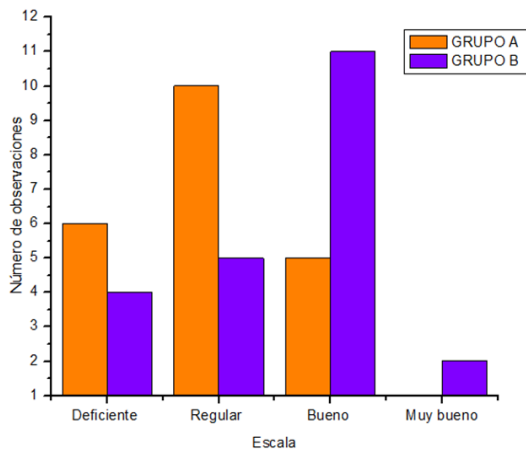


Figura 7. Resultados de la investigación de post test después del tratamiento en el grupo A y B.

De acuerdo a la Figura 7, se observa que el grupo B tiene un número de 11 estudiantes en la escala bueno siendo este el mayor número, frente a 5 estudiantes del grupo A, con respecto a las otras escalas el grupo A tiene una diferencia con respecto al grupo B, concluyendo que la mayoría de los estudiantes se encuentran en las escalas regular, bueno y muy bueno, notándose la influencia positiva que genera la aplicación de actividades experimentales con sensores Neulog.

Prueba de hipótesis de post test

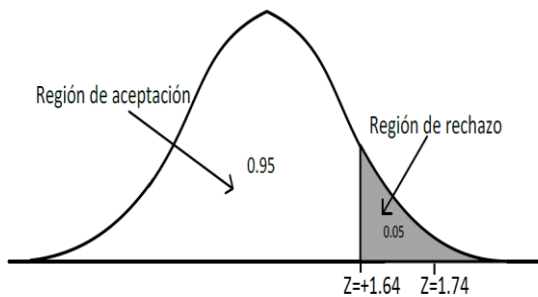


Figura 8. Prueba Z de post test.

De la Figura 8, como $Z_c > 1.645$ es decir $1.74 > 1.645$, entonces se acepta hipótesis nula, significa que los puntajes en promedio del grupo A y grupo B son iguales con 95% de confianza. Las características observadas y comparadas del grupo A y grupo B están en similares condiciones.

En el presente trabajo de investigación a partir de los hallazgos encontrados, aceptamos a la hipótesis alterna que establece que la aplicación de actividades experimentales con sensores Neulog produce efectos positivos en el aprendizaje de Física en estudiantes de segundo semestre de ingenierías de la Universidad Nacional de Juliaca.

Huamaní (2018), indica en su investigación que los módulos experimentales influyen significativamente en el rendimiento académico de los estudiantes. El estudio se ha realizado en dos grupos, uno de control y otro experimental. Como resultado se ha logrado un incremento en 16.6% en su rendimiento académico.

Así mismo, en nuestra investigación se ha logrado un incremento de 18,2% en el rendimiento académico aplicando actividades experimentales con sensores Neulog.

Además, la aplicación de las prácticas de laboratorio como procesos didáctico se puede identificar varias ventajas como son un aprendizaje más motivador que ellos perciben al desarrollar el trabajo de laboratorio, construyendo poco a poco la abstracción de las leyes que gobiernan los diferentes procesos, y que, si bien a simple vista en su vida diaria no aprecian dichos fenómenos, el laboratorio les permite ver, manipular y un acercamiento a la vida real (Cardona, 2013).

Conclusiones

En el análisis de resultados se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis de la investigación dado que el valor de $Z_c=0.203$ en el pre test y $Z_c=1.74$ en el post test, y se concluye que uso de sensores Neulog sí influye en el aprendizaje de la Física. Así mismo, del 100% de los estudiantes de la muestra del grupo B el 8% se ubican en la categoría muy buena a diferencia del grupo A con un 4%, en el post test.

La contribución de las actividades experimentales con sensores Neulog en el desarrollo de las capacidades de investigación en los estudiantes de la UNAJ en el momento de la realización del informe de laboratorio, los resultados obtenidos en la tabla de post test, existe una mejora considerable en el aprendizaje de la Física. Además, la Física juega un papel importante para la innovación y desarrollo de nuevas tecnologías y así generar patentes de invención tecnológica que son el termómetro para el desarrollo del país.

Referencias

- Bezerra, D. P., Gomes, E. C. S., Melo, E. S. N., & Souza, T. C. (2009). A evolução do ensino da física – perspectiva docente. *Scientia Plena*, 5, 1–8.
- Caraballo, D., & Andrés Z, M. M. (2014). Trabajo de laboratorio investigativo en física y la V de Gowin como herramienta orientadora para el desarrollo del pensamiento científico en educación media. *Revista de Investigación*, 38, 37–64.
- Cardona Buitrago, F. E. (2013). *Las prácticas de laboratorio como estrategia didáctica*. Universidad del Valle.
- Carrascosa, J., Pérez, D. G., Vilches, A., & Valdés, P. (2006). Papel de la actividad experimental en la educación científica. *Cad. Brás. Ens. Fís*, 23(2), 157–181.
- Chinchilla Buelvas, F. J. (2017). Enseñanza de la física orientando la práctica experimental como investigación. *Revista Científica*, (27), 181–194.
- Cravino, J. P., & Lopes, J. B. (2003). La Enseñanza de Física General en la Universidad. Propuestas de Investigación. *Enseñanza de Las Ciencias*, 21(3), 473–482.
- Cruz Ardila, J. C., & Espinosa Arroyave, V. (2012). Reflexiones sobre la didáctica en física desde los laboratorios y el uso de las TIC. *Revista Virtual Universidad Católica Del Norte*, (35), 105–127.
- Debel, E., Cuicas, M., Casadei, L., & Alvarez, Z. (2009). Experimento real y simulación como herramientas de apoyo para lograr aprendizajes significativos en la asignatura Laboratorio de Física II. *Multiciencias*, 9, núm. 1, 80–88.
- Espinoza Molina, N. Y. (2013). *Aplicaciones Software de Bajo Costo y su Uso en la Sistematización en la Enseñanza de la Física General*. Universidad Pedagógica Nacional “Francisco Morazán.”
- Fernández, C. L., & Aguado, M. I. (2017). Aprendizaje basado en problemas como complemento de la enseñanza tradicional en Físicoquímica. *Educacion Quimica*, 28(3), 154–162. <https://doi.org/10.1016/j.eq.2017.03.001>
- Ferreira, J., & Rodríguez, R. (2011). Efectividad de las actividades experimentales demostrativas como estrategia de enseñanza para la comprensión conceptual de la tercera ley de Newton en los estudiantes de fundamentos de Física del IPC. *Revista de Investigación*, 35(73), 61–84.
- Hernandez, R., Fernández, C., & Baptista, M. del P. (2010). *Metodología de la Investigación*. (S. . Interamericana editores, Ed.) (Quinta edi). México.
- Huamani Huaranja, D. (2018). *Enseñanza aprendizaje mediante módulos experimentales en el rendimiento académico de los estudiantes del curso de física I de la facultad de ciencias de la Universidad Nacional de Ingeniería durante el año 2017*. Universidad Peruana Cayetano Heredia.
- Miranda Fernández, C. A., & Maite Andrés, M. (2009). El aprendizaje en el laboratorio basado en resolución de problemas reales. *Revista Universitaria de Investigación*, 10(2), 181–194.
- Systems, S. E. (2017). *Neulog: Tecnología de sensores neurona en red*.
- Werner da Rosa, C., & Becker da Rosa, Á. (2007). La enseñanza de la Física en la Universidad de Paso Hondo: una investigación sobre los objetivos y las actividades experimentales. *Investigación Arbitrada*, (37), 327–332.

Agradecimientos

Al laboratorio de Física de la Universidad Nacional de Juliaca por la disposición de los equipos y sensores Neulog del laboratorio de Física I.

Estimulación de la germinación de semillas de trigo por exposición a Campos Magnéticos Estacionarios

Stimulation of wheat seed germination by exposure to Stationary Magnetic Fields

Edwin Huayhua Huamani
ehuayhua@unaj.edu.pe - Universidad Nacional de Juliaca
<https://orcid.org/0000-0002-6332-9642>

Juan Manuel Tito Humpiri
jtito@unaj.edu.pe - Universidad Nacional de Juliaca
<https://orcid.org/0000-0002-9965-2484>

Miguelina Tuiro Quispe
miguelina22@hotmail.com - Universidad Nacional de Juliaca
Abraham Melitón Contreras Vargas
acontreras@unaj.edu.pe - Universidad Nacional de Juliaca
<https://orcid.org/0000-0003-4596-8173>

Marcelino Reyes Casani Cruz
mcasani@unaj.edu.pe - Universidad Nacional de Juliaca
<https://orcid.org/0000-0002-4573-6500>

Joly Zegarra Cáceres
jzegarra@unsa.edu.pe - Universidad Nacional San Agustín, Arequipa
<https://orcid.org/0000-0003-4004-4983>

Recibido el 30/11/21 | Aceptado el 16/12/21

DOI: <https://doi.org/10.47190/nric.v3i4.6>

Resumen

El campo magnético está disponible en la naturaleza e influye al reino animal y las plantas. El trigo es una de las cosechas más importantes en la región del altiplano, ya que se considera como una fuente de alimentación para el ser humano y para los animales como forraje. Este estudio se centra en los impactos que producen los campos magnéticos estacionarios, durante el proceso de germinación de semillas de trigo, en este trabajo de investigación estas semillas fueron expuestas a intensidades de 0,42 mT y 6,27 mT, se contrastaron con una muestra testigo. Los resultados muestran que los campos magnéticos producen efectos positivos, beneficiosos en la germinación de semillas de trigo. En general, las variables de reacción del grupo de prueba demostraron un estándar de conducta positiva al llegar al valor máximo en comparación con el grupo control testigo.

Palabras claves: *Campo magnético, germinación, semillas, trigo.*

Abstract

The magnetic field is available in nature and influences the animal kingdom and plants. Wheat is one of the most important crops in the Altiplano region, since it is considered as a source of food for humans and for animals as fodder. This study focuses on the impacts produced by stationary magnetic fields, during the germination process of wheat seeds, in this research work these seeds were exposed to intensities of 0.42 mT and 6.27 mT, they were contrasted with a Witness sample. The results show that magnetic fields produce positive, beneficial effects on the germination of wheat seeds. In general, the reaction variables of the test group demonstrated a positive behavior pattern upon reaching the maximum value compared to the control group.

Keywords: *Magnetic field, germination, seeds, wheat.*

Como citar: Huayhua-Huamani, E., Tito-Humpiri, J.M., Tuiro-Quispe, M., Contreras-Vargas, A.M., Casani-Cruz, M.R. & Zegarra-Cáceres, J. (2022). Estimulación de la germinación de semillas de trigo por exposición a Campos Magnéticos Estacionarios. ÑAWPARISUN – Revista de Investigación Científica de Ingenierías, 3(4), 55-59.

Introducción

El campo magnético es la región invisible que ejerce una interacción magnética a sustancias o materiales que son sensibles al magnetismo y que la atracción conocida como magnetismo ocurre cuando hay un campo magnético presente, estas variaciones pueden generarse gracias a la cercanía de un imán, con una corriente eléctrica o con un campo eléctrico variante.

Por cada punto de la Tierra pasan dos meridianos: el geográfico y el magnético. Ambos forman un cierto ángulo llamado declinación magnética, característico del lugar. La aguja magnética, al orientarse, queda en una posición que forma un cierto ángulo con el plano horizontal llamado de inclinación magnética. André-Marie Ampere (1775-1836) publicó sus primeras observaciones sobre las acciones magnéticas de las corrientes. En particular, demostró que dos corrientes eléctricas ejercen fuerza entre sí, de atracción en el caso de los alambres paralelos que transportan corriente en el mismo sentido, o de repulsión si los sentidos de las dos corrientes son contrarios. Basándose en sus experiencias, formuló la hipótesis de que los imanes deben sus propiedades magnéticas a corrientes eléctricas microscópicas: el campo magnético es algo invariablemente unido a la corriente eléctrica (Carbonell y Flórez, 2017)

El campo magnético es un factor ambiental ineludible sobre la superficie de la tierra. Durante los procesos de evolución, todos los organismos vivos de la tierra han experimentado sus efectos. Algunos autores han relacionado el efecto del campo magnético en la célula vegetal centrando sus trabajos en las membranas, en sus corrientes iónicas. (Naquelquin, 2020)

A lo largo de la evolución, todos los organismos vivos han experimentado la acción del campo magnético terrestre, el cual forma parte del entorno natural. Anteriormente muchos científicos creían que los campos magnéticos permanentes no generaban cambios en la biología de los organismos, sin embargo, se han encontrado efectos que ponen de manifiesto la alta sensibilidad de las plantas y otros organismos a este tipo de campos magnéticos. Estudios previos del efecto del campo magnético en una variedad de organismos revelaron resultados contradictorios, presentando en algunos casos efectos inductivos y en otros, efectos represivos lo cual abrió una interesante línea de investigación. (Risco, 2018)

Para Isaac y Barrera (2020) los métodos físicos para revitalizar las semillas ofrecen varias ventajas sobre los tratamientos convencionales basados en sustancias químicas. En primer lugar, se ha comprobado el efecto positivo de los campos magnéticos en la tolerancia al estrés biótico y abiótico, así como el incremento en los rendimientos de muchos cultivos. Otra ventaja es que también se pueden utilizar métodos físicos para la desinfección de las semillas antes de la siembra y durante el almacenamiento. El uso de campos magnéticos como tratamiento físico para aumentar la germinación de semillas y emergencia de plántulas es uno de los métodos seguros y razonables en los sistemas de producción agrícolas, de esta forma los campos magnéticos se describen como tecnologías

ecológicamente amigables, económicas y no invasivas.

Durante muchos años el efecto de los campos magnéticos estáticos en las plantas ha sido temática de trabajos de investigación científica por numerosos autores. Hoy es conocido que dichos campos tienen efectos positivos en procesos que ocurren en las plantas tales como: la germinación de la semilla, desarrollo del tallo, incremento de masa fresca, longitud de la planta, rendimiento de frutos por planta, y peso medio del fruto. Se ha informado la inducción de la germinación en trigo, la soja, algodón, arroz, roble, lechuga, trigo, maíz y garbanzo por campos magnéticos.

También tienen efectos positivos sobre la biosíntesis de proteína, reproducción celular, actividad fitoquímica, respiración, actividad enzimática, contenido de ácidos nucleicos y periodos de crecimiento-desarrollo en plantas. (Fung y Pimentel, 2010)

De acuerdo con este regalo de la naturaleza, investigadores han hallado nuevas aplicaciones y han demostrado que un campo magnético tiene un efecto estimulante en el proceso germinativo de las semillas durante las primeras etapas del crecimiento de plantas. El interés del hombre por el fenómeno del magnetismo se remonta a las primeras civilizaciones y hay registros de por lo menos 600 años a.C. que evidencian el conocimiento de la electricidad estática. Los campos magnéticos afectan a todos los seres vivos, motivo por el cual son objeto de investigación a nivel mundial y una evidencia del efecto del magnetismo terrestre sobre los seres vivos es la existencia de ciertas algas y bacterias que utilizan el geomagnetismo para orientarse. La influencia del campo geomagnético sobre el crecimiento de las plantas fue científicamente establecida por primera vez en 1862 por el químico francés Louis Pasteur (Chávez y Santamaría, 2015)

Para el éxito de un proceso de germinación es necesario que exista humedad, oxígeno y temperatura adecuada. No obstante, es frecuente que las semillas no germinen aun cuando se encuentren bajo estas condiciones. Esto se debe a que existe un impedimento o bloqueo en alguna parte del proceso, fenómeno conocido como dormancia. Investigaciones recientes han mostrado que además de luz y temperatura, los campos magnéticos influyen en la germinación, la exposición de las semillas a campos magnéticos aumenta los porcentajes de germinación en algunos tipos de semillas. (Gutiérrez, Torres y Díaz, 2014)

El efecto que generan los campos magnéticos sobre las repuestas físicas en los organismos biológicos y las variaciones en su composición química, son temas que ya se han estudiado desde varias décadas atrás. Un área específica de este tema de estudio, es el análisis de la respuesta respecto a la variación de características morfológicas o mayor producción, de plantas como frijol, arveja, tomate y tabaco. Actualmente, ensayos en la etapa de germinación son llevados a cabo en laboratorios, sometiendo semillas de varias especies a un campo magnético con características físicas definidas, arrojando un aumento

en los rasgos de la germinación. (Torres y Bueno, 2010)

El bioelectromagnetismo es el estudio de los efectos de los campos electromagnéticos sobre los sistemas biológicos y sus interacciones con los campos magnéticos naturales y artificiales (Carbonel, 2013).

Para un mejor proceso de germinación es indispensable tomar en consideración la presencia de humedad, oxígeno y temperatura adecuada. No obstante, es frecuente que las semillas no germinen aun cuando se encuentren bajo estas condiciones, esto se debe a que existe un impedimento o bloqueo en alguna parte del proceso, fenómeno conocido como dormancia (Gutiérrez, Torres & Díaz; 2014).

MÉTODOLÓGIA

En este trabajo de investigación se utilizaron semillas de trigo, separados de la siguiente un grupo control y dos grupos experimentales, cada grupo conformado de 25 semillas, tomando en consideración Reglas Internacionales de Análisis de Semillas (ISTA, 2016), cada grupo experimental fue sometida a exposición permanente de campo magnético de 0,42 militeslas y otro grupo experimental a una intensidad de 6,27 militeslas, la intensidad del campo magnético fue determinada utilizando un sensor de campo magnético Newlog. Las semillas se colocaron aleatoriamente en una germinadora de plástico y dentro de ella el imán, como el campo magnético cambia de la periferia hacia el centro, las semillas se colocaron dentro de un espacio donde la intensidad del campo magnético se comporta homogénea. Las semillas fueron expuestas a campo magnético generado por un imán cilíndrico y hueco de ferrita en la dirección norte – sur, cada grupo experimental fue expuesto a un campo magnético estático como tratamiento permanente por un periodo de 14 días desde la siembra.

Para la prueba de velocidad de emergencia, como sustrato se usó un suelo franco limoso, donde cada semilla se colocaron verticalmente con el embrión hacia abajo presionando ligeramente para introducirlas al sustrato, posteriormente se cubrieron con una capa de sustrato de 1,5 cm. Diariamente se

aplicó un riego en el mismo horario. La temperatura promedio fue 13,25 °C, con una máxima de 24.5 °C y una mínima de 2 °C.

La emergencia se empezó a registrar a los seis días de haber sembrado la semilla, día donde se registra la cantidad de semillas germinadas y posteriormente se realizó la medición del tamaño de las plántulas germinadas hasta el día 14

Tabla 1
Dosis de inducción magnética aplicadas a semillas de trigo por un periodo de 14 días.

Inducción magnética (mT)	Dirección*
B ₁ = 0,42	Norte - sur
B ₂ = 6,27	Norte - sur
B ₃ = 0 (testigo)	--

*Indica la dirección del campo magnético

Se utilizó el diseño experimental en bloques completos al azar con tres repeticiones, y la unidad experimental constó de 25 semillas para cada grupo el control y el experimental. Para comparación entre grupos se utilizó el diagrama de barras verticales.

RESULTADOS

Al sexto día se observó la emergencia de las plántulas, mostrando una germinación diferenciada de las semillas expuestas a 6,27 mT respecto al de 0,42 mT y a la de testigo, también se debe tener en consideración que la exposición permanente de campos magnéticos hace que la semilla retarde su crecimiento.

Tabla 2
Número de coleoptilos emergidos al sexto día.

Inducción magnética (mT)	Cantidad de semillas geminadas
B ₁ = 0,42	6
B ₂ = 6,27	11
B ₃ = 0*	3

*: Muestra testigo

Tabla 3
Dimensiones de crecimiento (en centímetros) de las plántulas del día 6 al día 14 en la dirección norte - sur.

Inducción magnética (mT)	Día 6	Día 7	Día 8	Día 9	Día 10	Día 11	Día 12	Día 13	Día 14
B ₁ = 0,42	0.4	1.2	2.1	3.5	4.4	6.3	8.8	11.5	14.0
B ₂ = 6,27	0.6	1.8	3.2	4.9	6.2	8.0	9.8	13.0	15.0
B ₃ = 0*	0.4	0.8	1.6	2.8	4.2	6.0	8.5	11.0	13.0

*: Muestra testigo

En relación a las dimensiones de crecimiento al día 14, en la tabla 3, se observa que las semillas expuestas a intensidades de 6,27 mT presentan una bioestimulación positiva respecto al grupo control.

En general, las variables de respuesta del grupo experimental presentaron un patrón de comportamiento positivo al alcanzar un valor máximo en comparación con el de grupo control testigo.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos demuestran que la calidad fisiológica de la semilla de trigo puede mejorarse mediante la exposición a campo magnético, mejoras que se expresan en la cantidad de emergencia de los coleoptilos respecto al grupo control, también se muestra que la dosis óptima de exposición a campo magnético de las semillas de trigo para el proceso de germinación es el de 6,27 mT, ya que ésta produce efectos de bioestimulación en el desempeño germinativo de la semilla, mientras que otras dosis pueden no tener efecto de bioestimulación; es decir, el efecto depende de la intensidad magnética.

La exposición a un campo magnético estático depende de su densidad, frecuencia y del tiempo de exposición, y puede ser para estimular el crecimiento o para inhibirlo, existe relación entre campos magnéticos y sistemas biológicos, sobre todo en semillas y plantas. Los efectos sobre diversas especies de plantas que tiene el campo magnético natural de la Tierra, como magnetismo natural, y de los causados por la aplicación de campos magnéticos estacionarios (Carbonel et. al, 2017), de acuerdo a los resultados obtenidos efectivamente existe relación de los sistemas biológicos y el campo magnético, en este caso actúa como un ente inhibidor sobre las semillas de trigo.

Los resultados aquí obtenidos confirman que la radiación electromagnética es un método viable para incrementar el vigor de la semilla, porque se traduce en incrementos en la velocidad de emergencia y porcentaje de establecimiento. También juega un rol muy importante por el efecto que generan sobre el crecimiento celular, orientación de las biomoléculas, cambios en las biomembranas, alteraciones del flujo de iones a través de la membrana plasmática (Pothakamury et al., 1993a y Pothakamury et al., 1993b).

CONCLUSIONES

La aplicación a una exposición de 6,27 mT de campo magnético de forma permanente a semillas de trigo durante el proceso de germinación se incrementa su calidad fisiológica medida a través de la velocidad de emergencia y porcentaje de establecimiento de los coleoptilos.

De los datos obtenidos se precisa que la rapidez de germinación de las semillas sometidas a la acción del campo magnético superiores al campo magnético terrestre produce efectos sobre los organismos biológicos produciendo cambios en la permeabilidad de las membranas y la sensibilidad de los mecanismos de transporte a través de ellas.

En el promedio de altura alcanzada, se observa que las plantas sometidas a 6,27 mT y 0,42 mT pierden altura en relación a la de testigo, mostrando debilitamiento en su textura y pérdida de color en las hojas, lo cual conlleva a un estrés a dichas plantas cuando estas son expuestas de manera permanente terminada el proceso de germinación.

Cabe indicar el tratamiento con campos magnéticos a las semillas de trigo en la investigación se realizó solo en el proceso de germinación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Carbonell María Victoria y Flórez Mercedes (2017) *Aportaciones sobre el campo magnético: historia e influencia en sistemas biológicos*. Revista Intropica. Universidad Politécnica de Madrid.
- Carbonell, M., Martínez, E., Flórez, M. (2013). Tratamiento Magnético como técnica estimulante de la germinación de semilla de soja. Ingeniería de Recursos Naturales del Ambiente, 119-127.
- Chávez Milla Julio Mariano y Santamaría Baldera Nemesio (2015) *Efecto del campo magnético de imanes orientados según el campo terrestre en la germinación y crecimiento de la plántula de Lycopersicon esculentum Mili (tomate), Chachapoyas 2015*. Revista de Investigación Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería 2(2): 45-49, 2018
- Fung Boix y Pimentel Victorio (2010) *Efecto de la aplicación de un campo magnético sobre la germinación in vitro de semillas de Sosmarinus officialis*. Biotecnología Vegetal Vol. 10, No. 2: 105 - 111, abril - junio, 2010 ISSN 1609-1841 (Versión impresa) ISSN 2074-86
- Gutiérrez Ana Milena, Torres Celina y Díaz Jaime (2014) *Effect of Magnetic Fields in Germination, Growth, and Microbial Florishing in Seedlings of Brachiaria humidicola, Panicum maximum, and Zea maíz*. Revista de Ciencias de la Universidad del Valle
- Gutiérrez, A. M., Torres, C., Díaz, J. (2014). Incidencia de campos magnética en la germinación, crecimiento y flora microbiana en plántulas de Brachiaria humidicola, Panicum maximum y Zea maiz (Poaceae). Revista de Ciencias.
- Isaac Alemán Elizabeth y Barrera Roca Lianne (2020) *Efecto del tratamiento electromagnético de frecuencia extremadamente baja en el proceso de germinación de habichuela* Revista Centro Agrícola. Vol.47, No.3, julio-septiembre, 51-58, 2020 CF: cag063202274 Centro de Investigaciones Agropecuarias Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas
- ISTA. (2016). Reglas Internacionales para el Análisis de las Semillas. Bassersdorf, Suiza: International Seed Testing Association.
- Naguelquin Rivas Flor Emilia (2020) *Aplicación de Campos magnéticos (CM) y su relación con la recuperación de la viabilidad y vigor en semillas envejecidas de Lactuca sativa*. Revista Agrosur. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Austral de Chile
- Risco Mesa Yonatan Isai (2018) *Efecto de la aplicación de campos magnéticos estacionarios en semillas de cebolla*. Universidad Austral de Chile
- Sarta, J. A., Bobadilla, J. (2005). Campos Magnéticos y sus efectos Biológicos. Ingenierías.

Torres Osorio, Javier y Bueno López, Liliana (2010)
Efecto *del campo magnético sobre la germinación de la leucaena leucocephala scientia et technica*, vol. XVI, núm. 44, abril, 2010, pp. 337-341 Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia

Percepción sobre la gestión de los residuos sólidos y propuesta de un plan integral para la ciudad de Ica, 2021

Perception of solid waste management and proposal of a comprehensive plan for the city of Ica, 2021

René De La Torre Castro
rdelatorre@unica.edu.pe - Universidad Nacional San Luis Gonzaga, Ica Perú
<https://orcid.org/0000-0001-7658-6851>
Luis Massa Palacios
lmasa@unica.edu.pe - Universidad Nacional San Luis Gonzaga, Ica Perú
<https://orcid.org/0000-0002-6570-2869>
Angela Milagros Massa Guzman
angela15_mg@hotmail.com - Ejército Peruano
Lennard de la Torre Hernandez
lennar302012@gmail.com - Universidad Nacional San Luis Gonzaga, Ica Perú

Recibido el 01/12/21 | Aceptado el 30/12/21
DOI: <https://doi.org/10.47190/nric.v3i4.7>

Resumen

Objetivo: Determinar la percepción de los funcionarios de la municipalidad, y de la población, sobre la gestión de los residuos sólidos (RS), en Ica, 2021. **Material y métodos:** Investigación básica, descriptiva, no experimental, transversal; mediante encuestas; muestra por conveniencia, de 7 funcionarios del municipio, 137 pobladores. **Resultados:** En cuanto a los funcionarios: 86% perciben que la gestión de RS es regular, 71% revisaron el plan de gestión, para el 29% no se aplica correctamente el plan, 86% indican que debe actualizarse, y 43 % no están satisfechos con el servicio de recojo; según ellos la limpieza pública es deficiente, debido al bajo nivel de cultura y educación ambiental de la población; el sistema de recolección es deficiente y no se respetan los horarios; bajo presupuesto para maquinarias; insuficiente personal operativo; demora en atención logística, hay puntos críticos en calles y otras zonas; el barrido es irregular; mala programación para el recojo; falta implementar contenedores en las calles y mercados; el personal de limpieza nombrado tiene horario limitado; y no hay segregación. En cuanto a la población, 60.6% acumulan la basura en bolsas plásticas, 43.1% señalan recojo después de 2 a 3 días; 7.3% mencionan que no tiene recojo, o solicitan triciclos; 60.6% no segregan; 61.3% están poco satisfechos o insatisfechos con el servicio municipal. **Conclusión:** 86% de los funcionarios perciben que la gestión de residuos sólidos es regular, 43% no están satisfechos con el servicio, mientras que el 61.3% de la población está poco satisfecha o insatisfecha.

Palabras claves: *Residuos sólidos Municipales, Percepción sobre la gestión de residuos sólidos, plan de manejo de residuos sólidos.*

Abstract

Objective: Determine the perception of the municipal officials, and the population, on the management of solid waste (SR), in Ica, 2021. **Material and methods:** Basic, descriptive, non-experimental, transversal research; through surveys; convenience sample of 7 municipal officials, 137 residents. **Results:** Regarding the officials: 86% perceive that SR management is regular, 71% reviewed the management plan, for 29% the plan is not applied correctly, 86% indicate that it should be updated, and 43% are not satisfied with the pick up service; According to them, public cleaning is deficient, due to the low level of culture and environmental education of the population; the collection system is deficient and schedules are not respected; low budget for machinery; insufficient operational staff; delay in logistics attention, there are critical points in streets and other areas; the sweep is irregular; bad scheduling for pick up; it is necessary to implement containers in the streets and markets; appointed cleaning staff have limited hours; and there is no segregation. Regarding the population, 60.6% accumulate garbage in plastic bags, 43.1% indicate that they pick it up after 2 to 3 days; 7.3% mention that they do not have a pick-up, or request tricycles; 60.6% do not segregate; 61.3% are not very satisfied or dissatisfied with the municipal service. **Conclusion:** 86% of the officials perceive that solid waste management is regular, 43% are not satisfied with the service, while 61.3% of the population is not very satisfied or dissatisfied.

Keywords: *Municipal solid waste, Perception on solid waste management, solid waste management plan.*

Introducción

La gestión adecuada de los residuos sólidos tiene como finalidad conservar el ambiente, contribuir con la mitigación del cambio climático, procurar el bienestar y mejorar la calidad de vida de la población. López (2014), señala que el problema de los residuos sólidos se ha convertido en un tema crucial a nivel global, además de ocasionar un gasto social y económico importante a los gobiernos, además del alto costo ambiental para la población y el planeta; Niño Torres, Á.M., Trujillo González, J.M., & Niño Torres, A.P. (2017), afirman que el problema de los residuos sólidos se origina en la comunidad que lo produce, por tanto la búsqueda de soluciones debe orientarse en esta dirección.

En el mundo se generan anualmente 2010 millones de toneladas de desechos sólidos municipales, y al menos el 33 % de ellos no se gestionan sin riesgo para el medio ambiente, así mismo que a nivel mundial aumentaría 70 % en los próximos 30 años alcanzando un volumen de 3400 millones de toneladas/año (Banco Mundial 2018). En la actualidad se evidencia alta contaminación en los océanos, ríos, cuencas, ciudades, lagos, y campos agrícolas, como si se tratara de una plaga, producto de una inadecuada gestión; PAHO/ETRAS, (2019) menciona que América Latina produce aproximadamente 436,000 toneladas de residuos sólidos urbanos, el 50% no tiene una disposición final adecuada y la recolección sigue siendo deficiente, especialmente en los barrios marginales de las metrópolis.

No obstante que hace más de 15 años se promulgó la Ley General de Residuos Sólidos, en el Perú subsisten graves problemas de limpieza pública, cada día se incrementa la población, y con ella la producción per cápita de residuos sólidos, que hace 10 años era de 13 mil t/día, hoy alcanza las 18 mil t/d (MINAM 2017); el 50% de estos residuos no se disponen adecuadamente, tenemos ciudades, calles, ríos, playas y quebradas sucias. Para enfrentar este problema se requiere una política pública de largo plazo, instrumentada con normas, incentivos, proyectos emblemáticos, nuevas soluciones tecnológicas, asistencia técnica y capacitación a nivel

descentralizado, además de programas masivos de educación y ciudadanía.

El MINAM (2012) señala que la gestión de las municipalidades en cuanto a la limpieza pública, a nivel nacional, es deficiente, se lleva a cabo de manera no planificada, por ejemplo en el año 2012, solo el 38% de los residuos sólidos municipales fueron a los rellenos sanitarios, Ica no es ajena a esta realidad, en el año 2019 el MINAM, reportó que en sus 5 provincia se recogían 223 mil toneladas de residuos sólidos municipales al año, de las cuales 104,726.20 toneladas, correspondían al distrito de Ica, ese mismo año (2019) el Ministerio del Ambiente declaró que el mal manejo de los residuos sólidos en Ica había llegado a niveles alarmantes, y la declaró en estado emergencia, en ese entonces ocupaba el 2do lugar a nivel nacional con mayor cantidad de territorios afectados por los residuos sólidos, así mismo respecto del relleno sanitario señaló que estaba colapsado, con la basura expuesta a la intemperie, y las chimeneas para la evacuación y control de gases, ya no existían, el año 2014 la OEFA, había informado que todas las municipalidades del departamento de Ica (Palpa, Nazca, Chincha, Pisco e Ica) solo contaban con los instrumentos formales para brindar el servicio de limpieza pública.

Según la Dirección general de Residuos Sólidos del MINAM (2020), en la ciudad de Ica la generación per cápita de residuos sólidos es de 0.8 kg/hab/día, estos son gestionados por la municipalidad, que tiene un PIGARS que data del año 2017, el cual se debe actualizar de acuerdo a la legislación vigente; cuenta con instrumentos legales y normativos para apoyar la gestión, dispone de un relleno sanitario, y personal de limpieza, pero la municipalidad se muestra incompetente para resolver este problema; se observa con frecuencia puntos críticos, depósitos de residuos sólidos en las calles, avenidas, acequias, el río, y otros, que amenaza la salud pública, y contamina el paisaje, situación que se debe resolver.

El desarrollo del presente estudio, se justifica debido a la alta contaminación ambiental por residuos sólidos, tanto en la zona urbana como en el Río, que afecta a la ciudad de Ica, como resultado de una gestión inadecuada, mala aplicación, desactualización del

plan de gestión, los resultados serán de utilidad para el gobierno local, y los beneficiarios indirectos la población y el turismo. La investigación es importante porque provee información actualizada, tanto en la literatura, marco legal, así como la percepción de los principales actores, los resultados contribuirán para la toma de decisiones de quienes gestionan los residuos sólidos de la ciudad, servirá como insumo para futuras investigaciones, y como material académico para los profesores y estudiantes universitarios.

La presente investigación da a conocer la percepción de los actores principales como son los funcionarios de la municipalidad provincial de Ica y la población, sobre la Gestión de los Residuos Sólidos en la localidad, y propone alcances importantes para el diseño y elaboración de un plan de gestión integrado, actualizado, en concordancia con la nueva legislación.

Material y métodos

Investigación básica, cuantitativa, no experimental, descriptiva, transversal, con una muestra intencional por conveniencia, no probabilística, debido a la dificultad de recoger información por la situación sanitaria que afecta al país y a la región Ica, constituida por 7 funcionarios de la municipalidad de Ica que gestionan los residuos sólidos, y 137 pobladores seleccionados al azar, preferentemente amas de casa.

Se utilizaron como técnicas la encuesta, y la observación, y como instrumentos de recolección dos cuestionarios, además de fichas, bitácora, multimedia, cámara fotográfica, Google Maps; se hicieron inmersiones en el campo, reconocimiento de la ciudad, identificación de puntos críticos donde se acumulan residuos sólidos, visita al relleno sanitario, seguimiento al proceso de recolección, al transporte y destino final.

Se llevaron a cabo las encuestas en los alrededores de los mercados “Modelo”, y “Arenales”, en la puerta de la municipalidad, y algunos domicilios, teniendo en cuenta las medidas de bioseguridad, en algunos casos se procedió con la encuesta virtual. El estudio se realizó en tres etapas: Encuestas, diagnóstico sobre el manejo de RS, y propuesta para la actualización del plan de manejo de RS.

Se creó una base de datos en EXCEL, se elaboraron, Gráficos, tablas, para el análisis se aplicó el estadístico SPSS v25, y la estadística descriptiva.

Resultados

Percepción de los funcionarios.

El 86% de los funcionarios, perciben que la gestión de los residuos sólidos (RS) es regular, 71% revisaron el plan de gestión, no se aplica correctamente el plan (29%), el plan debe actualizarse (86%), y 43 % no están satisfechos con el servicio de recojo; según su percepción, la limpieza pública es deficiente.

Tabla 1.
Percepción de los funcionarios de la Municipalidad, sobre la gestión de los RS

Percepción		N°	%
Gestión de los residuos sólidos en Ica	Buena	1	14
	Regular	6	86
Municipio tiene PGRS	SI	7	100
Ha revisado el PGRS	Si	5	71
	No	2	29
Se aplica correctamente el PGRS	Si	5	71
	No	2	29
Valoración del PGRS	No apropiado	1	14
	Falta actualizar	6	86
Satisfacción con recojo de RS	SI	4	57
	NO	3	43
Total		7	100

Fuente: Entrevistas a Funcionarios de la municipalidad

Percepción de la población.

El 60.6% de la población manifiestan que acumulan la basura en bolsas plásticas, y no segregan, 43.1% señalan recojo después de 2 a 3 días; 7.3% mencionan que no tiene recojo, o solicitan triciclos; 61.3% están poco satisfechos o insatisfechos con el servicio municipal.

Tabla 2.
Percepción de la población sobre la gestión de los RS

Percepción		N°	%
Tipo de recipiente para el recojo de basura	Caja	9	6.6
	Cilindro	23	16.8
	Bolsa plástica	83	60.6
Frecuencia de recojo de basura	Diario	39	28.5
	Interdiario	32	23.4
	De 2 a 3 días	59	43.1
	Pocas veces	7	5.1
Servicio que recoge la basura	Municipio	127	92.7
	Triciclos	5	3.7
Horario para recojo de basura	No se tiene	5	3.6
	Mañana	65	47.4
Segrega residuos	Tarde	32	23.4
	Si	54	39.4
Decisión para segregar residuos	Si	121	88.3
	No	16	11.7
Satisfacción con el recojo de RS	Muy satisfecho	8	5.8
	Satisfecho	45	32.8
	Poco satisf	63	46.0
	Insatisfecho	21	15.3
Total		137	100

Fuente: Encuesta a la población de Ica-2021

Propuesta del plan de gestión de RS.

En base a la información proporcionada por los funcionarios de limpieza pública de la municipalidad de Ica, de la población, la literatura revisada, el marco legal vigente, los instrumentos de gestión publicados por el MINAM; y el PIGARS (2017) de la Municipalidad de Ica; se propone alcances para la actualización del plan de gestión partiendo de un diagnóstico previo, y en concordancia con "Guía para elaborar el plan provincial de gestión integral de residuos Sólidos municipales" del MINAM (2019).

Discusion

La gestión de los residuos sólidos, es la "actividad técnica, administrativa, que implica llevar a cabo un conjunto de procesos tales como la planificación, coordinación, concertación, diseño, aplicación y evaluación de las políticas en materia de limpieza pública, acompañado de estrategias, planes y programas de acción, para tener un manejo apropiado" MINAM (2016)

En la búsqueda de la literatura se ha encontrado un amplio marco legal relacionado con la gestión de los residuos sólidos, pero que todavía ha resultado insuficiente, o no se aplica, o respeta, para superar el problema que en nuestro país es crítico, subsiste en los poblados pequeños como en las grandes ciudades, y cada vez se incrementa debido al crecimiento de la población y el uso indiscriminado de recursos sólidos y plásticos de un solo uso.

En las encuestas llevadas a cabo, los funcionarios de la municipalidad encargados de los residuos sólidos, perciben en mayor proporción que la gestión de residuos sólidos en Ica, es regular, que el plan de manejo esta desactualizado, que la municipalidad no lo aplica correctamente, 43 % de ellos no están satisfechos con el servicio de recojo. Las razones que sustentan su percepción fueron: Es necesario rediseñar las rutas y horarios de recolección; la empresa recolectora contratada presenta deficiencias en el servicio; el barrido de las calle es irregular; existen puntos críticos en las calles y otros lugares; no se hace segregación; faltan proyectos circulares; hay poco personal operativo; no se tiene idea sobre la valorización de los residuos sólidos; hay un bajo nivel de la población en cuanto a cultura y educación ambiental; insuficiente presupuesto para maquinarias; poco personal operativo; demora en atención logística para trabajos de limpieza; falta implementar contenedores en las calles y mercados; y el personal de limpieza nombrado tiene horario limitado, situación descrita que corroboran los usuarios del servicio.

En cuanto a la población, en mayor proporción señalan que acumulan la basura en bolsas plásticas, y no segregan; ponen en evidencia los incumplimientos en cuanto a los días de recojo o no tienen recojo, mencionan diversas preferencias para los horarios, 61.3% están poco satisfechos o insatisfechos, con el servicio; evidenciando que hay mucho por hacer y que estas discrepancias deben ser recogidas para la reformulación y actualización del plan de gestión vigente y mejorar la gestión.

Conclusiones

1. El 86% de los funcionarios perciben que la gestión de residuos sólidos en Ica, es regular, y que plan de gestión de los residuos sólidos debe actualizarse; 43% no están satisfechos con el servicio, 29% mencionan que el plan de gestión de RS, no se aplica correctamente.
2. El 60.6% de la población manifiesta que acumulan sus residuos en bolsas plásticas, y no segregan, 61.3% están poco satisfechos o insatisfechos con el servicio municipal 43.1% señalan que el recojo se produce después de 2 a 3 días; 7.3% mencionan que no tiene recojo. En cuanto al horario de recojo, al 47.4% le parece que más adecuado es en la mañana, al 28.5% en la noche, y al 23.4% en la tarde.
3. Se ha elaborado una propuesta de gestión, en base a un diagnóstico previo, el marco legal actual, y la información proporcionada por los funcionarios de limpieza pública de la municipalidad de Ica, de la población, y de los datos recogidos en las inmersiones al campo llevadas a cabo.

Recomendaciones.

La autoridad municipal debe disponer:

1. Encargar la gestión de los residuos sólidos a funcionarios que tengan el perfil y experticia, dotar de recursos económicos, de personal, infraestructura, etc. para resolver; debe autorizar el rediseño del sistema de gestión acorde a la realidad y a la ley.
2. priorizar la educación ambiental en la población, coordinar con los actores, y las entidades educativas, para un cambio de enfoque en el manejo de los residuos sólidos, hacia la segregación, reutilización, valorización, con modelo circular. Si fuera necesario debe aplicar incentivos tributarios.
3. Actualizar, rediseñar el plan de manejo de residuos sólidos, acorde a ley, a la realidad sanitaria que afronta la región y el país, considerando los alcances del presente estudio.

Referencias bibliográficas

- López G. (2014). Plan de Manejo Integral de residuos sólidos para hipermercados. Universidad Nacional Autónoma de México. <http://132.248.52.100:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/4226/TesisGeovaneli%20L%C3%B3pez%20Morfin.pdf?sequence=1>
- MINAM (2012) Guía metodológica para el desarrollo del Plan de Manejo de Residuos Sólidos. <https://redrrss.minam.gob.pe/material/20150302183324.pdf>
- MINAM (2016), Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos 2016-2024. http://hera.pcm.gob.pe/eficiencia/wpc/content/uploads/2016/09/Plan_Nacional_Gestion_Integral_Residuos_Solidos_2016_2024.pdf
- MINAM (2017). Nueva Ley y Reglamento de residuos Sólidos D.L. N°1278.
- MINAM. (2019). Reporte de Ica: Estadísticas ambientales. [Internet]. Lima, Perú. <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/ica-estadisticas-ambientales-diciembre-2019>
- MINAM (2020). Reporte: Ica: Estadísticas ambientales Junio 2020 <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/ica-estadisticas-ambientales-junio-2020>
- MINAM. (2019). Guía para elaborar el plan provincial de gestión integral de residuos Sólidos municipales. <https://www.gob.pe/institucion/minam/informes-publicaciones/282159-guia-para-elaborar-el-plan-provincial-de-gestion-integral-de-residuos-solidos-municipales>
- Niño Torres, Á.M., Trujillo González, J.M., & Niño Torres, A.P. (2017). Gestión de residuos sólidos domiciliarios en la ciudad de Villavicencio. Luna Azul. <http://200.21.104.25/lunazul/index.php/component/content/article?id=227>
- OEFA (2014). Fiscalización ambiental en residuos sólidos de gestión municipal provincial. Informe 2013-2014. Lima. https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=13926
- PAHO/ETRAS (2019). Residuos Sólidos. Organización Panamericana de la Salud. [Internet]. <https://www.paho.org/blogs/etras/?p=458>

Evaluación de la calidad de agua subterránea del Parque Industrial Taparachi del distrito de Juliaca

Evaluation of the quality of groundwater of the Industrial Taparachi Park in Juliaca district

Ricardo Nahuel Valenzuela Antezana
antezana.rn@gmail.com - CITEcafé y cultivos asociados CECOVASA
<https://orcid.org/0000-0003-2972-1568>
Yaneth Yucra Limahuaya
yanethyl16@gmail.com - Universidad Nacional de Juliaca
<https://orcid.org/0000-0002-3066-0806>

Recibido el 15/11/21 | Aceptado el 14/12/21
DOI: <https://doi.org/10.47190/nric.v3i4.8>

Resumen

El agua es un derecho básico para el ser humano, sin embargo, su calidad sigue siendo un problema latente que atraviesan muchas ciudades del país, en especial la ciudad de Juliaca. La evaluación de calidad del agua permite tomar acciones de control, tratamiento y mitigación, garantizando el suministro de agua segura; es por esto que el presente estudio tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua subterránea del Parque Industrial Taparachi, ubicada en el distrito de Juliaca del departamento Puno, mediante la evaluación de sus parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la muestra de agua subterránea evaluados fueron: color, turbidez, pH, conductividad, TDS, cloruros, sulfatos, dureza total, metales totales (aluminio, arsénico, bario, cadmio, cobre, hierro, manganeso, molibdeno, sodio, níquel, plomo, antimonio, selenio y zinc) y coliformes totales. Los resultados de los parámetros del agua subterránea de pozo fueron comparados con la normativa de la calidad de agua D.S. N°031-2010-SA, donde los parámetros fisicoquímicos se encontraron dentro de los límites máximos permisibles, a excepción de la dureza total con un valor de 573 mg/L, así mismo el arsénico con un valor de 0.040 mg/L y coliformes totales 2 NMP/100mL, por tanto el agua subterránea de pozo del Parque Industrial Taparachi no cumple con los estándares que establece la norma sobre la calidad del agua, en consecuencia el agua no es apta para consumo humano, se recomienda el uso de filtros en la zona para reducir dichos niveles superiores a la norma.

Palabras claves: *Agua subterránea, parámetros fisicoquímicos, parámetros microbiológicos, límite máximo permisible.*

Como citar: Valenzuela-Antezana, R.N. & Yucra-Limahuaya, Y. (2022). Evaluación de la calidad de agua subterránea del Parque Industrial Taparachi del distrito de Juliaca. ÑAWPARISUN – Revista de Investigación Científica de Ingenierías, 3(4), 67-72.

Abstract

The water is a basic right for the human beings, however its quality continues to be a latent problem that many cities of the country are facing, especially the city of Juliaca. The water's quality evaluation allows to take control actions, treatment and mitigation, guarantying the supply of secure water, is for this that the present study had as an objective evaluate the quality of groundwater of the Industrial Taparachi Park, located in the district of Juliaca from Puno department, by evaluating its physicochemical and microbiological parameters. The physicochemical and microbiological parameters of the groundwater sample evaluated were: color, haze, pH, conductivity, TDS, chlorides sulfates, total hardness, total metals (aluminium, arsenic, barium, cadmium, copper, iron, manganese, molybdenum, sodium, nickel, lead, antimony, selenium and zinc) and total coliforms. The results of the parameters of the groundwater well were compared with the regulation of water quality D.S. N°031-2010-SA, where the physicochemical parameters where found between the maximum limits allowed, except for total hardness that exceeds with a value of 573 mg/L, in the same way arsenic with a high value that exceeds the maximum limit of 0.040 mg/L and total coliforms 2 NMP/100mL, therefore the groundwater well from the Industrial Taparachi Park doesn't comply with the standars established by the norm about water quality, consequently water is not apt for human consumption, it's recommended the use of filters in the zone for reduce those levels higher to the norm.

Keywords: *groundwater, physicochemical parameters, microbiological parameters, maximum allowable limit.*

Introducción

El agua es uno de los recursos más importantes e indispensable para la supervivencia de los seres vivos y el desarrollo de las sociedades (Fernández, 2012; Qureshi et al., 2021), por lo que todas las personas deben de disponer de un suministro suficiente, inocuo y accesible de dicho recurso según la (OMS, 2011). El ser humano depende de su disponibilidad para el consumo doméstico, así mismo para el funcionamiento y continuidad de sus actividades tanto agrícolas como industriales (SEMARNAT, 2013). Sin embargo, debido al crecimiento poblacional, a la creciente industrialización, la sobreexplotación, vertimiento excesivo de residuos, aguas residuales sin un tratamiento adecuado y las diferentes actividades antropogénicas que contribuyen de manera significativa a la contaminación de los recursos hídricos se viene generando los problemas de abastecimiento y disponibilidad de agua de calidad para la población, la cual debería de encontrarse libre de contaminantes; este problema se presenta en zonas rurales y urbanas de nuestro país (Brousett et al., 2018; Cortez et al., 2019).

En el Perú las zonas rurales son las que menor acceso tienen a un agua que garantice su calidad, ya que es donde mayormente no se cuenta con la disponibilidad de agua potable, por ello generalmente se abastecen de agua que proviene de pozos, ríos, manantiales, acequias, arroyos y otras fuentes naturales. El suministro de agua subterránea es una fuente elemental para el abastecimiento de agua para todo propósito, no obstante, cada vez es más escasa y su calidad se deteriora (Ríos et al., 2017). Por lo que se debe de tomar en cuenta que no solo se trata de contar con el acceso al agua sino de la calidad de la misma, el agua de buena calidad no debe de poseer olor, color, insípido y ausencia de contaminación fecal (Ocheli et al., 2020), no obstante estas fuentes

naturales de agua como el agua subterránea están expuestas a la contaminación por distintos contaminantes orgánicos, inorgánicos y microbiológicos (Cámara de Comercio de Lima, 2019; Cortez et al., 2019), la contaminación de las fuentes hídricas puede causar alteraciones así como en los elementos químicos y los compuestos propios del agua (Brousett et al., 2018), por tanto quien lo consume hace que esté expuesto a riesgos de patógenos, minerales y químicos tóxicos, los cuales pueden tener efectos graves en la salud humana.

La calidad del agua se determina de acuerdo a sus características físicas, químicas y bacteriológicas (OMS, 2011; Robles et al., 2012). Debido a la contaminación y ha diferentes actividades humanas la calidad del agua se viene deteriorando cada vez más rápido. El agua se puede convertir en un vehículo de transmisión de diferentes enfermedades debido a la falta de calidad microbiológica (Tarqui et al., 2016), la contaminación del agua con excrementos humanos y animales son los que mayores riesgos microbianos pueden llegar a generar, puesto que los excrementos pueden ser fuente de patógenos, como bacterias, virus, protozoos y helmintos, que pueden provocar enfermedades como la fiebre, tifoidea, cólera y disentería (OMS, 2011; Smith et al., 2012).

El problema del acceso y disposición de agua potable se da a nivel local, regional y nacional. Por lo que la ciudad de Juliaca no es ajena a esta situación problemática, ya que a causa del limitado acceso de agua potable en algunas zonas de la ciudad, estas se abastecen de agua a través de fuentes subterráneas, del 31.1% su principal fuente de agua provienen de pozos (Calsín, 2016), como es el caso del Parque Industrial Taparachi, donde no se cuenta con un adecuado suministro de agua de buena calidad, puesto que los pobladores y parte de la

industria se ven obligados de utilizar agua subterránea de pozo para su consumo y la realización de otras actividades, el agua generalmente es utilizada de manera directa, sin ningún previo tratamiento. En vista de la presente problemática se desarrolla el presente estudio, con el objetivo de evaluar la calidad del agua subterránea del Parque Industrial Taparachi y comparar el D.S. N°031-2010-SA, norma que regula la calidad del agua para el consumo humano, que tiene el propósito de asegurar su inocuidad, evitar factores de riesgos sanitarios, proteger y promover la salud y el bienestar de la población.

Este estudio se realizó en el Parque Industrial Taparachi situada en la ciudad de Juliaca, provincia de San Román, departamento de Puno, durante el mes de diciembre del año 2020, las coordenadas su ubicación es de 15°31'16" de latitud sur y 70°07'04" de longitud oeste, en el pozo de agua subterránea de la central de cooperativas CECOVASA LTDA.

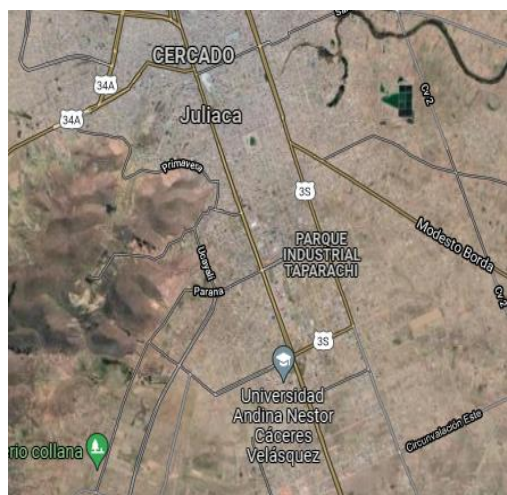


Figura 1. Ubicación del Parque Industrial Taparachi, por (Google Maps, n.d.), Retrieved Oct 28,2021, from <https://www.google.com/maps/place/Parque+Industrial+Taparachi,+Juliaca+21+104/@-15.5170602,-70.1241231,15z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x9167f471acd07817:0xe72973ed63419955!8m2!3d-15.5170955!4d-70.1128343>

Discusión

Las muestras del agua subterránea de pozo del Parque Industrial Taparachi fueron tomadas en frascos de polietileno, los cuales fueron debidamente refrigerados y sellados, para su posterior evaluación, dicha evaluación se realizó en el laboratorio CERTIMIN acreditado por INACAL. Para evaluar la calidad del agua se evaluaron parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, tales como el color, turbidez, pH, conductividad, TDS, cloruros, sulfatos, dureza total, metales totales y coliformes totales, los cuales se detallan en las siguientes tablas.

Tabla 1
Parámetros fisicoquímicos del agua subterránea de pozo

Parámetro evaluado	Resultados	Unidad de medida	Norma de calidad del agua D.S. N°031-2010-SA
Color	4.2	UCV	15
Turbidez	<1.0	NTU	5
pH	8.11		6.5 – 8.5
Conductividad	1050.0	µmho/cm	1500
TDS	679	mg/L	1000
Cloruros	121.3	mg/L	250
Sulfatos	161	mg/L	250
Dureza Total	573	mg/L	500

Los parámetros del agua subterránea como el color, turbidez, pH, conductividad, TDS, cloruros y sulfatos se aprecian que los valores están dentro de los límites máximos permisibles según indica la norma de calidad de agua D.S. N°031-2010-SA. El valor de referencia de la dureza de agua según dicha norma es de 500 mg/L, sin embargo, el valor de la dureza del agua presenta un valor de 573 mg/L, un valor más alto al límite máximo permisible del D.S. N°031-2010-SA, por tanto, no es apto para el consumo humano por exceder el límite máximo permisible.

La dureza del agua subterránea se debe a la presencia de los iones de calcio y magnesio (Qureshi et al., 2021). Según la Organización Mundial de la Salud, la dureza está en función del pH del agua, si presenta un valor mayor a 200 mg/L es considerada agua dura, la cual causa incrustaciones. Por lo que el agua de pozo del Parque Industrial Taparachi es considerada como agua dura por el alto valor de dureza total.

El agua dura indica que contiene un alto valor de minerales y cantidades variables de compuestos como las sales de magnesio y calcio (Rodríguez, 2009). (Calsín, 2016), en su estudio reportó valores de dureza total del agua 628.91 mg/L para pozos artesanales y 438.91 mg/L para pozos tubulares en el sector Taparachi III de la ciudad de Juliaca.

Tabla 2
Resultados de metales totales del agua subterránea de pozo

Parámetro evaluado	Resultados	Unidad de medida	Norma de calidad del agua D.S. N°031-2010-SA
Aluminio	<0.02	mg/L	0.2
Arsénico	0.040	mg/L	0.010
Bario	0.251	mg/L	0.700
Cadmio	<0.001	mg/L	0.003
Cobre	0.004	mg/L	2.0
Hierro	<0.01	mg/L	0.3
Manganeso	0.348	mg/L	0.4
Molibdeno	<0.004	mg/L	0.07
Sodio	108.55	mg/L	200
Níquel	0.016	mg/L	0.020
Plomo	<0.01	mg/L	0.010
Antimonio	<0.008	mg/L	0.020
Selenio	<0.02	mg/L	0.010
Zinc	0.007	mg/L	3.0

El análisis de metales totales, reportó la presencia de arsénico con un valor mucho mayor comparado al D.S. N°031-2010-SA. Por lo que no se cumple con dicho parámetro.

(Mamani, 2019), realizó el estudio de la contaminación del agua subterránea con arsénico en el distrito de Juliaca, donde determinó un valor de 0.0735 mg/L, es un valor mucho mayor a lo determinado que fue de 0.04 mg/L. (Chumbes, 2018), determinó la cantidad de arsénico en agua subterránea extraída en la ciudad de Juliaca-Taparachi Sector 3 el valor de 0.06 mg/L con un pH de 7.1. Estos valores de arsénico en el agua subterránea determinados sobrepasan los límites máximos permisibles establecido en el D.S. N°031-2010-SA. y de la Organización Mundial de la Salud que es de 0.01 mg/L.

El arsénico es un metaloide que en su forma inorgánica es altamente tóxico, la exposición a altos niveles de arsénico inorgánico se debe al consumo de agua contaminada según la (OMS, 2018). Las mayores concentraciones de arsénico se encuentran en aguas subterráneas, esto genera una gran preocupación ya que el arsénico en aguas subterráneas representa una amenaza para la salud humana (Duong et al., 2021; OMS, 2011). Se ha demostrado que el arsénico inorgánico produce cáncer en los seres humanos, si su concentración supera los límites máximos permisibles puede generar lesiones cutáneas, trastornos circulatorios, enfermedades cardiovasculares, enfermedades del hígado, neuropatías y enfermedades oculares (Das et al., 2012; SUNASS, 2004). Al estar expuestos al agua subterránea contaminada con arsénico inorgánico se puede llegar a generar la intoxicación por arsénico (arsenicosis), lo cual esto produce

consecuencias en la salud como, manchas negras en la piel, latidos cardiacos irregulares, insuficiencia orgánica, sistema inmunológico debilitado y trastornos del desarrollo (Singh et al., 2015).

Tabla 3
Parámetros microbiológicos del agua subterránea de pozo

Parámetro evaluado	Resultados	Unidad de medida	D.S. N°031-2010-SA	NTP 214.003
Coliformes Totales	2	NMP/100mL	0	Ausencia

Según el D.S. N°031-2010-SA, toda agua destinada para el consumo humano, debe de estar libre de bacterias coliformes totales, termotolerantes, *E.Coli*, virus, huevos y larvas de helmintos, quistes, entre otros organismo; sin embargo, el agua analizada reportó la presencia de Coliformes Totales con un valor de 2 NMP/100ml, no se cumple con lo establecido.

La presencia de coliformes en aguas subterránea se debe a las aguas residuales, y podría indicar la presencia de otros patógenos que lleguen a causar enfermedades transmitidas por el agua, lo cual esta genera una preocupación de salud pública (Masocha et al., 2019). Las enfermedades que pueden provocar la contaminación por patógenos son la tifoidea, fiebres, colera, disentería, diarreas (OMS, 2011; Smith et al., 2012).

Los resultados coinciden a los obtenidos por (Calsín, 2016), que obtuvo parámetros mayores a los LMP respecto a sulfatos, dureza, coliformes totales y fecales, en zonas cercanas (sector Taparachi III).

También (Tacuri, 2019), evaluó la calidad de agua en el sector circunvalación 2 en la ciudad de Juliaca obteniendo niveles altos de coliformes, dureza, sulfatos y cloruros; (Pancca, 2021), también evaluó la calidad de agua subterránea en los barrios 15 de agosto y San Salvador, encontrando niveles superiores a los LMP respecto a dureza, aluminio y coliformes.

Conclusiones

El agua subterránea de pozo del Parque Industrial Taparachi evaluada no es apta para consumo humano, debido a que los parámetros como la dureza total, arsénico y coliformes totales no cumplen la normativa de la calidad de agua de consumo humano D.S. 031-2010.

En el Parque Industrial Taparachi y zonas circundantes se debe realizar tratamiento al agua de subterránea de pozo como: filtros, cloración, ablandamiento, entre otros; para reducir arsénico, dureza, y parámetros microbiológicos; para cumplir con los parámetros mínimos de agua para consumo humano.

Revisión Bibliográfica

- Brousett, M., Chambi, A., Mollocondo, M., Aguilar, L., & Lujano, E. (2018). Evaluación físico-química y microbiológica de agua para consumo humano Puno - Perú. *Fides Et Ratio*, 15, 47–68. Recuperado de <http://fidesetratio.ulasalle.edu.bo/index.php/fidesetratio/article/view/42>
- Calsín, K. (2016). *Calidad física, química y bacteriológica de aguas subterráneas de consumo humano en el sector de Taparachi III de la ciudad de Juliaca, Puno - 2016* [Universidad Nacional del Altiplano]. Recuperado de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/4187>
- Cámara de Comercio de Lima. (2019). *El agua potable no llega a todos*. 1–40. Recuperado de https://www.cameralima.org.pe/repositorio/oaps/0/0/par/edicion863/la_camara_863.pdf
- Chumbes, J. (2018). *Reducción de arsénico en aguas subterráneas mediante el uso de alambre de hierro en diferentes concentraciones, Taparachi, Juliaca, 2018* [Universidad César Vallejo]. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/32871>
- Cortez, A., Santa Cruz, A., Hernández, A., & Romero, J. (2019). Análisis de la contaminación microbiológica (coliformes totales y fecales) en el río Huaura – 2018. *Big Bang Faustiniano*, 8(4), 17–20. <https://doi.org/10.51431/bbf.v8i4.556>
- Das, N., Paul, S., Chatterjee, D., Banerjee, N., Majumder, N., Sarma, N., Sau, T., Basu, S., Banerjee, S., Majumder, P., Bandyopadhyay, A., States, C., & Giri, A. (2012). Arsenic exposure through drinking water increases the risk of liver and cardiovascular diseases in the population of West Bengal, India. *BMC Public Health*, 12(1). <https://doi.org/10.1186/1471-2458-12-639>
- Duong, H., Tran, L., Vu, M., Nguyen, D., Tran, N., & Nghiem, L. (2021). Environmental Technology & Innovation A new perspective on small-scale treatment systems for arsenic affected groundwater. *Environmental Technology & Innovation*, 23. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.101780>
- Fernández, A. (2012). El agua: un recurso esencial. *Química Viva*, 11(3), 147–170.
- Google Maps. (n.d.). *Parque Industrial Taparachi*. Retrieved October 28, 1 B.C.E., from <https://www.google.com/maps/place/Parque+Industrial+Taparachi,+Juliaca+21104/@-15.5170602,-70.1241231,15z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x9167f471acd07817:0xe72973ed63419955!8m2!3d-15.5170955!4d-70.1128343>
- Mamani, W. (2019). Contaminación de las Aguas Subterráneas por Arsénico (As) el caso del distrito de Juliaca – Perú. *Revista Ñawparisun*, 1(4), 31–36.
- Masocha, M., Dube, T., & Dube, T. (2019). Integrating microbiological and physico-chemical parameters for enhanced spatial prediction of groundwater quality in Harare. *Physics and Chemistry of the Earth*, 112(January), 125–133. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2019.03.003>
- Ocheli, A., Otuya, O., & Umayah, S. (2020). Appraising the risk level of physicochemical and bacteriological twin contaminants of water resources in part of the western Niger Delta region. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(5). <https://doi.org/10.1007/s10661-020-08302-5>
- OMS. (2011). *Guías para la calidad del agua de consumo humano*. (Cuarta). Recuperado de <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/272403/9789243549958-spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- OMS. (2018). *Arsénico*. Recuperado de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/arsenic>
- Panca, E. (2021). *Diagnóstico del impacto por la existencia de letrinas en la calidad del agua subterránea para el consumo humano en los barrios 15 de Agosto Y San Salvador del distrito de Juliaca, San Román-Puno* [Universidad Nacional del Altiplano de Puno]. Recuperado de http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/15510/Panca_Mamani_Edwin.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Qureshi, S., Channa, A., Memon, S., Khan, Q., Jamali, G., Panhwar, A., & Saleh, T. A. (2021). Assessment of physicochemical characteristics in groundwater quality parameters. *Environmental Technology & Innovation*, 24. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.101877>
- Ríos, S., Agudelo, R., & Gutiérrez, L. (2017). Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. *Rev. Fac. Nac. Salud Pública*, 35, 236–247. <https://doi.org/10.17533/udea.rfnsp.v35n2a08>

- Robles, E., Ramírez, E., Dúran, Á., Martínez, M., & González, M. (2012). Calidad bacteriológica y fisicoquímica del agua del acuífero Tepalcingo-Axochiapan, Morelos, México. *Avances En Ciencias e Ingeniería*, 4(1), 19–28.
- Rodríguez, J. (2009). Parámetros fisicoquímicos de dureza total en calcio y magnesio , pH , conductividad y temperatura del agua potable analizados en conjunto con las Asociaciones Administradoras del Acueducto , (ASADAS), de cada distrito de Grecia , cantón de Alajuel. *Revista Pensamiento Actual*, 9(12), 125–134.
- SEMARNAT. (2013). Informe de la Situación del Medio Ambiente en México: compendio de estadísticas ambientales. In *Compendio de Estadísticas Ambientales. Indicadores Clave y de Desempeño Ambiental* (p. 358). <http://www.semarnat.gob.mx>
- Singh, R., Singh, S., Parihar, P., Pratap, V., & Mohan, S. (2015). Ecotoxicology and Environmental Safety Arsenic contamination , consequences and remediation techniques: A review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 112, 247–270. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2014.10.009>
- Smith, S., Ganiyu, O., John, R., Fowora, M., Akinsinde, K., & Odeigah, P. (2012). Antimicrobial resistance and molecular typing of *Pseudomonas aeruginosa* isolated from surgical wounds in Lagos, Nigeria. *Acta Médica Iranica*, 50(6), 433–438.
- SUNASS. (2004). *La calidad del agua potable en el Perú*. Recuperado de https://www.sunass.gob.pe/Publicaciones/agua_potable.pdfhttp://www.ghbook.ir/index.php?option=com_dbook&task=readonline&book_id=13650&page=73&chashk=ED9C9491B4&Itemid=218&lang=fa&tmpl=component
- Tacuri, R. (2019). *Determinación de la calidad de agua de pozos artesianos y sus aspectos ambientales asociados, Juliaca, Puno, 2018* [Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. Recuperado de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/8842>
- Tarqui, C., Alvarez, D., Gómez, G., Valenzuela, R., Fernandez, I., & Espinoza, P. (2016). Calidad bacteriológica del agua para consumo en tres regiones del Perú. *Rev. Salud Pública*, 18(6), 904–912. <https://doi.org/https://doi.org/10.15446/rsap.v18n6.55008>

Diseño e implementación de un aplicativo móvil de mantenimiento de celdas de flotación para plantas concentradoras

Design and implementation of a mobile application for maintenance of flotation cells for concentrator plants

Jorge Emilio Ricardo Yaya Lévano
eryl221@hotmail.com - Universidad María Auxiliadora, Lima
<https://orcid.org/0000-0002-3760-9739>

Freddy Martin Marrero Saucedo
freddymarrero@unh.edu.pe - Universidad Nacional de Huancavelica
<https://orcid.org/0000-0003-4610-158X>

Recibido el 01/12/21 | Aceptado el 27/12/21
DOI: <https://doi.org/10.47190/nric.v3i4.9>

Resumen

El presente estudio se realizó con la finalidad de optimizar el proceso de mantenimiento de las celdas de flotación de plantas concentradoras, mediante la implementación de un aplicativo móvil. El estudio se desarrolla dentro del marco de la investigación aplicada y tecnológica, con diseño experimental. La muestra estuvo constituida por 24 trabajadores que realizan el mantenimiento a un banco de celdas de flotación de una planta concentradora de minerales. Los resultados muestran en cuanto al nivel de manejo del aplicativo móvil, ninguno de los trabajadores considera que es muy alto o bajo, el 4.17% considera que es regular, el 12.50% considera que es alto y el 83.33% que es muy alto. En relación al nivel de satisfacción que brinda el aplicativo móvil, ninguno de los trabajadores considera que es muy bajo, bajo o regular, el 8.33% que el nivel de satisfacción es alto y el 91.67% es muy alto. En referencia al nivel de ayuda que brinda la aplicación en el desarrollo de las actividades de mantenimiento de las celdas de flotación, ninguno de los trabajadores considera que es muy bajo o bajo, el 4.17% consideran que es regular, el 8.33% consideran que es alto y el 79.16% consideran que es muy alto. Para el nivel de interacción que realiza el usuario operador con el aplicativo móvil durante el desarrollo de las actividades de mantenimiento de las celdas de flotación, ninguno considera el nivel muy bajo y bajo, el 8.33% considera que el nivel es regular, el 12.5% % considera que el nivel es alto y el 79.7% considera que el grado es muy alto. En el nivel de recomendación del uso del aplicativo móvil, ninguno de los trabajadores considera el nivel muy bajo o bajo, el 4.17% considera el nivel regular, el 8.33% considera el nivel alto y el 83.33% considera el nivel muy alto.

Palabras claves: *Aplicativo móvil de mantenimiento, Aplicativo móvil con inventor, aplicación móvil de celdas de flotación.*

Abstract

The present study was carried out in order to optimize the maintenance process of the flotation cells of concentrator plants, through the implementation of a mobile application. The study is developed within the framework of applied and technological research, with experimental design. The sample consisted of 24 workers who perform maintenance on a bank of flotation cells of a mineral concentrator plant. The results show Regarding the level of management of the mobile application, none of the workers consider that it is very low or low, 4.17% consider that it is regular, 12.50% consider that it is high and 83.33% that it is very high. Regarding the level of satisfaction provided by the mobile application, none of the workers considers it to be very low, low or regular, 8.33% that the level of satisfaction is high and 91.67% is very high. Regarding the level of help provided by the application in the development of maintenance activities of the flotation cells, none of the workers consider it to be very low or low, 4.17% consider it to be regular, 8.33% consider it to be high and 79.16% consider that it is very high. For the level of interaction that the operator user enhances with the mobile application during the development of the maintenance activities of the flotation cells, none considers the level very low and low, 8.33% consider that the level is regular, 12.5% consider that the level is high and 79.7% consider that the grade is very high. At the level of recommendation for the use of the mobile application, none of the workers consider the level very low or low, 4.17% consider the level regular, 8.33% consider the level high and 83.33% consider the level very high.

Keywords: Maintenance mobile application, Inventor mobile application, flotation cell mobile application.

Introducción

Las tecnologías, son herramientas que al ser utilizadas facilitan la creación, la administración e intercambio de información, su desarrollo de acuerdo al avance científico y tecnológico en un mundo globalizado, ha traspasado las barreras de la comunicación, reduciendo la brecha del hombre en la sociedad a nivel mundial en distintas áreas, especialmente en el desarrollo de las actividades laborales cotidianas, a través del uso de sistemas acordes a la naturaleza de la actividad laboral, alcanzando tal importancia en el ámbito empresarial, debido a que, toda empresa desarrolla nuevas tecnologías, así mismo, implementa y mejora sus sistemas de información, por lo que, es imprescindible su uso (Contreras y Rivero 2015). Por otro lado, permiten interactuar con el medio, proporcionando flexibilidad e inteligencia, en todos los sistemas complejos de nuestra sociedad, así como, en equipos que soportan las diferentes estructuras de nuestro medio social, tales como transporte, comunicaciones, energía, industria, minería, agricultura, educación, negocios, gobiernos, salud, entretenimiento entre otros, destacando entre ellos las aplicaciones móviles que, simplifican gran parte de los procesos de la vida cotidiana en cualquier área que se utilice, además, sirven como herramienta de apoyo para el desarrollo de la actividad laboral según su naturaleza (Filippi, Lafuente, Bertome 2016), funcionando a través de los dispositivos móviles, que pueden ser llevados a cualquier lugar y que tienen capacidad para conectarse a otros dispositivos, que permiten el acceso a una gran variedad de información para el uso de las aplicaciones móviles.

El diseño de aplicaciones móviles de peligros y riesgos, aportan beneficios en función del desarrollo de la actividad laboral que se esté realizando (Martín 2019), proporcionando alternativas de solución útiles y relevantes a los trabajadores para disminuirlos (Enriquez y Jimenez 2019), evitando consecuencias mayores que se puedan presentar posteriormente.

En el diseño de una aplicación móvil para prevención de riesgos laborales, es conveniente considerar que su utilización se encuentra condicionada de una gestión de seguridad, siempre y cuando se disponga de esta que, permita realizar cuestionarios

personalizados en materia de la actividad que se desarrolla (Oré 2018), además, permite conocer los riesgos, de acuerdo a la naturaleza de la actividad laboral.

Una de las técnicas más adecuadas y utilizadas para el desarrollo de estas aplicaciones es la plataforma Android, diseñada para dispositivos móviles de pantalla táctil como los Smartphone. Este sistema se basa en el kernel linux. (Asheri, Testa, Pizarro, Camiletti, Díaz 2014).

El sistema operativo de Android, tiene una orientación multiplataforma que, permite ser adaptado a diferentes hardware de los dispositivos móviles, venta en el desarrollo de una aplicación para dispositivos móviles, además es un software de código libre (Mosquera y Gómez 2018). El desarrollo del aplicativo móvil emplea el lenguaje de programación java Android, aceptando en algunos casos el desarrollo de interfaces. En ese sentido, en el diseño y desarrollo del aplicativo móvil, se ha utilizado el aplicativo Inventor de google education, que puede ser utilizada por cualquier persona sin tener conocimiento de programación (Moreno 2016).

De acuerdo a información de la guía de iniciación de App Inventor, esta aplicación permite diseñar aplicaciones desde las más elementales a las más complejas, que puede ser ejecutada por dispositivos móviles con sistema operativo Android. Esta aplicación tiene una característica de utilizar un lenguaje de programación de bloques, que sirven para enviar información al cerebro del dispositivo para saber qué hacer y cómo hacer en la solución de problemas. Por otro lado, este aplicativo tiene un sistema de simulación que funciona a través de un dispositivo, enviando información al dispositivo móvil, que permite realizar pruebas de la aplicación que se está diseñando.

Por otro lado, para el desarrollo de las aplicaciones móviles también se utiliza el mobile learning o m-learning, que implica el uso de los dispositivos computacionales móviles o que tienen acceso a telefonía e internet que permiten acceder a las aplicaciones móviles, videos, mensajes entre otros (Morales, Herrera, Fennema, Palavecino, Goñi 2014). además, personaliza la información de los proceso al

interactuar con los usuarios, brindando el soporte necesario al desarrollo de las actividades según su naturaleza, debido a un canal de flujo continuo, capaz de utilizar y proporcionar nueva información en función a la estructura de los dispositivos móviles (Rodríguez y Gutiérrez 2017), así mismo, su uso brinda una serie de ventajas como proporcionar información en el momento que es requerida por el usuario, ofrece una buena capacidad de registro y almacenamiento de la información, así mismo, es fácil de movilizar en el entorno laboral, tomando mayor importancia al proporcionar información relevante para la toma de decisiones en el desarrollo de la actividad laboral (Zamora 2019).

Por un lado, los aplicativos móviles son muy comunes hoy en día en los diferentes rubros del mundo empresarial, considerando las circunstancias y condiciones de la actividad laboral, se diseñan las aplicaciones adecuadas, utilizando las condiciones favorables que ofrece la plataforma Android, así, debido a la carencia de reportes y almacenamiento de reportes de las condiciones de peligro, (Montenegro y Rodríguez (2016), con el fin de convertir los procesos de registros, inspecciones, evaluaciones y controles respectivos, para conocer los factores decisivos en la reestructuración y la toma de decisiones, diseñaron un aplicativo móvil que permite registrar y enviar información precisa de acuerdo a las necesidades del usuario, empleando una metodología aplicada, mediante módulos operativos, así mismo en situaciones de alta peligrosidad en gestión de riesgos y siniestros generados por la actividad, Hausford (2013) desarrolló un aplicativo de captura y transmisión de datos, generado por sensores respecto a parámetros ambientales, diseñado en plataforma Android combinado con hardware programable o dispositivos móviles programables, utilizando placas xbee para la transmisión de datos.

Es en este sentido, que se considera las condiciones y características del proceso de mantenimiento de las celdas de flotación, teniendo en cuenta la información relevante en el diseño de la aplicación móvil.

Por otro lado, son muchas los problemas que se presentan al inspeccionar las celdas de flotación por la actividad que realiza y el periodo de funcionamiento, generando peligros y riesgos a los trabajadores por su exposición durante el desarrollo de la actividad laboral, por lo que es conveniente minimizar recursos durante su mantenimiento sin perjudicar la calidad, lo que equivale a disminuir los peligros y riesgos, por lo que es conveniente realizar un análisis estructural, que permita controlar la calidad de los componentes estructurales y mecánicos de las celdas de flotación. Para conseguir esto es necesario construir una matriz de peligros y riesgos para luego categorizarlos y evaluar el grado o nivel de peligro y riesgo, para realizar su mantenimiento posteriormente, considerando que el proceso de mantenimiento de las celdas de flotación se realiza de forma manual.

Para el desarrollo del análisis estructural, es necesario conocer las características básicas y elementales, uso y proceso de mantenimiento de las celdas de flotación, así mismo, el desarrollo de la actividad laboral del personal, el mismo que sirve para elaborar la matriz

IPER y su categorización, datos que son relevantes para el diseño del aplicativo móvil.

El desarrollo de la actividad laboral personal, es fundamentalmente el control del proceso de flotación por espumas. Este es realizado en celdas de flotación, cuya función principal es separar el mineral valioso de la pulpa mineral, previamente acondicionada con reactivos químicos.

Las celdas de flotación pueden ser mecánicas o neumáticas, siendo las primeras las de mayor uso en la industria minera para la concentración de minerales (Pezo 2014), además dentro de ellas encontramos dos sub clasificaciones, las de un solo tanque y las de varios tanques, en la industria minera es conocida como bancos de celdas de flotación.

El proceso de flotación se inicia con la mezcla del mineral finamente molido al cual se le ha adicionado agua, cal y reactivos químicos, para luego ser pasados a las celdas, donde se inicia la flotación en sí, removiendo y mezclando la pulpa a través de agitadores de paleta, a la vez que emerge una corriente de aire de la superficie inferior, originando las burbujas de aire arrastrando las partículas de mineral valioso y quedando en el fondo de las celdas la ganga.

Debido al trabajo que realizan las celdas de flotación y tipo de flotación que realiza, (cleaner o rougher), se realiza el mantenimiento periódicamente, según la necesidad o programación realizada por el responsable del mantenimiento, ya que se ven afectadas parcial o totalmente en algunas áreas, como en las paredes de las celdas por los reactivos que se utilizan, la temperatura y el pH, o también, el desgaste de alguna pieza que conforman las bombas de inyección de aire, las válvulas dardo entre otros, siendo necesario que la persona que realiza el mantenimiento de las celdas conozca los componentes. Así tenemos la válvula dardo, ubicadas entre la alimentación y descarga, cuyo funcionamiento es a través de sensores controlados desde la oficina de supervisión, el rotor y estator, la estructura de la celda, el revestimiento de jebe y de cerámica, mecanismo de agitación, paletas de jebe, líneas de inyección de aire, y el sistema de funcionamiento a través de la fuente de energía eléctrica. Bajo esta premisa se hace más fácil el mantenimiento de las celdas de flotación.

Por lo general el mantenimiento de las celdas de flotación se inicia con el aislamiento y bloqueo de las líneas de energía, para seguir con la inspección y reparación del feedbox, inspección y reparación de la válvula dardo, soldeo de esfuerzo de las estructuras, inspección y reparación de bombas de recuperación de agua. Proceso que se basa fundamentalmente a la inspección visual y reparación de los daños originados

El diseño e implementación de una aplicación móvil para el mantenimiento de las celdas de flotación, consigue la realización de las actividades visuales y manuales de acuerdo a las normas, procedimientos y parámetros establecidos para el desarrollo de las actividades propiamente dicha. Esta aplicación basada en la aplicación inventor 11 de google fluvstion y programada en lenguaje java, permite realizar las consultas respectivas según la necesidad de mantenimiento y circunstancia en que se encuentre

el operador o usuario, además, disminuye los peligros y riesgos a los que se encuentran expuestos los trabajadores que operan los bancos de celdas de flotación.

Material y Método

El estudio estuvo enmarcado en la metodología del enfoque cuantitativo con diseño experimental de tipo aplicado (Hernández, Fernández y Baptista 2014), así como, tecnológica (Cerrón 2011). El material utilizado estuvo constituido por 24 trabajadores que realizan el mantenimiento a un banco celdas de flotación de una planta concentradora de minerales.

Procedimiento

El procedimiento empleado para el desarrollo del estudio se basó en las etapas de identificación de peligros, evaluación de riesgos y determinación de controles respectivos de las celdas de flotación, para la elaboración de la matriz IPWRC (identificación de peligros y evaluación de riesgos y controles), las actividades (procedimiento técnicas) de mantenimiento de un banco de celdas de flotación de una planta concentradora de minerales y, la construcción del aplicativo móvil para Android.

Determinación de la identificación de peligros y riesgos en el mantenimiento de celdas de flotación

La identificación de peligros y evaluación de riesgos, y determinación de controles o matriz IPERC se ha desarrollado específicamente para el mantenimiento de un banco de celdas de flotación de una planta concentradora de minerales, de acuerdo a los procedimientos y técnicas empleados para dicho fin, siendo consideradas no rutinarias debido a que se realizan periódicamente de acuerdo a la programación propuesta, su construcción se realizó siguiendo los parámetros de la Gestión de riesgos, considerando la identificación de la actividad, identificación del peligro, evaluación del riesgo, identificación de las consecuencias del riesgo, el proceso, y control del riesgo y riesgo aceptable, identificación de los controles, evaluación del riesgo residual y evaluación de las medidas de control, de acuerdo al siguiente esquema:

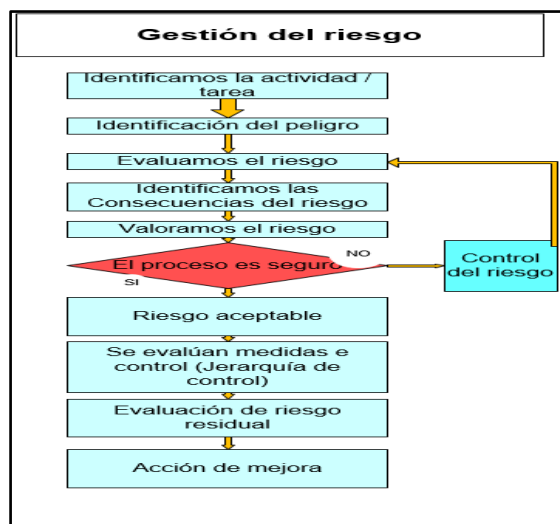


Figura 1: Gestión de riesgos

De acuerdo a este procedimiento, se identificaron 7 actividades de mantenimiento de celdas de flotación, las mismas que fueron clasificadas de acuerdo al nivel de riesgo que presentan, en 15 de alto riesgo, 2 de riesgo moderado medio, 10 de bajo riesgo, determinándose los controles técnico administrativo respectivos para disminuir los peligros y riesgos existentes. Esta información proporcionó datos que fueron jerarquizar y estandarizados de acuerdo a la tabla 1, y que sirve para diseñar la aplicación móvil:

Tabla 1
Jerarquización y estandarización de peligros y riesgos

N°	Peligros	Riesgos
1	Actividad desarrollada en altura	Celdas en diferentes niveles
2	Aberturas en las plataformas de pisos plataformas y pasillos	Celdas a diferentes niveles
3	Actividades desarrolladas a temperatura caliente	Quemaduras Incendios
4	Actividades desarrolladas en espacios reducidos	Atmósfera cargada
5	Actividades desarrolladas en fase operativa de equipos de carga	Caída de cargas suspendida Volcaduras en maniobras Contacto con líneas eléctricas Colisión con equipos móviles
6	Actividades desarrolladas en equipo con carga de energía temporal	Contacto con sustancias peligrosas Contacto con energía eléctrica
7	Contacto con equipos con carga energética	Atrapamiento Contacto con sustancias peligrosas Contacto con energía eléctrica
8	Actividades desarrolladas con equipos o herramientas de carga energética o poder	Golpes e distintas partes del cuerpo Electrocución
9	Actividades desarrolladas con equipos o herramientas manuales	Golpes en distintas partes del cuerpo
10	Otras actividades específicos en el área de análisis	De acuerdo al peligro identificado
11	Generación de residuos	Contaminación del suelo
12	Manipulación de carga	Sobre esfuerzo

Identificación del proceso de mantenimiento de celdas de flotación

Las actividades de mantenimiento de las celdas de flotación se realiza por etapas, La primera es el traslado de equipos y herramientas, la segunda, inspección y reparación de feedbox, que viene a ser el bloqueo y monitoreo de gases para continuar con el proceso, inspección y regulación de la válvula dardo, es el desmontaje de la válvula dardo para su inspección y mantenimiento, la cuarta, inspección y mantenimiento de agitación, inspección y mantenimiento del sistema de agitación y ajuste de pernos y canaletas, la quinta, sondeo de esfuerzo de estructuras, es la inspección y soldadura de las celdas dañadas, la sexta, inspección de bombas de agua de recuperación, es la inspección y mantenimiento, si se encuentran fallas, se realiza el cambio, sino, se sigue con el proceso, la séptima, traslado de los deshecho, limpieza del medio a sus contenedores, la octava, desbloqueo del equipo y cierre de operaciones, se desbloquea todo el equipo para su funcionamiento, y la última traslado de equipos y herramientas.

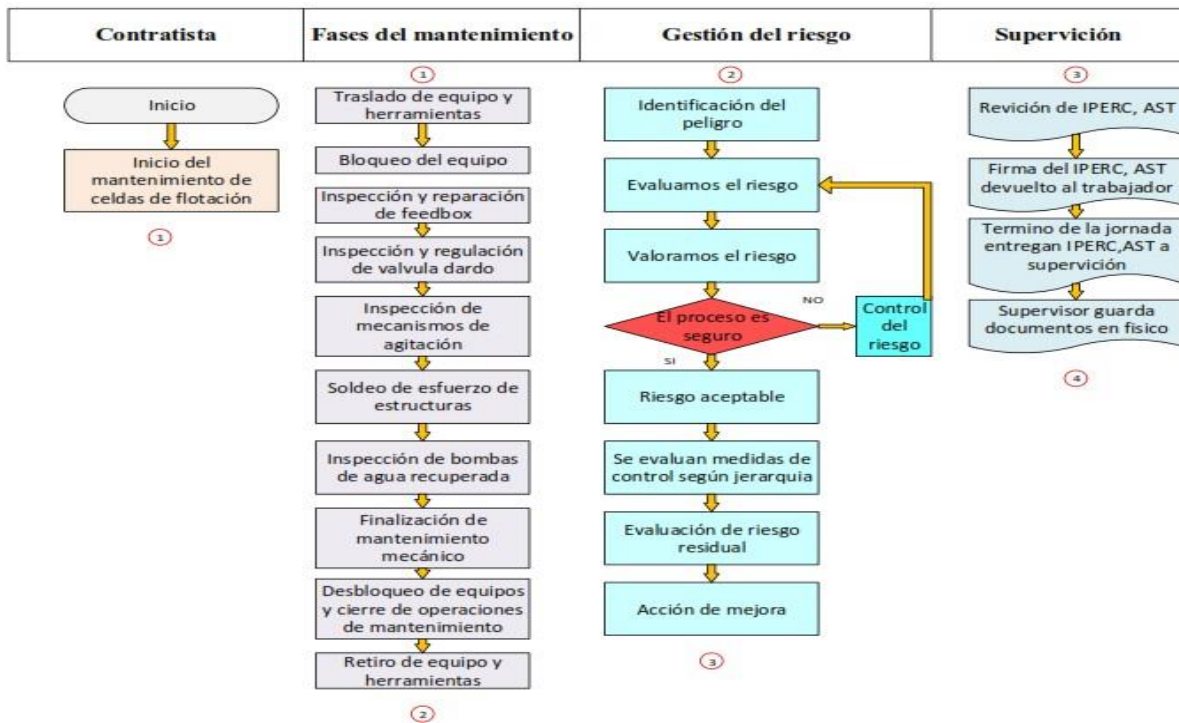


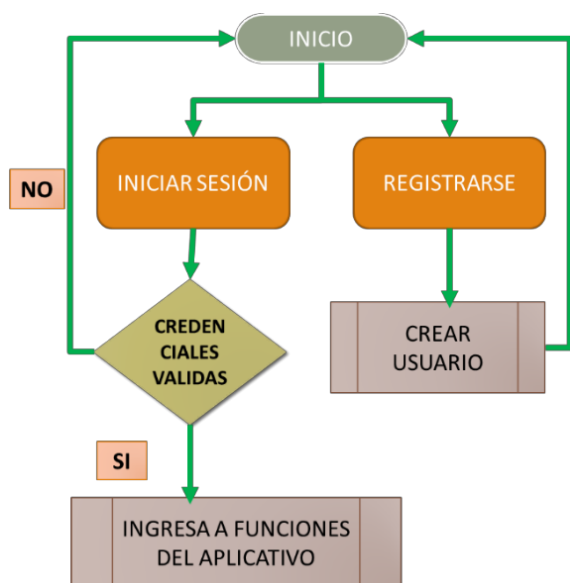
Figura 2. Etapas del mantenimiento de las celdas de flotación

Diseño del aplicativo móvil

Para el diseño del aplicativo móvil de mantenimiento de celdas de flotación, se utilizó la herramienta App Inventor versión 2019 de google education, el lenguaje de programación empleado fue el Java, a través de bloques o fases.

El diseño del aplicativo de mantenimiento de celdas de flotación, consta de una serie de fases, según lo requerido, que se desarrollan directamente en la aplicación inventor versión 2019:

Diseñar e implementar el registro del usuario. Proporciona el registro y clave del usuario para iniciar el trabajo de consulta relacionado al tema de mantenimiento de celdas de flotación.



- Bienvenida y opciones. Da la bienvenida al usuario y proporciona un manejo de funcionalidades con las soluciones respectivas a cada caso que se presenta.
- Llenado de la matriz IPERC. Proporciona información técnica del llenado de la matriz IPERC, en base a la experiencia técnica y profesional.
- Implementación de la matriz IPERC. Permite realizar la evaluación del riesgo y reevaluar las medidas de control que se proponen.
- IPERC del mantenimiento de celdas de flotación. Interactúa con el trabajador con información sobre actividades, peligros y riesgos del proceso de mantenimiento.
- Información de la normativa vigente. Proporciona información de la normativa vigente relacionada con la seguridad y salud en el trabajo.
- Otras informaciones relevantes. Proporciona información relevante a información técnica del proceso e cuestión.

Evaluación del conocimiento. Proporciona un sistema de evaluación relacionada a la matriz IPERC de las celdas de flotación.

Resultados

A continuación, se muestra la tabla 2, con información proporcionada por los trabajadores, relacionada al nivel de facilidad de manejo de la aplicación de mantenimiento de celdas de flotación de planta concentradora.

Tabla 2
Nivel de facilidad de manejo de la aplicación móvil de mantenimiento de celdas de flotación

	Muy bajo	bajo	regular	alto	Muy alto	Total
Frecuencia	0	0	1	3	20	24
Porcentaje	0.00	0.00	4.17	12.5	83.33	100

De acuerdo a la tabla 2, de los 24 trabajadores que realizan el mantenimiento a las celdas de flotación de plantas concentradoras, ninguno considera que el nivel de facilidad de manejo del aplicativo móvil es muy bajo o bajo, el 4.17% manifiesta que el nivel de manejo es regular, el 12.50% manifiesta que el nivel de manejo es alto y el 83.33% manifiesta que el nivel de manejo es muy alto.

A continuación la tabla 3, muestra la tabla 3, con información relacionada con el de satisfacción que brinda el uso de la aplicación de mantenimiento de celdas de flotación.

Tabla 3
Nivel de satisfacción brinda la aplicación de mantenimiento de celdas de flotación.

	Muy bajo	bajo	regular	alto	Muy alto	Total
Frecuencia	0	0	0	2	22	24
Porcentaje	0.00	0.00	0.00	8.33	91.67	100

De acuerdo a la tabla 3, de los 24 trabajadores, ninguno considera que el nivel de satisfacción de uso del aplicativo móvil es muy bajo, bajo o regular, sin embargo, el 8.33% considera que el nivel de satisfacción que le brinda la aplicación es alto y el 91.67% considera que el nivel de satisfacción es muy alto.

A continuación se muestra la tabla 4, con información relacionada al nivel de ayuda que le brinda la aplicación de mantenimiento de celdas de flotación, en el desarrollo de sus actividades laborales propias.

Tabla 4
Nivel de ayuda que brinda la aplicación de mantenimiento de celdas de flotación en el desarrollo de las actividades propias

	Muy bajo	bajo	regular	alto	Muy alto	Total
Frecuencia	1	1	1	2	9	24
Porcentaje	4.47	4.17	4.17	8.33	79.16	100

De acuerdo a la tabla 4, de los 24 trabajadores el 4.7 % consideran que el nivel de ayuda es muy bajo, el 4.17% consideran que es bajo, el 4.17 consideran que es regular, el 8.33 % consideran que es alto y el 79.16% consideran que es muy alto.

A continuación se presenta la tabla 5 con información proporcionada por los trabajadores, relacionada al nivel de interacción del trabajador con la aplicación, ante cualquier duda que presentada en el desarrollo de la actividad laboral del mantenimiento de celdas de flotación.

Tabla 5
Nivel de interacción del trabajador con la aplicación móvil del mantenimiento de celdas de flotación

	Muy bajo	bajo	regular	alto	Muy alto	Total
Frecuencia	0	0	2	3	19	24
Porcentaje	0.00	0.00	8.33	12.5	79.17	100

De acuerdo a la tabla 5, de los 24 trabajadores ninguno considera el nivel muy bajo y bajo en la interacción de la aplicación entre el trabajador y la aplicación móvil del mantenimiento de celdas de flotación, ante las dudas que se presentan en el desarrollo de la actividad laboral, el 8.33% considera que el nivel es regular, el 12.5% % considera que el nivel es alto y el 79.7% considera que el grado es muy alto.

A Continuación se muestra la tabla 6, con información proporcionada por los trabajadores, relacionada con el nivel de recomendación para el uso del aplicativo de mantenimiento de celdas de flotación.

Tabla 6
Nivel de recomendación para el uso del aplicativo móvil de mantenimiento de celdas de flotación

	Muy bajo	Bajo	regular	alto	Muy alto	Total
Frecuencia		1	1	2	20	24
Porcentaje	0.00	4.17	4.17	8.33	83.33	100

De acuerdo a la tabla 6, de los 24 trabajadores, ninguno considera el nivel de recomendación muy bajo o bajo, el 4.17% considera el nivel de recomendación regular, el 8.33% considera el nivel de recomendación alto y el 83.33% considera el nivel de recomendación muy alto.

Discusión de resultados

El desarrollo del aplicativo móvil de mantenimiento de celdas de flotación para plantas concentradoras de minerales como en el análisis de los resultados obtenidos, merecen ser discutidos independientemente.

Identificación de peligros y riesgos

En este rubro, queda entendido que para poder identificar los peligros y riesgos es necesario contar con un sistema de gestión de riesgos, que permita el análisis paso a paso de cada actividad que se realiza en el procedimiento de mantenimiento de las celdas de flotación, permitiendo la identificación del peligro y la evaluación del riesgo, así como la evaluación del control del riesgo.

Por un lado, es necesario considerar, que este análisis se basa en la evaluación del procedimiento de mantenimiento que realizan los trabajadores, teniendo en cuenta las características y procesos que se utilizan, así como, las normas estándares y especificaciones de operatividad, que son indispensables para determinar si las celdas se encuentran en las condiciones óptimas para su utilización, tal cual utiliza Pezo (2014) cuando realiza las actividades de mantenimiento de las celdas de flotación en forma manual, teniendo una observación más directa de los defectos y problemas que

presentan los accesorios y partes mecánicas, así como de las celdas de flotación propiamente dichas, Este análisis no solo se realiza a las celdas de flotación, también debe incluir todas las partes mecánicas y accesorios que intervienen en el funcionamiento de las celdas.

Por otro lado, la información proporcionada por el análisis de la gestión de riesgos, nos permite identificar y clasificar los peligros y riesgos para ser utilizados en el diseño de la aplicación móvil, que, de acuerdo a Montenegro y Rodríguez (2016), esta información sirve para el almacenamiento de información en las consultas respectivas que pueda realizar el operador durante su actividad, así mismo, en su propuesta de uso a través de sensores para identificar el riesgo, Hausfor (2013) considera que a través de la utilización en el diseño del sistema móvil esta información se pueden prevenir los peligros y riesgos oportunamente, evitando consecuencias mayores.

Diseño de la aplicación móvil

La propuesta del aplicativo móvil, utilizando la App inventor facilita el diseño desde el momento que es viable programar sin tener conocimiento de programación, una ventaja que puede ser utilizada por cualquier persona, además los bloques sobre los cuales se puede trabajar las interfaces, son de gran utilidad para el usuario operador, pues permite visualizar la información correcta de acuerdo a la normatividad y especificaciones, así como, para la solución de problemas, relacionada según la consulta realizada para la actividad a fin de disminuir los peligros y riesgos.

Por otro lado, la implementación de esta aplicación en un dispositivo móvil, brinda gran facilidad al usuario operador, ya que puede ser transportado a cualquier lugar, facilitando la actividad laboral, además, su funcionamiento se encuentra condicionado al internet.

Son diversas las metodologías y técnicas propuestas para el diseño de aplicaciones móviles, tal como lo sostienen Gasca, Camargo y Medina (2014), considerando siempre las nuevas tecnologías y herramientas propuestas, con la finalidad de crear o diseñar aplicativos que faciliten el desarrollo de las actividades laborales en distintas áreas del contexto laboral diario. En base a esta premisa el diseño de aplicaciones móviles es utilizado en los diferentes campos empresariales tratado por Moreno 2019, que a manera de solucionar los problemas que se pueden presentar en el caso de incendios utiliza aplicaciones que funcionan a través de sensores, así mismo, el diseño de estas aplicaciones hoy en día puede ser realizado por herramientas que ofrecen las diversas plataformas, en ese sentido, Moreno 2016, utiliza la aplicación inventor, evidenciando que el desarrollo de aplicaciones móviles ofrecen un alto nivel de facilidad al usuario operador en el uso, además, puede ser implementado en las plataforma de cualquier dispositivo móvil que tenga Android, así mismo en la guía de manejo del aplicativo inventor establece la ventaja de programar en bloques, facilitando de esta manera la información más pertinente para el usuario.

En cuanto a la opinión de los usuarios operadores de la aplicación móvil que realizan las diferentes

actividades de mantenimiento de las celdas de flotación, se observa una gran aceptación, así en la tabla 2 en cuanto al manejo del aplicativo el 95.83% considera que el nivel de facilidad de manejo es alto o muy alto, 4.17% considera que es regular, esto pone de manifiesto el conocimiento que tienen los operadores en referencia a la manipulación de aplicaciones en dispositivos móviles táctiles con conexión a internet. En relación a los resultados de la tabla, 3, sobre la satisfacción que le brinda el uso de la aplicación, el 100% de los operadores se considera que el nivel de satisfacción es alto o muy alto, ya que proporciona la información requerida y oportuna para y durante el desarrollo de sus actividades laborales, realizando mejor su trabajo. En referencia al nivel de ayuda que les brinda la aplicación el 95.83% considera que alto o muy alto, ya que durante el desarrollo de sus actividades realizan las consultas respectivas para la toma de decisiones más acertada. En cuanto al nivel de interacción entre los operadores usuarios y la aplicación móvil, el 91.67% tiene un nivel de interacción alto o muy alto, indicador que supone la utilización constante de la aplicación por los operadores durante el desarrollo de sus actividades laborales. En cuanto al nivel de recomendación para el uso del aplicativo móvil el 95.83% considera que es alto y muy alto para el uso respectivo, debido a las ventajas que ofrece en el nivel de ayuda e interacción y facilidad de manejo para realizar las consultas respectivas por los usuarios interesados durante el desarrollo de las actividades de mantenimiento de las celdas de flotación.

En referencia al mantenimiento de las celdas de flotación y el desarrollo de las actividades que determina la realización de las actividades, desde la perspectiva Collantes (2017), al realizar estas actividades en forma manual, considera la demanda de un tiempo prudencial y la experiencia del operador para su ejecución, considerando la optimización de acuerdo a esta experiencia y conocimiento, en contraste con la propuesta de Enriquez y Jimenez (2019), que a través de una aplicación móvil se pueden disminuir los tiempos en la actividad laboral, ya que permite al operador la interacción con la aplicación, la misma que le brinda la información respectiva, acorde a la consulta realizada, así mismo, su uso disminuye los peligros y riesgos de los trabajadores, así como Montenegro y Rodríguez, que utilizando un aplicativo móvil lograron disminuir los riesgos y peligros, optimizando el proceso, logrando que los usuarios operadores logren interactuar con la aplicación realizando las consultas respectivas durante el desarrollo de sus actividades laborales.

Conclusiones

En cuanto al nivel de manejo del aplicativo móvil, ninguno de los trabajadores considera que es muy bajo o bajo, el 4.17% considera que es regular, el 12.50% considera que es alto y el 83.33% que es muy alto.

En relación al nivel de satisfacción que brinda el aplicativo móvil, ninguno de los trabajadores considera que es muy bajo, bajo o regular, el 8.33% que el nivel de satisfacción es alto y el 91.67% es muy alto.

En referencia al nivel de ayuda que brinda la aplicación en el desarrollo de las actividades de mantenimiento de las celdas de flotación, ninguno de los trabajadores considera que es muy bajo o bajo, el 4.17 consideran que es regular, el 8.33 % consideran que es alto y el 79.16% consideran que es muy alto.

Para el nivel de interacción que realiza el usuario operador con el aplicativo móvil durante el desarrollo de las actividades de mantenimiento de las celdas de flotación, ninguno considera el nivel muy bajo y bajo, el 8.33% considera que el nivel es regular, el 12.5% % considera que el nivel es alto y el 79.7% considera que el grado es muy alto.

En el nivel de recomendación del uso del aplicativo móvil, ninguno de los trabajadores considera el nivel muy bajo o bajo, el 4.17% considera el nivel regular, el 8.33% considera el nivel alto y el 83.33% considera el nivel muy alto.

Referencias Bibliográficas

- Asheri M. E., Testa O. Pizarro R., Camiletti P., Díaz L., (2014). Desarrollo de aplicaciones con dispositivos móviles con sistema Android para la enseñanza aprendizaje de matemática en el nivel medio. Análisis de la inclusión de dichos dispositivos. XVI Worchop de investigadores en Ciencias de la Computación. Universidad Nacional de la Pampa. Uruguay.
- Cajilima A. J. R. (2015). Desarrollo de una aplicación para dispositivos móviles que permita administrar pedidos y controlar ruta de los vendedores aplicada a la empresa Juan Eljuri Cia. Ltada. División perfumería. Tesis para optar el título de Ingeniero de Sistemas. Universidad Politécnica de Cuenca. Cuenca. Ecuador.
- Cegarra S. J. (2011). Metodología de la Investigación Científica y Tecnológica. Edit. Edit. Diaz de Santos S.A España.
- Collantes G. M. M. (2017). Mantenimiento preventivo en las celdas de flotación KYF – 300 para mejorar la productividad en la planta de cobre Chinalco Tesis para optar el título de Ingeniero Industrial. Universidad Privada del Norte. Trujillo. La Libertad . Perú
- Contreras Y. T, Rivero C. J., (2015). Desarrollo tecnológico, sostenibilidad, la gestión del conocimiento y el desarrollo social. Universidad de Cienfuegos. Cuba. Revista Universidad y Sociedad Vol 7. N° 3. Cienfuegos. Setiembre-diciembre 2015.
- Enriquez r. N. L, Jiménez G. J. (2019). Creación de una aplicación de prevención en peligro eléctrico. Tesis para optar el título de segunda especialidad en Seguridad y Salud en el Trabajo. Universidad Santiago de Cali. Cali. Colombia.
- Filippi J. L., Lafuente G., Bertome R. (2016). Aplicación móvil como medio de difusión. Universidad de Zulia Venezuela. Revista Multiciencias V pp 336 – 341. ol 16. N° 3.
- Gasca M. M. C., Camargo A. L. L. Medina D. B. (2014) Metodología para el desarrollo de aplicaciones móviles. Universidad Francisco José de Caldas. Bogotá Colombia. Revista Tecura Vol. 18 N° 40 abril – junio 2014 pp 20 – 35
- Guía de iniciación App Inventor, revisado el 27 de abril de 2021. Disponible en: <https://codeweek.eu/docs/spain/guia-iniciacion-app-inventor.pdf>
- Hausdorsf D. J. E. (2013). Prototipo de interface safety for fire fighters con módulos xbee sobre Android y sqlite. Tesis para optar el título de ingeniero informático. Universidad Austral de Chile.
- Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, LP. (2014). *Metodología de la Investigación*. 6ª ed. México: McGraw- Hill.
- Martín M. S. N. (2019). Diseño de una aplicación móvil para la Gestión de peligros en una compañía de entrenamientos. Tesis de segunda especialidad en Gestión de proyectos de ingeniería. Universidad Francisco José de Caldas. Bogota. Colombia.
- Montenegro A. P. A., Rodríguez B. M. (2016). Levantamiento de la documentación dentro de la fase de la estructura conceptual en el diseño de una aplicación móvil para el reporte del comportamiento y condiciones peligrosas en cuanto a condiciones de seguridad, salud y ambiente en el trabajo. Tesis para optar el título de segunda especialidad en Seguridad y Salud en el Trabajo. Universidad Francisco José de Caldas. Colombia.
- Morales M. I., Herrera S. I., Fennema M. C., Palavecino R. Goñi J. I. (2014). Diseño de estrategias m-learning. Desarrollo de aplicaciones. XVI Workshop de investigadores en ciencias de la Computación. Universidad Nacional de Cajamarca. Perú.
- Moreno P. (2016). Desarrollo de aplicaciones móviles para Android IT App inventor 2. Universidad del desarrollo. Revisado 27 de abril de 2021. Disponible en: <https://www.bolanosdj.com.ar/MOVI/LENGUA/JES/Usando-MIT-App-Inventor-2.pdf>
- Mosquera G. J. F., Gómez T. J. H. (2018). Desarrollo de una aplicación para dispositivos móviles en Android para la solicitud y gestión de servicios de reparaciones domésticas. Tesis para optar el título de Ingeniero informático. Universidad Autónoma de Occidente. Cali. Colombia.

- Oré C. J. J. (2018). Desarrollo de una aplicación móvil de alerta de incidencias de seguridad ciudadana en el distrito de San Jerónimo. Tesis para optar el título de Ingeniero de Sistemas. Universidad Nacional José María Arguedas. Andahuaylas. Apurímac Perú.
- Pezo P. R. J. (2014). Diseño y construcción a nivel de laboratorio de una celda de flotación por aire forzado aplicados a minerales sulfurados de cobre. Tesis para optar el título de Ingeniero Metalúrgico. Universidad Nacional De San Antonio Abad del Cuzco. Perú.
- Rodríguez A. J., Gutiérrez F. J. (2017). Impacto del m-learning en el proceso de aprendizaje: habilidades y conocimiento. . Universidad Autónoma de México. Revista Iberoamericana, para la investigación y desarrollo educativo. Vol 8 N° 15. Julio - diciembre2017.
- Zamora D.R. (2019). M-learning, las ventajas de utilización de dispositivos móviles en el proceso autónomo de aprendizaje. Revista de ciencias Humanísticas y Sociales Vol 4 N° 3 Diciembre de 2019.

Metodología de trabajo Six Sigma para la mejora de las Pymes en la industria textil

Six Sigma work methodology for the improvement of smes in the textile industry

Samuel Quispe Mamani
s.quispe@unaj.edu.pe - Universidad Nacional de Juliaca
<https://orcid.org/0000-0002-2636-8140>
Milton Edward Humpiri Flores
mhumpiri@unaj.edu.pe - Universidad Nacional de Juliaca
<https://orcid.org/0000-0001-5743-2064>
Jean Roger Farfán Gavancho
jfarfan@unaj.edu.pe - Universidad Nacional de Juliaca
<https://orcid.org/0000-0001-9224-6419>

Recibido el 02/12/21 | Aceptado el 28/12/21
DOI: <https://doi.org/10.47190/nric.v3i4.10>

Resumen

El presente artículo tiene la finalidad de emplear la metodología de trabajo Six Sigma en la industria textil peruana, inventado como un indicador para medir defectos y mejorar la calidad (implementado por Motorola en 1986), posteriormente evoluciona para convertirse en una metodología. La implementación de esta metodología permite alcanzar mejores niveles de productividad y competitividad empresarial con la finalidad de la mejora continua en la calidad, servicios y satisfacción del cliente. Juliaca es una ciudad de desarrollo continuo gracias a su eje comercial, manufacturero y que va en crecimiento la demanda de la industria textil. Viendo la realidad de este auge en las PYMES de la industria textil se ha observado que no cuentan con un sistema de calidad en los procesos de producción, limitando detectar errores en las áreas de corte, confección y acabados, no garantizando una calidad perfecta de la producción, para así reducir los costos de producción y haya una mejora en su productividad. Las PYMES tienen un desconocimiento de esta nueva filosofía, es por ello que el presente estudio corresponde a un enfoque cualitativo, diseño sistemático, cuya técnica fue el análisis documental. La conclusión que se tuvo fue: El Six Sigma proporciona a las empresas una herramienta orientada a mejorar la capacidad de sus procesos, aumentando el rendimiento y disminuyendo la variación, con el propósito de reducir los defectos y aumentar la calidad del producto.

Palabras claves: *Competitividad, industria textil, productividad, PYMES, Six Sigma.*

Abstract

The purpose of this article is to use the Six Sigma work methodology in the Peruvian textile industry, invented as an indicator to measure defects and improve quality (implemented by Motorola in 1986), later it evolves to become a methodology. The implementation of this methodology allows to achieve better levels of productivity and business competitiveness with the aim of continuous improvement in quality, services and customer satisfaction. Juliaca is a city of continuous development thanks to its commercial and manufacturing axis, and the demand for the textile industry is growing. Seeing the reality of this boom in the SMEs of the textile industry, it has been observed that they do not have a quality system in the production processes, limiting the detection of errors in the areas of cutting, making and finishing, not guaranteeing a perfect quality of the production, in order to reduce production costs and have an improvement in its productivity. SMEs have a lack of knowledge of this new philosophy, which is why this study corresponds to a qualitative approach, systematic design, whose technique was documentary analysis. The conclusion reached was: Six Sigma provides companies with a tool aimed at improving the capacity of their processes, increasing performance and decreasing variation, with the purpose of reducing defects and increasing product quality.

Keywords: *Competitiveness, textile industry, productivity, SMEs, Six Sigma.*

Introducción

El sector textil es la tercera actividad con mayor contribución al PBI manufacturero; tiene 6,4% de participación, frente a otras industrias (productos no metálicos y refinación petrolera), que generan aproximadamente 400 mil empleos anuales y representa el 26,2% de la población manufacturera, el cual equivale al 2,3% a nivel nacional. Otro aspecto importante de este sector, es que, por estar entrelazado con otros sectores como el agrícola, ganadero, químicos, plásticos y fibras manufacturadas genera 900 mil puestos de trabajo de forma indirecta (Sociedad Nacional de Industrias, 2021). La industria textil representa el 30,6% del tejido empresarial manufacturero, esta es la actividad industrial de mayor participación. Para acercarnos aún más a la problemática, solo en el año 2020 la producción del sector textil cayó 32,1% como consecuencia del retroceso que experimentó el subsector confecciones, con una variación negativa del 35,9% y el subsector textil, con 25,7% menos. Tomando como referencia el año 2012, cuyo nivel de producción fue 100, al año 2019 se estaría hablando de un nivel de producción de 77.6 (SNI, 2021). La pandemia generada a raíz del COVID-19, fue un factor que ha generado una reducción importante en el sector textil, por el cierre repentino de las plantas de producción, pero una vez implementado los protocolos sanitarios y la reactivación paulatina de las actividades, en el subsector textil se ha observado una lenta recuperación después de su caída de 93.3% en el año 2020. En diciembre del mismo año, el subsector reportó un crecimiento después de haber permanecido casi 30 meses seguidos presentando cifras negativas. Cabe destacar que para el año 2020, las exportaciones registraron una contracción de 27% esto debido a la paralización de actividades y dificultades en las logísticas de aduanas por la emergencia sanitaria, pero en los últimos cinco años antes de la pandemia, el déficit en la balanza comercial del sector textil, se había visto afectado debido a las importaciones cada día mayores (SNI, 2021). Para lograr revertir esta tendencia negativa en la productividad de la industria textil, es necesario realizar un estudio de los factores que inciden en este fenómeno, que seguramente aparte de apuntar a los problemas económicos característicos del país, también incluye los aspectos específicos y técnicos

del proceso productivo textil (Yépez et al., 2019). Por lo que, es de suma importancia que desde ya, los directivos busquen metodologías de éxito probado, que permitan mejorar la calidad, como el Six Sigma que proporciona a las empresas una herramienta orientada a mejorar la capacidad de sus procesos aumentando el rendimiento y disminuyendo la variación con el propósito de reducir los defectos y aumentar la calidad del producto (Felizzola & Luna, 2014). La aplicación de esta metodología no solo conlleva a las empresas a alcanzar un beneficio económico a través del aumento de su productividad y la disminución de varios costos como mano de obra y costos de producción (Barrera et al., 2017); si no también, se evita el reproceso y se disminuye el desperdicio de material, de manera que contribuye con el ambiente, al elevar el uso eficiente de los mismos ya su vez ayuda a reducir las pérdidas de energía derivada de la producción de residuos (Herrera et al., 2017). Six Sigma en la Industria Textil. En los años ochenta se inicia la productividad en serie de los componentes electrónicos ya su vez la importación hacia América de Japón, los cuales presentaban alta calidad a bajo costo, estos hechos obligaron a las empresas a mejorar la calidad de los productos que ofrecían; para ello, se introdujeron una gama de decisiones buscando la mejora de la calidad; siendo el Six Sigma una de ellas, la cual es una herramienta que fue introducida por Motorola, a comienzo de esta década, que consiste en buscar la disminución de los desperfectos a 3,4 partes por millón para los productos y los procesos claves que realizan las organizaciones (Calderón et al., 2019). Para lograr esta compleja tarea se requiere implementar de forma eficaz principios estadísticos y otras herramientas para determinar la realidad empresarial y sus problemas de calidad (Navarro et al., 2017).

La calidad ofrece una oportunidad para competir, a nivel global y empresarial dinámico, competitivo en la actualidad, la mejora continua en la gestión de calidad de los procesos y productos puede llevar a una ventaja competitiva sostenida (Lai & Cheng, 2003), en el contexto económico y la dura competencia, para el crecimiento de la empresa es un importante desafío, necesitan actualizar su desempeño social y mejora ambiental, generalmente en pequeñas y medianas empresas. (PYME), estas desempeñan un papel

fundamental en el sector industrial, para el desarrollo económico (Castro, 1999).

En su nivel más elemental de 6σ , la meta es lograr como máximo generen 3.4 defectos por millón de oportunidades de error, Delgado & Díaz, (2010) han desarrollado con éxito importantes organizaciones como General Electric y Motorola, para la implementación en PYMES se identificaron muchos obstáculos que carecen de los recursos necesarios y humanos tales como habilidades y financiación para implementar Six Sigma. La estrategia Six Sigma puede ser de gran beneficio ya que da oportunidades para que cualquier empresa se vuelva más eficiente y competitivo. Hay dos tipos de factores clave en el éxito de Six Sigma: factores metodológicos y humanos, tomar en cuenta Crítico para el cliente (CTC), empresa Estrategia y objetivos de rentabilidad financiera. Sin embargo, el costo de esta capacitación es a menudo demasiado alto para PYMES (Fouweather et al., 2006).

La aplicación de Six Sigma para la mejora de un proceso existente, mediante el desarrollo DMAIC, (definir, medir, analizar, mejorar y controlar). Cada fase se desarrolla a través de la estadística y herramientas cualitativas por un equipo especializado en los métodos y herramientas de Six Sigma. Los miembros del equipo Six Sigma están entrenados y certificados De acuerdo con una estructura de cinturón. La estructura del cinturón está formada por Cuatro niveles (champions, cinturón negro, verde y amarillo) cada uno de ellos tiene sus propias competencias y responsabilidades (Deeb et al., 2018).

Por tal razón para la ayuda de la implementación de Six Sigma en las PYMES, un modelo sobre cómo guiar efectivamente la implementación de estos programas es un tema crítico. Una de las razones es que las PYMES no cuentan con suficientes recursos humanos para apoyar los conocimientos necesarios. Para responder a esta limitación, el objetivo de este documento es presentar un marco para respaldar la implementación del enfoque Six Sigma en las PYME.

Six Sigma en la Industria Textil

En los años ochenta se inicia la productividad en serie de los componentes electrónicos y a su vez la importación hacia América de Japón, los cuales presentaban alta calidad a bajo costo, estos hechos obligaron a las empresas a mejorar la calidad de los productos que ofrecían; para ello, se introdujeron una gama de decisiones buscando la mejora de la calidad; siendo el Six Sigma una de ellas, la cual es una herramienta que fue introducida por Motorola, a comienzo de esta década, que consiste en buscar la disminución de los desperfectos a 3,4 partes por millón para los productos y los procesos claves que realizan las organizaciones (Calderón et al., 2019). Para lograr esta compleja tarea se requiere implementar de forma eficaz principios estadísticos y otras herramientas para determinar la realidad empresarial y sus problemas de calidad (Navarro et al., 2017).

El Dr. W. Edwards Deming (1900-1993) señala en sus trabajos, que la variación es la causa principal que afecta la calidad y afirmó que es en este punto donde se debe concentrar todo el mayor esfuerzo en busca

de alcanzar la mejora continua. La letra Sigma es una letra del alfabeto griego que permite estadísticamente medir la variabilidad en los procesos; por lo que, el Six Sigma busca reducir la variación de los productos, siendo la desviación estándar, su parámetro de medida base. El Six Sigma constituye un índice de capacidad de proceso; es decir, imaginando que un proceso se comporta como una distribución normal, entre los límites debe haber seis desviaciones estándar. El valor de Six Sigma es un parámetro de comparación entre empresas. Es así, como la escala Six Sigma equivale a 3,4 DPMO (defectos por millón de oportunidades) (Navarro et al., 2017).

Siendo la empresa del sector textil una organización donde los procesos son cada día más complejos y extensos, la aplicación del Six Sigma en la industria textil, ayudaría a aumentar la calidad, incrementar la productividad, disminuir costos; a través de la mejora de los procesos, estableciendo un sistema que busque en todo momento alcanzar la calidad y con la capacidad de medir, analizar, mejorar y controlar el rendimiento, con la meta de satisfacer al cliente.

Descripción del Problema

Durante el proceso productivo de las empresas del sector textil se generan fallas y desperdicios que afectan los costos de producción y la calidad; por lo cual, es importante enfocarse en las áreas donde se producen errores e identificarlas para aplicar las correcciones.

Los talleres de las empresas textiles, la maquinaria, la cadena de suministro y el desarrollo del producto son las principales áreas que se deben observar. Es de suma importancia el desarrollo de un producto textil con valor añadido en su calidad. En el producto textil, generalmente los principales errores o variaciones que se presentan en las telas, suelen ser: un degradé, sucios de color, tonos diferentes o contaminados, distintos hilos, fallos en aguja, densidad distinta y arrugas. Para alcanzar un producto de calidad estas variaciones deben eliminarse. Estos errores o variaciones, son generados por fallas en los procesos, cuellos de botella, falta de mantenimiento de máquinas, materia prima defectuosa, inadecuados controles en los procesos de tintorería, entre otros (Climent, 2015).

De manera general la figura 1 ilustra un mapa de procesos de una empresa del sector textil, donde se puede apreciar los procesos estratégicos, operativos y de apoyo, dentro de un enfoque de gestión de la calidad.

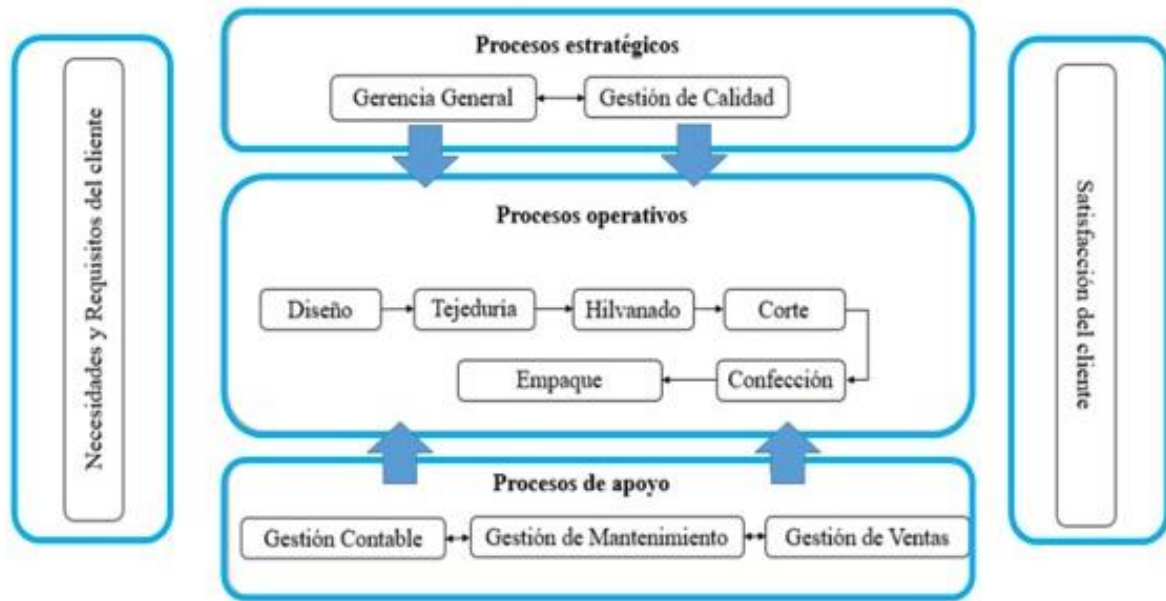


Figura 1. Mapa de Procesos de una empresa textil (Benalcázar, 2021)

Con la finalidad de realizar un análisis de los pasos del proceso en el que se podría reducir su ciclo de tiempo y aumentar la calidad, se detalla cada uno de ellos:

- Procesos estratégicos: o llamados también procesos de gestión, donde se da la toma de decisiones, la planificación y dirección de las actividades que se ejecutan dentro de la empresa.
- Procesos operativos: tienen contacto directo con el cliente, a partir de estos el cliente percibe la calidad del producto: diseño, tejeduría, hilvanado, corte, confección, empacado.
- Procesos de apoyo: son los que proveen a la organización de los recursos que necesita la empresa para realizar sus actividades, como: gestión contable, mantenimiento, ventas, entre otras.

Para llevar a cabo un plan orientado al progreso de la productividad de una empresa, aplicando la metodología Six Sigma, se debe enfocar en los procesos operativos, donde se lleva a cabo el desarrollo del producto.

Al aplicar el diagrama SIPOC, el cual es una herramienta que facilita la visualización de un proceso de forma sencilla, reconociendo a las partes implicadas, señalando la secuencia que sigue cada una de las etapas e incorporando los puntos de control (Kerri, 2021), se pudo observar los siguientes procesos:

- Diseño
- Tejeduría
- Hilvanado
- Corte
- Confección
- Empacado

Para cada uno de estos procesos es necesario hacer un diagrama del proceso que permita visualizar las distancias y tiempos entre cada una de las actividades, así como el número de ellas. Por ejemplo, dentro del proceso de tejeduría las actividades son siete, donde seis son de operación y una de transporte. La actividad que demanda mayor tiempo es tejer, ya que se realiza dependiendo de un diseño.

El proceso de hilvanado, tiene siete actividades, cinco son de operación y dos de transporte. La actividad que demanda mayor tiempo es el planchado. Luego el proceso de corte tiene ocho actividades donde siete son de operación y una de transporte. La actividad que demanda mayor tiempo es cortar.

Siguiendo con el proceso de confección que encierra once actividades, donde nueve son de operación y dos de transporte y la actividad que demanda mayor tiempo es cerrado del saco. Y por último el proceso de empacado que tiene cuatro actividades, de las cuales tres son de operación, una de transporte y la actividad que demanda mayor tiempo es empacar (Benalcázar, 2021).

En los procesos de productividad de una empresa textil generalmente las situaciones problemáticas se dan en las siguientes áreas:

Proceso de Corte:

- Mala colocación del trazo.
- Defecto por trazo mal realizado.
- Mala colocación de las piezas de tejido.
- Fallas de tejido.
- Falla en corte.

Proceso de confección:

- Variabilidad de tallas.
- Fallas al unir cuellos.
- Defectos de costura en ensamble del saco.

Posteriormente se utiliza una matriz de priorización, la cual conduce a establecer la prioridad entre varias alternativas planteadas, a través de puntajes de criterios de valoración (Socconini, 2008).

Tabla 1
Criterios de valoración para la matriz de priorización

Descripción	Valor
No existe relación	1
Muy poca relación	2
Relación moderada	3
Alto grado de relación	4

Nota: Criterios de valoración, adaptado (Socconini, 2008).

Una vez aplicada la matriz de valorización, aquellas actividades donde se encuentra el valor más alto; es donde están los puntos más críticos; por ende, es donde se enfocará la aplicación de la metodología Six Sigma.

Para esta actividad también se puede utilizar otras herramientas como el Diagrama de Pareto, que también permite evaluar qué aspectos a estudiar son más relevantes o el Diagrama de Árbol o CT flodown que es una herramienta también usada para identificar características críticas (Socconini, 2008).

Metodología DMAIC

DMAIC, son siglas de los verbos: definir, medir, analizar, mejorar y controlar (Perez, 2013). Este proceso es la base del desarrollo del Six Sigma. Está basado íntegramente en el desarrollo del DMAIC:

- Definir
- Medir
- Analizar
- Mejorar
- Controlar

Definir: En esta etapa se busca tener una visión clara del problema y su importancia tomando en cuenta la necesidad del cliente.

Medir: esta etapa es indispensable en el desarrollo del Six Sigma ya que ayuda al equipo a refinar el problema y buscar su raíz.

Analizar: Esta etapa tiene por objetivo hacer un análisis y encontrar la causa y fuentes de variación, priorizarlas y entender cómo se generan para posteriormente validarlas con datos.

Mejorar: En esta etapa ya existe una solución confirmada, la cual se alcanzó identificando las variables de mayor impacto y ajustándolas a un punto óptimo.

Controlar: Esta etapa se alcanza una vez que las mejoras han sido implementadas y los resultados han sido documentados (Socconini, 2008).

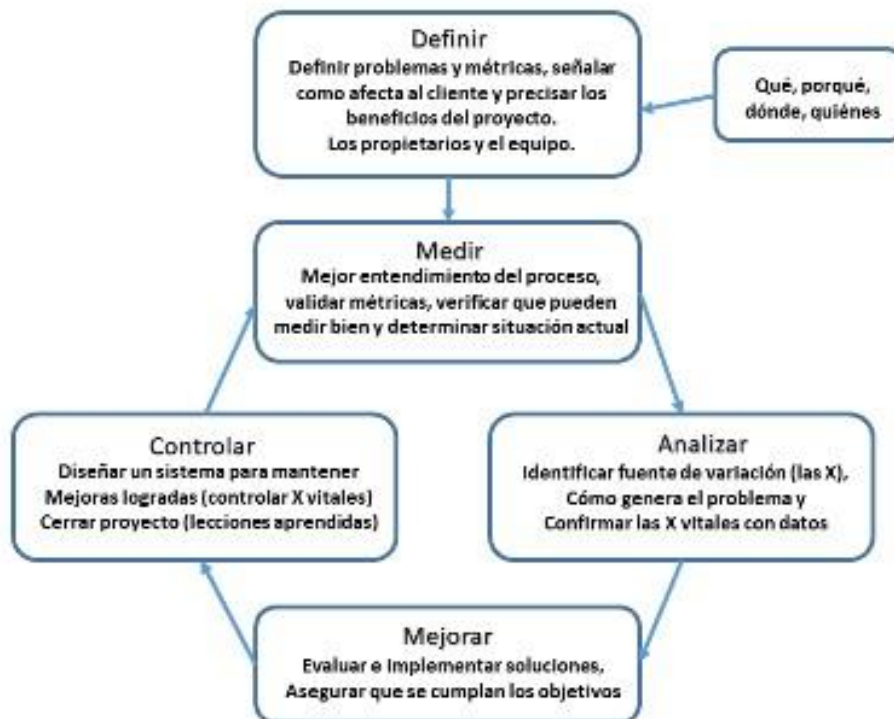


Figura 2. Etapas del proceso DMAIC
Nota: Etapas del proceso DMAIC (Socconini, 2008)

Descripción del Proyecto a ser implementado

El proyecto consiste en una propuesta de aplicación de la metodología Six Sigma para la mejora de la eficiencia de los procesos productivos de las empresas del sector textil en Juliaca.

Como bien se ha descrito en el problema, las empresas que pertenecen a este sector, han sido afectadas por una baja productividad. A través de la aplicación de la metodología Six Sigma se espera analizar sus procesos, determinar las fallas y mejorar la calidad de los productos con la finalidad que de obtener una mayor competitividad en el mercado.

Propuesta del objetivo del Proyecto

Mejorar la eficiencia del proceso productivo de las empresas del sector textil en Juliaca, aplicando la metodología Six Sigma para reducir los defectos y fallas y satisfacer las expectativas y necesidades del cliente.

Metodología Six Sigma las PYMES

Para implementar Six Sigma con éxito en una PYME se deben tener en cuenta muchos aspectos y factores críticos, entre los cuales se tiene: el compromiso de la dirección; la cultura organizacional; el enfoque al cliente; las capacidades y competencias para la gestión, ejecución de proyectos; el nivel de conocimiento de la metodología y herramientas; la priorización de los proyectos Six Sigma; y la capacidad financiera, técnica y tecnológica (Felizzola & Luna, 2014).

Hoy en día, con la crisis económica en que vivimos es necesario que las PYMES se adapten a las nuevas tecnologías, cambien su forma de trabajo y su forma de pensar. Las pequeñas empresas siempre son las más perjudicadas en estos momentos de dificultad y se da muchas veces el caso de renovarse o morir. En este trabajo, después de profundizar en Six Sigma y proponer una pequeña adaptación para las PYMES del "DMAIC" hacia el "PDCA" se ha realizado un estudio sobre algunas PYMES notablemente fuertes en el mercado (Bohigues, 2015).

Los resultados estadísticos mostrados anteriormente muestran que aun no siendo empresas tan pequeñas resultaría prácticamente imposible intentar la implantación de un sistema Six Sigma en ellas.

Esto se debe primordialmente a un amplio desconocimiento de la gran mayoría de las técnicas y herramientas necesarias para lograr la implementación un amplio desconocimiento de la gran mayoría de las técnicas y herramientas necesarias para lograr la implementación. Estas empresas no son capaces de implantar algo que no conocen por lo que antes de meterse de lleno en cualquier proceso de implementación deberían ejercer una mejora continua (Caicedo, 2011).

Las PYMES deberían formarse para, dependiendo del tipo de empresa que se trate, del tamaño de producción que tenga y las características de su producto, ser capaces de darle una dirección a lo que

pretende conseguir. Deben recoger de una metodología como Six Sigma todas las herramientas y técnicas que les convengan dejando de lado las que no le interesen y adaptarse lo máximo rápido posible para aumentar la satisfacción del cliente, bajar la variabilidad, ser más eficiente y en definitiva más competitivo (Facho, 2017).

Lo cierto es que gracias a la creación de esa metodología, hoy día pequeñas y grandes empresas pueden aplicar Six Sigma para el mejoramiento de la calidad en productos, servicios y procedimientos.

En la actualidad las empresas industriales se enfrentan al reto de buscar e implantar nuevas técnicas organizativas y de producción que les permitan competir en un mercado global. Por lo tanto, también se concentran en mejorar su competitividad interna con el objetivo de incrementar los niveles de productividad y la participación en el mercado con productos de alta calidad y tener los precios más competitivos (Hilasaca, 2017).

¿Cuáles son los beneficios que obtienes aplicando Six Sigma en tu Pyme?

Aparte de los beneficios que hasta ahora se ha mencionado, relacionados con la calidad de los productos y servicios, la optimización del tiempo y mejoramiento en la satisfacción del cliente, en un estudio realizado se demostró que las compañías que utilizan Six Sigma como filosofía de gestión, gasta en promedio 1% de sus ganancias en las reparaciones y soluciones a los problemas que afectan la calidad. Pero, aquellas que no la aplican, su gasto asciende al 10% más (Fouweather et al., 2006).

¿Cuáles son los niveles de aplicación del Six Sigma?

Puede aplicarse en dos niveles: el operacional y el gerencial:

Operacional: Utiliza las diferentes herramientas de mejoramiento de la calidad en el nivel operativo cuidando siempre realizar las mediciones estadísticas que garanticen que el nivel Sigma es 6.

Gerencial: puede aplicarse las mismas herramientas en la gestión de procesos y manejo de personal.

¿Cuáles son las características de los empleados que aplican Six Sigma en la empresa?

Deben contar con mínimo 4 líderes para la aplicación de la metodología Six Sigma:

Líder: ubicado en la alta gerencia de la compañía. Su función es apoyar los proyectos y supervisión de la aplicación de la metodología Six Sigma.

Maestro Cinta Negra: es un experto en las estrategias y tácticas Six Sigma, es el responsable de su implantación para el mejoramiento del negocio.

Cinta Negra: líder de equipo quien tiene la responsabilidad de aplicar el ciclo DMAMC.

Cinta Verde: el asistente de la Cinta Negra (Fouweather et al., 2006).

Conclusiones

En la actualidad la competitividad es un factor importante para el desarrollo de las empresas, en general ya sean Micro, Pequeñas, Medianas o grandes empresas, juega un papel preminente en el desarrollo social y económico, en donde existe una gran demanda en la industria textil, por ello es necesario que los PYMES, se encuentren en constantes desarrollo. Estas son siempre las más perjudicadas en estos momentos de dificultad y se da muchas veces el caso de renovarse o morir, para implementar Six Sigma con éxito en una PYME se deben tener en cuenta muchos compromisos en la dirección; la cultura organizacional; el enfoque al cliente; las capacidades y competencias para la gestión, diversas PYMES tienen un desconocimiento de la gran mayoría de las técnicas y herramientas necesarias que una de ellas es el Six Sigma, para lograr la implementación, y no son capaces de implantar algo que no conocen.

Referencias bibliográficas

- Barrera, A., Cambra, A., & Gonzales, J. (2017). Implementación de la metodología Six Sigma en la gestión de las mediciones. *Revista Universidad y Sociedad*, 9(2), 8–17. <http://rus.ucf.edu.cu/index>.
- Benalcázar, A. (2021). *Propuesta de aplicación de la metodología Lean Six Sigma para mejorar la eficiencia de los procesos productivos en la Empresa "Tejidos Parwall", ubicada en Atuntaqui*. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/11057>
- Bohigues, A. (2015). Desarrollo e implementación de un modelo Six Sigma para la mejora de la calidad de la productividad en PYMES industriales. *Universidad Politecnica de Valencia*, 92.
- Caicedo, N. (2011). Aplicación de un programa Six Sigma para la mejora de calidad en una empresa de confecciones. *Prospectiva*, 9(2), 65–74. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4208330>
- Calderón, J., Pérez, E., & Ornelas, C. (2019). Efecto de Six Sigma en el almacén de una empresa manufacturera. *ConCiencia Tecnológica*, 58(58), 32–39. <https://www.redalyc.org/journal/944/94461547005/html/>
- Climont, H. (2015). *Industria textil hogar en España: cadena de valor y gestión de calidad*. <https://1library.co/document/q5e76l7q-industria-textil-hogar-espana-cadena-valor-gestion-calidad.html>
- Deeb, S., Haouzi, H., Aubry, A., & Dassisti, M. (2018).

A generic framework to support the implementation of Six Sigma approach in SMEs. *IFAC-PapersOnLine*, 51(11), 921–926. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.490>

- Delgado, F., & Díaz, J. (2010). Estado actual de la filosofía "Six Sigma" como herramienta de disminución de defectos en los procesos de producción de las empresas en Bucaramanga. *Iteckne*, 7(2), 136–143. <https://doi.org/10.15332/iteckne.v7i2.280>
- Facho, G. (2017). *Mejora de procesos en una empresa textil exportadora mediante la metodología Six Sigma*.
- Felizzola, H., & Luna, C. (2014). Lean Six Sigma en pequeñas y medianas empresas: Un enfoque metodológico. *Ingeniare*, 22(2), 263–277. <https://doi.org/10.4067/S0718-33052014000200012>
- Fouweather, T., Coleman, S., & Thomas, A. (2006). Six Sigma For Dummies. *Intelligent Production Machines and Systems - 2nd I*PROMS Virtual International Conference 3-14 July 2006*, 39–44. <https://doi.org/10.1016/B978-008045157-2/50014-6>
- Herrera, G., Pérez, Y., & Venecia, E. (2017). Enfoque Six Sigma y proceso analítico jerárquico en empresa del sector lácteo. *Revista Venezolana de Gerencia*, 22(80), 610. <https://doi.org/10.31876/revista.v22i80.23180>
- Hilasaca, N. A. (2017). Análisis de las Herramientas del Lean Manufacturing y la Productividad en la Empresa Trading Tuality f. e H. S.R.L. de la Ciudad de uliaca Periodo 2016. *Tesis*, 105.
- Lai, K., & Cheng, T. (2003). Initiatives and outcomes of quality management implementation across industries. *Omega*, 31(2), 141–154. [https://doi.org/10.1016/S0305-0483\(03\)00021-5](https://doi.org/10.1016/S0305-0483(03)00021-5)
- Navarro, E., Gisbert, V., & Pérez, A. (2017). Metodología e implementación de Six Sigma. *3C Empresa: Investigación y Pensamiento Crítico*, 6(5), 73–80. <https://doi.org/10.17993/3cemp.2017.especial.73-80>
- Perez, M. (2013). *Diseño de un modelo para el mejoramiento de la productividad y competitividad de la línea de comedor Houston en la empresa arte & estilo basado en la metodología lean Six Sigma* (6). <https://repositorio.cuc.edu.co/handle/11323/536>
- Socconini, L. (2008). *Lean Manufacturing Paso A Paso*. 1, 15–15. https://www.academia.edu/40610819/Lean_Manufacturing_Paso_A_Paso_Luis_Socconini_pdf
- Yépez, R., Muyulema, A., Ormazá, M., & Sánchez, R. (2019). Instrumento de diagnóstico para el análisis y mejora de las operaciones de confección. *RIIIT. Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica*, 7(39), 1–24.

NOTICIA

A partir del Volumen 3 Numero 3, Ñawparisun - Revista de Investigación Científica aparecerá semestralmente, identificándose como una revista de Investigación Científica Especializada en Ingenierías que publicará artículos resultantes de investigaciones originales y otras contribuciones significativas.

El sistema de arbitraje será el de ciego doble y en lo concerniente a políticas de detección de plagio contamos con el software Urkund.

Normas generales para la presentación de artículos en Ñawparisun Revista de Investigación Científica

Tipos de publicación

Artículo original

Es un tipo de investigación válida por excelencia, pues su información es de tipo primaria e inédita. Está caracterizada por la interpretación de resultados alcanzados que muestran no solo un estado actual cognoscitivo nuevo, sino además que pueden demostrar la aplicación de un resultado de manera directa o conducente hacia otra disciplina del saber de manera indirecta en el tiempo pero que finalmente, se transformará para su justificación como causa directa. El formato de comunicación será el siguiente: título, autor (es) e institución (es), resumen y abstract, palabras claves (Keywords), introducción, materiales y métodos, resultados y discusión, conclusiones, agradecimientos y referencias bibliográficas. La extensión máxima es de veinticinco (25) páginas para el contenido.

Artículo de revisión

Los artículos de revisión son publicaciones que se caracterizan por profundizar un tema en particular a modo de divulgación, crítica o contribución a la comunidad académica. En un artículo de revisión se recomienda la búsqueda sistemática de referencias bibliográficas y que respondan a preguntas esbozadas. Los artículos de revisión se pueden presentar a solicitud del Comité o por iniciativa de los autores, los cuales dependiendo de la pertinencia, pasan o no a su revisión por pares. El formato de comunicación será el siguiente: título, autor (es) e institución (es), resumen y abstract, palabras claves (Keywords), introducción, contenido, conclusiones, agradecimientos y referencias bibliográficas. La extensión máxima es de veinte (20) páginas para el contenido.

Comunicaciones cortas

Las comunicaciones cortas, rápidas o breves, representan un producto de una investigación científica, pero por lo general son resultados preliminares que necesitan ser comunicados prontamente; por lo que estas investigaciones pueden presentar ciertas limitaciones. Estos trabajos pasan por revisión de pares. El formato de comunicación será el siguiente: título, autor (es) e institución (es), resumen y abstract, palabras claves (Keywords) introducción, materiales y métodos, resultados y discusión, conclusiones, agradecimientos y referencias bibliográficas. La extensión máxima es de catorce (14) páginas para el contenido.

Artículo de opinión

Es un tipo específico de publicación, en las que el autor (es) da (n) cuenta de su enfoque sobre un tema de interés que por lo general se hace a solicitud de la revista o por convocatoria de la misma. Este tipo de publicación, por lo general, hace énfasis sobre la posición del autor (es) con relación al tema. Dependiendo de la pertinencia, pasan o no a su revisión por pares. El formato de comunicación será el siguiente: título, autor (es) e institución (es), resumen y abstract, palabras claves (Keywords) introducción, discusión, conclusiones y referencias bibliográficas. La extensión máxima es de catorce (14) páginas para el contenido.

Reporte de casos

Corresponde a una comunicación donde se detallan las condiciones sobre determinado hallazgo, representándose niveles de evidencia. Cada reporte de caso pasa por una revisión de pares. El formato de comunicación será el siguiente: título, autor (es) e institución (es), resumen y abstract, palabras claves (Keywords), introducción, discusión, conclusiones y referencias bibliográficas. La extensión máxima es de catorce (14) páginas para el contenido.

Carta al editor

Son manuscritos breves donde se expresa un comentario de acuerdo o desacuerdo conceptual, metodológico, interpretativo sobre alguna modalidad de artículo publicado en una revista. La publicación por la modalidad de carta al editor, promueve el conocimiento científico, ya que se basa en ideas o discusiones sobre determinados paradigmas. La opinión, puede ser el reflejo de cuan activa es una comunidad científica y cuan leída puede ser una determinada revista. Estos escritos son evaluados únicamente por el Comité Editor. El formato de comunicación será el siguiente: título, a quien va dirigida, autor (es), institución (es), contenido de texto principal, autor para correspondencia y referencias bibliográficas. En este tipo de publicación, resulta importante ubicar el grado científico o académico del autor (es), así como el lugar de adscripción de desempeño laboral. La extensión máxima es de cuatro (4) páginas para el contenido.

Reseña

La reseña es un texto escrito de carácter académico que contiene principalmente dos elementos: i) una síntesis de las ideas centrales de un libro, un capítulo de libro o un artículo científico original, y ii) una evaluación o valoración crítica del mismo, con el fin de que los lectores puedan formarse una idea general sobre su contenido y calidad. El formato de comunicación será el siguiente: Información bibliográfica del documento a reseñar (autor, título, lugar (ciudad), editorial, año, cantidad de páginas), contenido de texto principal (contexto, síntesis de contenidos, valoración crítica), conclusión o cierre, autor (es) e institución (es). La extensión máxima es de cuatro (4) páginas para el contenido.

Formato

Tamaño de página	A4 (21 x 29.7 cm)
Márgenes	Superior, inferior y derecho: 2.5 cm Izquierdo: 3.5 cm
Interlineado	Espacio y medio para el texto en general Espacio simple para citas textuales y notas a pie de página.
Tipografía	Fuente: Times New Roman Tamaño: 12 puntos para el texto en general y hasta 14 puntos para los títulos.

Estructura para la presentación de artículos científicos

TÍTULO (en idioma español e inglés)

Debe demostrar el carácter especializado de la información con relación a la disciplina que se esté abordando, así como denotar una correcta sintaxis. Los títulos no son oraciones y deben finalmente evidenciar según las variables a medir, el tipo de estudio o investigación realizada. Además, el título debe reflejar que se realizó, cómo se realizó, en qué se realizó, así como dónde se realizó.

NOMBRE(S) Y APELLIDOS DEL (LOS) AUTOR(ES)

Si es más de un autor, deberá separarse por el signo de puntuación coma. Cuando los autores no correspondan a la misma institución, deberán identificarse con un número Arábigo-Índico Occidental en superíndice. Al presentarse más de un autor de igual procedencia institucional, deberá estar acompañado el número Arábigo-Índico Occidental en superíndice por letras ordenadas en orden alfabético. Se deberá indicar solo área de desempeño profesional donde se obtuvieron los resultados y la institución correspondiente. Al final de cada identificación se mencionarán cada correo electrónico de los autores, así como el ORCID correspondiente.

RESUMEN (en idioma español e inglés)

El resumen debe ser breve, pues en éste deben aparecer sólo los detalles importantes, las ideas fundamentales y los datos técnicos más sobresalientes. Se debe redactar como un texto normal, a renglón seguido, sin usar guiones ni sangrar el texto. No debe exceder de 300 palabras. Es obligatorio.

PALABRAS CLAVES (en idioma español e inglés)

Se aceptarán un máximo de cinco (5) palabras no incluidas en el título y deberán estar en cursiva.

INTRODUCCIÓN

Debe delimitarse que se realizó como investigación, debe tomar en cuenta el conocimiento previamente construido, pues esta forma parte de una estructura lógica, ya existente y es lo que se denomina marco de referencia (solo se anuncia lo que se hizo por los autores). De forma conjugada, deberá describirse elementos teóricos ya planteados por uno y/o diferentes autores; y que permiten al investigador fundamentar su proceso de investigación (es lo que se conoce como marco teórico propiamente dicho). La introducción finaliza con comunicación explícita del objetivo de la investigación que se desea comunicar.

MATERIALES Y MÉTODOS

Debe presentarse el diseño de investigación seguido con la mayor precisión posible para que otros investigadores comprendan, repliquen y confirmen el proceso de investigación seguido. Los métodos previamente publicados como índices o técnicas deben describirse sólo brevemente y aportar las correspondientes citas, excepto que se hayan realizado modificaciones en los mismos. Se mencionará el sistema (unidad de análisis) que fue estudiado, la descripción geográfica de la zona de estudio, el cálculo del tamaño de la muestra y la forma de muestreo utilizada (recojo de datos), la referencia al tipo de análisis de los datos que se ha empleado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En esta sección, se reportan los hallazgos (datos), los cuales pueden presentarse en forma de tabla o figura, los que deberán ser analizados en el artículo. Deben ser comprensibles, así como evitar su redundancia. Para efectos de la presentación de hallazgos se procurará resaltar los resultados más relevantes e importantes. En la discusión se debe realizar comparaciones de los datos obtenidos con los alcanzados por otros autores, considerar lo nuevo y relevante, considerar la evidencia científica, identificar perspectivas futuras a investigar, y explicar de forma coherente aquellos resultados no esperados. Ver formatos de tablas y figuras.

CONCLUSIONES

Es la respuesta a los objetivos, de manera que se resalta el principal aporte de la investigación de manera bien fundamentada.

AGRADECIMIENTOS

Se agradecerá la colaboración de personas e instituciones que hayan hecho contribuciones sustanciales a la investigación. Así mismo, se recomienda agradecer la fuente de financiación de la investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Es la relación de las diferentes fuentes de información de distinto soporte, impreso o digital, utilizados en la elaboración del artículo científico.

Estructura para la presentación de artículos científicos

FORMATO DE TABLA

Cuando se presenten los datos en tabla, se ubicará el nombre de la misma en la parte superior y se identificará con número latino.

Tabla 1.
Nombre sobre lo que se identifica.

Categoría	Categoría	Categoría	Categoría	Categoría
Variable	xx	xx	xx	xx
Variable	xx	xx	xx	xx
Variable	xx	xx	xx	xx

Nota. Pueden ser notas generales, específicas, de probabilidad o nota fuente.

FORMATO DE FIGURA

En el caso que se presenten los datos en figura, se ubicará la misma en la parte inferior y se identificará con número latino.



Figura 1. Nombre sobre lo que se identifica.
Nota (de ser necesario)

MODO DE CITAR LA INFORMACIÓN CIENTÍFICA

Se refiere a la presentación de las fuentes de información científicas donde solo podrán ser de tipo primaria. Este debe basarse en el manual de estilo APA 6.0 (American Psychological Association).

La forma de citar en el texto será de la manera siguiente:

Para un solo autor

1. Una de las teorías más importantes es la propuesta de la Inducción Analítica (Araníbar, 2017).
2. Una de las teorías más importantes es aquella propuesta por Araníbar (2017).
3. Araníbar (2017) propuso una de las posturas más importantes de la semiótica.

Para dos autores

1. Una de las teorías más importantes es la propuesta de la Inducción Analítica (Araníbar y Argota, 2017).
2. Una de las teorías más importantes es aquella propuesta por Araníbar y Argota (2017).

Para más de tres autores

(1ra vez)

1. Una de las teorías más importantes es la propuesta de la Inducción Analítica (González, Argota, Pérez y Medina, 2017).

(2da vez para adelante)

2. Una de las teorías más importantes es la propuesta de la Inducción Analítica (González et al., 2017).

MODO DE PRESENTAR LAS REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Basarse en las normas del estilo de redacción APA 6.0. A modo de ejemplo se presentan algunas formas típicas.

Artículo publicado en una revista científica impresa

Autor, año de publicación, título, revista, volumen y número, páginas.

Ejemplo:

Charaja, C.F. (2011). La ciencia como proceso. *Episteme*, Vol. 1(2), 23-37.

Artículo publicado en una revista científica impresa y disponible en la Internet

Autor, año de publicación, título, revista, volumen, número, páginas, dirección (URL) de la versión digital.

Ejemplos:

Argota, G., Lannacone, O.J. y Fimia, D.R. (2013). Características de *Gambusia punctata* (Poeciliidae) para su selección como biomonitor en ecotoxicología acuática en Cuba. *The Biologist*, Vol. 11(2), 229-236. <http://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4699849.pdf>

Gracia, M.I., Lázaro, R., Latorre, M.A., Medel, P., Aranibar, M.J., Jiménez-Moreno, E., and Mateos G.G. (2009). Influence of enzyme supplementation of diets and cooking–flaking of maize on digestive traits and growth performance of broilers from 1 to 21 days of age. *Animal Feed Science and Technology*. Vol 150: 303–315

Artículo publicado en una revista científica electrónica

Autor, año de publicación, título, revista, volumen, número (si procede) dirección (URL)

Ejemplo:

Johnson, B. and Onwuegbuzie, A. (2004). Mixed Methods Research: A Research paradigm whose time has come. *Journal Educational Researcher*, Vol. 33(7), 14-26. <https://pdfs.semanticscholar.org/bb6e/6e3251bbb80587bdb5064e24b55d728529b1.pdf>

Capítulo de libro

Autor, año de publicación, capítulo del libro, en: iniciales y apellido del editor, título de libro, páginas, lugar, ciudad donde radica la casa editora, y casa editora.

Ejemplo: Arce, J.C., y Gutiérrez, M. (2012). Indicadores financieros y su relación con la economía futura latinoamericana. En R.J. Porras (Ed.), *El rumbo económico de América Latina*: (pp.100-121). Bogotá, Colombia: Nuevo Camino.

Libro

Autor, año de publicación, título de libro, edición, ciudad donde radica la casa editora, casa editora.

Ejemplo: Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2015). *Metodología de la Investigación*. Sexta edición. México: Editorial Mc Graw Hill.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA

LABORATORIO ESPECIALIZADO

INGENIERÍA TEXTIL Y DE CONFECCIONES

Ciudad Universitaria

Sede Ayabacas



 Universidad **LICENCIADA**

Rumbo a la
Institucionalización



www.unaj.edu.pe

Av. Nueva Zelandia N° 631 Urb. La Capilla
Telf. 051 323200 Juliaca - Perú