VOLUMEN 1 | NÚMERO 2 | JULIO - DICIEMBRE 2021 ISSN: 2788 - 4295

BIOTECH & ENGINEERING

Revista de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur | www.untels.edu.pe

NECESIDAD DE CALIBRACIÓN Y CALIBRADORES

DE VENTILACIÓN MECÁNICA

- Articulación de arquetipos organizacionales con base a Raúl Espejo y Peter Senge
- Propuesta de mejoramiento de la productividad de las PYME transformadoras de plástico del barrio Carvajal de Bogotá mediante el modelo de productividad GTE
- Identificación del potencial de recarga hídrica en la microcuenca Samincheni, Pichanaki - Perú

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

TABLA DE CONTENIDO

05

Identificación del Potencial de Recarga Hídrica en La Microcuenca Samincheni, Pichanaki - Perú

18

Reducción De La Dbo5 Y Coliformes Termotolerantes Mediante La Electroquimica En Aguas Servidas Domésticas Del Citrar-Uni-Perú

33

Desarrollo de una interfaz gráfica para el cálculo de series de Fourier en Matlab

41

Detección de fallas de arco eléctrico en redes eléctricas domesticas AC basado en el análisis de la tensión y corriente

52

Análisis de Retorno de Corrientes de Falla a Tierra y Tensiones de Toque en sistemas IT con nuevo "factor capacitivo"

62

Articulación De Arquetipos Organizacionales Con Base A Raúl Espejo Y Peter Senge

75

Propuesta De Mejoramiento De La Productividad De Las Pymes Transformadoras De Plástico Del Barrio Carvajal De Bogotá Mediante ElModelo De Productividad Gte.

86

Modelo de análisis económico para proyectos dendroenergéticos: Metodología y resultados preliminares.

111

Gestión De Una Red Eléctrica De Distribución Ante Desastres A Partir De Recursos Energéticos Distribuidos

130

Las Habilidades Blandas Factor Clave Para El Desempeño De Los Ingenieros

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

EDITOR GENERAL

Dra. Elena Elizabeth Lon Kan Prado | Vicepresidenta de Investigación | Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur. Lima, Perú

EDITOR CIENTÍFICO

Dr. Mario Bernabé Chauca Saavedra | Director (e) del Instituto de Investigación | Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur. Lima, Perú

COMITÉ EDITORIAL

Dra. Elena Elizabeth Lon Kan Prado | Vicepresidenta de Investigación | Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur. Lima, Perú

Dr. Mario Bernabé Chauca Saavedra - Director (e) del Instituto de Investigación. Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur. Lima, Perú

Dr. Raúl Huarote Zegarra | Director (e) de Innovación y Transferencia Tecnológica | Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur. Lima, Perú

Dr. Lezama Calvo Jinmi Gregory | Jefe (e) Centro de Apoyo a la Tecnología y la Innovación (CATI) | Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur. Lima, Perú

Dr. Carlos Andrés Mugruza Vasallo | Director (e) de Producción de Bienes y Servicios| Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur. Lima, Perú

Dr. Robert Richard Rafael Rutte | Dirección (e) de Incubadora de Empresas| Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur. Lima, Perú

COMITÉ ASESOR

Dr. Miguel Ángel Gómez Martínez | Rectoría Sede de Ingenierías Salamanca Guanajuato de la Universidad de Guanajuato. Guanajuato, México

Dra. Tania Bueno | Directora de Investigación ex vicepresidenta de IFEES. Vitória, Brasil

Ing. Esp. Roberto Giordano Lerena | Decano Facultad de Ingeniería Universidad de FASTA. Mar de Plata, Argentina

Dr. Francesco Cannone | CEO EMTESYS. Italia

Ph.D. Francisco Loayza | Horticulture Scientists - University of Georgia. Estados Unidos

Ph.D. Maricruz Ramírez Sánchez | Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA) de la Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

MSc. Alejandro Reátegui | Director de Escuela de Ingeniería de Sistemas Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. Lima, Perú

MSc. Carlos Alberto García Cortegano | Decano de la Facultad de Ingeniería de Sistemas Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. Lima, Perú|

MSc. Isaac Ocampo Yagarhuacani | Profesor investigador de la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. Lima, Perú

Dr. Luis Irigoin Sánchez | Investigador de la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. Lima – Perú

Dr. Pedro Huamani Navarrete | Jefe de Investigación Facultad de Ingeniería de la Universidad Ricardo Palma | Lima – Perú

Dr. Jhony De La Cruz | Investigador Director del Instituto !BID - Universidad Ricardo Palma | Lima – Perú

Dr. Hugo Vega Huerta Vice | Decano Académico de la Facultad de Ingeniería de Sistemas – Universidad Nacional Mayor de San Marcos | Lima – Perú

MSc. Juan Tisza Contreras - Investigador Profesor Principal de la Universidad Nacional de Ingeniería | Lima – Perú

Dr. Jacob Astocondor | Investigador Profesor Principal de la Universidad Nacional del Callao | Lima – Perú

Dr. Jhonny Prettel | Profesor Investigador de la Universidad Autónoma del Perú | Lima – Perú

DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN

Lic. Lisbeth Indira Lima – Jefa Oficina de Comunicación e Imagen

Ing. Miguel Noriega Pando - Especialista del Manejo de Sistemas para la investigación

Nuestra revista publica artículos originales e inéditos realizados por investigadores nacionales y extranjeros, en idioma inglés o español, si usted está interesado en publicar con nosotros puede escribimos al correo electrónico: fondo editorial@untels.edu.pe

EDITORIAL

Estimados lectores:

Nos complace presentarles el segundo número de la Revista científica BIOTECH & ENGINEERING, en el cual se publican trabajos de investigación originales, evaluados por pares externos, en cumplimiento a las 38 características de calidad establecidas por el Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal (LATINDEX) y, por la misma razón el CONCYTEC ha confirmado el registro en LATINDEX de la Revista científica BIOTECH & ENGINEERING.

En el marco de la Ley Universitaria 30220, la investigación constituye una función esencial y obligatoria de la universidad, que la fomenta y realiza, respondiendo a través de la producción de conocimiento y desarrollo de tecnologías a las necesidades de la sociedad, con énfasis en la realidad nacional, por lo cual las universidades coordinan permanentemente con los sectores público y privado, para la atención de la investigación que contribuya a resolver los problemas del país. De allí que se hace impostergable publicar los resultados de las investigaciones.

En esa línea de trabajo, la Vicepresidencia de Investigación – UNTELS, renueva el compromiso de mejora continua para el cumplimiento de los objetivos de la universidad.

EL EDITOR

Identificación del Potencial de Recarga Hídrica en La Microcuenca Samincheni, Pichanaki – Perú

[1]Edgar Avelino Marcelino Tarmeño, [1]Edwin Caballero, [1]Odón Sánchez Ccoyllo, [2]Edwin Cardenas

[1]Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, Lima Perú.

[2]Asociación Bosque Modelo Pichanaki, Chanchamayo – Junín- Perú

Recibido: 15/04/2021 Revisado: 21/05/2021 Aceptado: 26/06/2021 Publicado: 28/07/2021

Resumen

Los parámetros geomorfológicos de una cuenca y el uso del territorio son factores que determinan el nivel de recarga hídrica y por consiguiente la disponibilidad de agua. Con el objetivo de determinar el potencial de recarga hídrica en la microcuenca Samincheni se analizaron cinco variables: Pendiente del terreno, tipo de cobertura vegetal, uso de suelo, tipo de suelo y formaciones geológicas, integrándose finalmente las cinco variables mediante una operación algebraica utilizando el software ArcGIS. Las imágenes tomadas por el satélite PERUSAT-1 fueron cruciales para la obtención de mapas de cobertura vegetal y uso de suelo con un alto grado de precisión. Los resultados muestran que en la microcuenca estudiada predominan áreas con potencial de recarga hídrica bajo, esto determinado principalmente por la presencia de la agricultura como actividad predominante de la población local y la ausencia de cobertura vegetal, debido a la tala indiscriminada que se presenta a lo largo de las últimas décadas en la selva peruana.

Palabras clave: cobertura vegetal, selva peruana, tipo de suelo, satélite PERUSAT-1

Abstract

The geomorphological parameters of a basin and the use of the territory are factors that determine the level of water recharge and consequently the availability of water. To objective determine the potential for water recharge in the Mainchain micro-basin, were analyzed five

variables: slope of the land, type of vegetation cover, land use, type of soil and geological formations, finally integrating the five variables through an algebraic operation using the ArcGIS software. The pictures taken by the PERUSAT-1 satellite were crucial for obtaining maps of vegetation cover and land use with a high degree of precision. The results show that areas with low water recharge potential predominate in the studied micro-basin, this mainly determined by the presence of agriculture as the predominant activity of the local population and the absence of vegetation cover, due to the indiscriminate logging that occurs throughout the over the last decades in the Peruvian jungle.

Key words: vegetation cover, Peruvian rainforest, soil type, PERUSAT-1 satellite

Introducción

El ser humano ha intervenido sobre los recursos naturales a lo largo de siglos; con el afán de obtener recursos madereros, alimentos y nuevas áreas aptas para la agricultura desarrolló la actividad denominada "tumba y quema", que consiste en talar los bosques y quemarlos (Buendía, 2018). Es así, que con la disminución de bosques se acrecienta perdida de servicios Ecosistémicos (Salas, Barboza, Rojas, Mamani, & Rodriguez, 2018), degradación y erosión de suelos facilitándose de esta forma la escorrentía superficial y limitándose la infiltración del agua, imprescindible para la recarga de acuíferos.

Estos cambios se ven acelerados gracias a factores biofísicos y sociales, e impactan finalmente de manera significativa en el paisaje, la vegetación, los recursos hídricos y la diversidad biológica (Salas, Barboza, Rojas, Mamani, & Rodriguez, 2018).

La infiltración del agua también está determinada por el tipo de suelo, por lo que es necesario evaluar ciertas características del mismo que tienen influencia en dicho proceso, como son: textura, tamaño de los agregados superficiales, densidad aparente, porosidad y la fuerza de unión de las partículas del suelo (Castiglioni, Massobrio, Chagas, Santanatoglia, & Buján, 2006).

Actualmente, y con la consigna de establecer actividades productivas sostenibles en el área de estudio, se encuentra en ejecución un proyecto acuícola, por lo que resulta útil y necesario determinar zonas con distinto nivel de infiltración (Rojas, 2010) y a partir de ello ejecutar acciones que permitan la recuperación de las zonas con potencial bajo y conservar las que tengan potencial alto, de este modo asegurar la buena disponibilidad de agua tanto en cantidad como en cantidad durante todo el año.

El presente trabajo de investigación analiza el potencial de recarga hídrica en la microcuenca Samincheni basado en la ecuación propuesta por (Matus, Faustino, & Jimenez, 2009) la cual fue modificada en cuanto a la determinación del tipo de roca, analizando las formaciones geológicas presentes en el área de estudio para mencionado fin, las cuales están disponibles en la Web del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico del Perú.

Metodología

Área de Estudio

La microcuenca Samincheni se encuentra ubicada en la selva central peruana, comprendida en el ámbito del territorio del distrito de Pichanaki, departamento de Junín. La misma que tiene una extensión de 620 hectáreas y tiene como punto más bajo una altitud de 525msnm y el punto más alto a 1079 msnm, presenta cumbres escarpadas y en las zonas más bajas el relieve es ondulado/cóncavo, las precipitaciones son mayores en el periodo de diciembre a febrero, con superiores a 250 mm, por el contrario, se presentan menores precipitaciones en periodo de junio a agosto con inferiores a 50 mm. La actividad socioeconómica predominante en la microcuenca es la agricultura, con presencia de cultivos de cítricos, cacao, piña entre los más resaltantes.

El área de estudio presenta parámetros de calidad de agua dentro de los estándares establecidos por la normativa ambiental peruana vigente, por su parte, los suelos son ligeramente ácidos a ácidos, de textura media a fina y muestras de compactación.

Análisis de los factores que determinan la recarga

Pendiente

Pendiente es medida ya sea en grados o porcentaje (Coy, 2015). La pendiente es inversamente proporcional al nivel de recarga hídrica debido a que, en suelos con pendiente elevada el tiempo de contacto del agua producto de las precipitaciones con la superficie es bajo, por ende, facilita la escorrentía superficial y la infiltración es menor; mientras que, en pendientes bajas o moderadas al ser mayor el tiempo de contacto se posibilita en mayor cantidad la infiltración del agua.

Se tomaron curvas de nivel del área de estudio para elaboración de mapa de posibilidad de recarga hídrica según el nivel de pendiente, las cuales fueron procesadas (Coy, 2015).

Cobertura Vegetal

En zonas con cobertura vegetal se presenta un espacio poroso entre las raíces de los árboles y el suelo, tal es así, que la densidad y tamaño de las raíces de los arboles influyen directamente en el nivel de recarga hídrica (Matus O. D., 2007). Además, los troncos de los arboles al cortar el flujo superficial del agua facilitan la infiltración de la misma. De igual manera, las hojas juegan un rol fundamental en este proceso, debido a que interceptan las precipitaciones, evitando finalmente la erosión del suelo.

En la presente investigación se utilizaron imágenes del satélite PERUSAT-1, proporcionadas por la Agencia Espacial del Perú para la determinación del tipo de cobertura vegetal, y por consiguiente la posibilidad de recarga según esta variable. La imagen satelital fue procesada mediante el software ArcGIS (Coy, 2015).

Uso de Suelo

Las actividades de origen antropogénico tales como urbanismo, deforestación, ampliación de la frontera agrícola, vienen causando desde hace siglos efectos potencialmente negativos en la dinámica de la recarga hídrica (Donis, 2015). Esto se debe a que dichas actividades provocan la degradación y compactación de los suelos.

Para efectos de la determinación de la posibilidad de recarga según el uso de suelo, se empleó imágenes satelitales PERUSAT-1, las cuales tienen un tamaño de grilla de 0.7 m, tipo multiespectral y nivel de procesamiento orthorectificado, siendo estas imágenes procesadas mediante el software ArcGIS (Coy, 2015).

Tipo de suelo

Para la presente investigación se definió la textura del suelo como la propiedad más importante para analizar la posibilidad de recarga, conociéndose que suelos de texturas arenosas facilitan la infiltración del agua, mientras que, suelos de texturas finas o arcillosas limitan la infiltración, a nivel local se reconoce este último tipo de suelos porque en áreas agrícolas se encharcan con facilidad.

Para definir la posibilidad de recarga hídrica en la microcuenca Samincheni según el tipo de suelo se tomaron 31 muestras distribuidas en toda el área de estudio, dichos puntos fueron ubicados de manera aleatoria simple teniendo en cuenta que sean equidistantes unos de otros. En laboratorio se analizó la textura de las muestras recolectadas en campo mediante el método

del hidrómetro de Bouyoucos, y luego mapeadas según su posibilidad de recarga mediante la utilización de la herramienta Kriging correspondiente al software ArcGIS (Coy, 2015).

Tipo de Roca

Existe dos propiedades de las rocas que determinan el nivel de infiltración del agua, las cuales son la porosidad, que se hace referencia al porcentaje de poros por nivel por unidad de roca y la permeabilidad, que determina la velocidad con la que el agua se mueve por una sección trasversal de roca. Cabe mencionar que se presentan dos fuerzas que moderan la velocidad de infiltración del agua, la primera de ellas es la gravedad la cual permite que el agua se infiltre verticalmente en rocas permeables y horizontalmente en rocas impermeables, la segunda fuerza es la atracción molecular la cual ocasiona la retención del agua es espacios porosos y paredes laterales de las rocas, lo cual, puede retardar el flujo (Ordoñes, 2011).

Para determinar el tipo de roca en la presente investigación se partió de conocer las formaciones geológicas presentes en el área, las cuales fueron tomadas de la Web del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (Matus, Faustino, & Jimenez, 2009), consiguiendo finalmente mapear el mapa de posibilidad de recarga hídrica según el tipo de roca mediante la utilización del software ArcGIS.

Potencial de recarga hídrica

Para la identificación del potencial de recarga hídrica, se procedió a operar algebraicamente las variables que influyen en la recarga mediante la ecuación propuesta por (Matus, Faustino, & Jimenez, 2009). Dichas variables son cinco: uso de suelo, cobertura vegetal, tipo de roca, tipo de suelo, y pendiente.

Resultados Y Discusión

Pendiente

En la microcuenca Samincheni, predominan suelos con pendiente entre 15° y 45°, los cuales determinan una posibilidad de recarga moderada y representan el 70.2 % del área de estudio.

Las zonas con potencial muy bajo, las cuales representan el 2.7 % del área total, se ubican según la **figura 1** en las partes altas de la microcuenca donde la pendiente del terreno es escarpada, muy por el contrario, las zonas con potencial muy alto se ubican en la parte baja – media de la microcuenca, donde la pendiente del terreno es plana y casi plana.

Las zonas con potencial bajo y alto, representan el 15.3 % y 10.2 % del área total de la microcuenca, respectivamente.

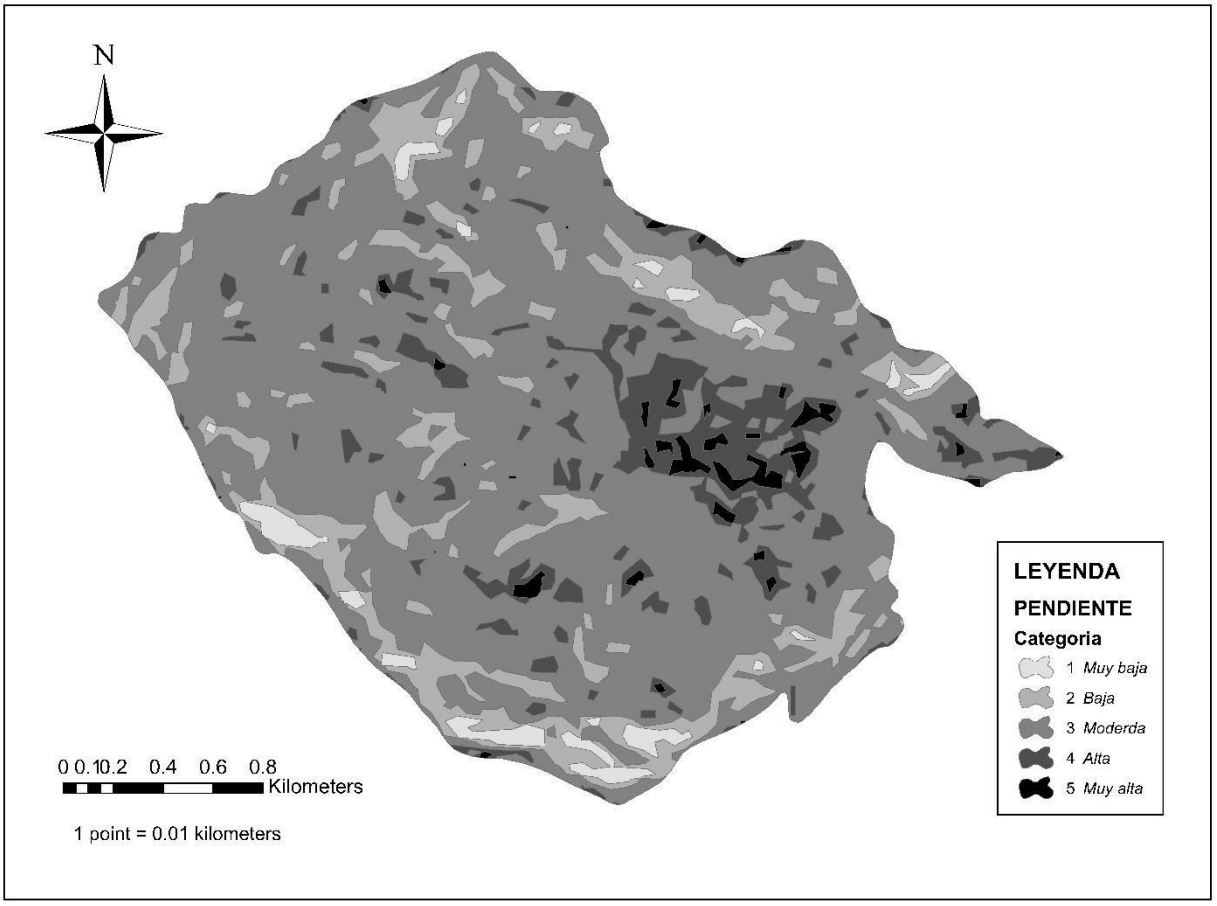


Figura 1. Capacidad potencial de almacenamiento de recurso hídrico según el nivel de pendiente.

Cobertura Vegetal

Repartición de las zonas con potencial muy bajo en toda el área de estudio, estas zonas están definidas por la presencia de área de cultivo debido a que estas áreas sufren un proceso de perdida de cobertura vegetal (**figura 2)**. El total de mencionadas áreas con capacidad potencial de almacenamiento de recurso hídrico muy bajo equivalen al 59.52 % del área total. Además, se presentan en gran porcentaje las zonas con potencial de almacenamiento de recurso hídrico alta equivalentes al 29.42 % del área de la microcuenca, las cueles tienen una cobertura arbustiva y se ubican adyacentes a los cauces de agua.

En la microcuenca Samincheni, apenas encontramos un bosque primario ubicado en la parte alta, el cual presenta una posibilidad de almacenamiento de recurso hídrico muy alta y representa el 0.59 % del área estudiada.

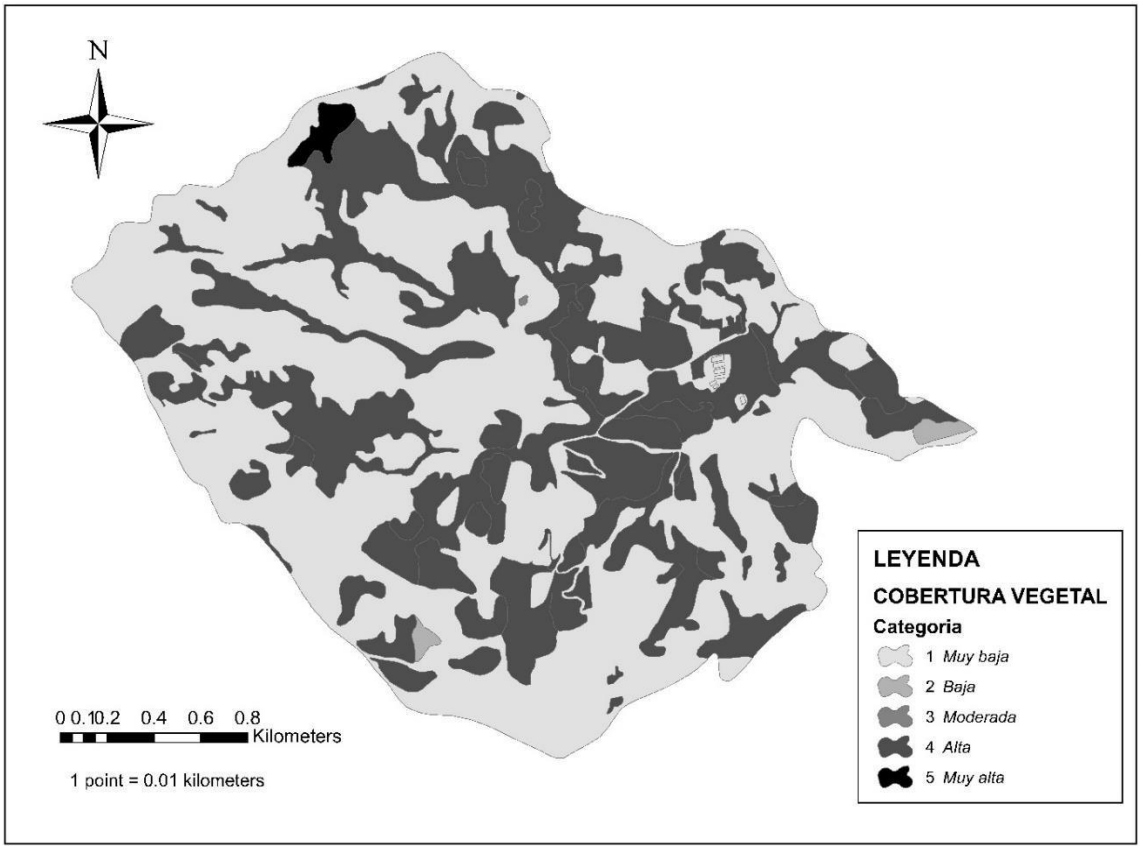


Figura 2. Capacidad potencial de almacenamiento de recurso hídrico según el tipo de coberturas vegetales.

Uso de Suelo

La actividad socioeconómica predominante de los habitantes de la zona de estudio resulta ser la agricultura, por consiguiente, tenemos que el 59.4 % del área total corresponde a terrenos cultivados los cuales presentan un potencial de recarga hídrica bajo, debido a que, los suelos al someterse a la actividad agrícola tienden a compactarse y reducir su capacidad de infiltración. Sin embargo, se presentan adyacentes a los cauces de agua bosques mixtos con especies arbóreas y arbustivas los cuales tienen un potencial de recarga hídrica muy alta y representan

el 29.6 % del total de la microcuenca Samincheni. Por su parte, las zonas agroforestales se presentan en 10.9 % y estas posibilitan la recarga hídrica en un nivel alto (**Figura 3**).

No existe presencia de centros poblados en ámbito territorial estudiado, sin embargo, encontramos un área correspondiente al centro de reproducción de peces amazónicos la cual manifiesta una posibilidad de recarga hídrica muy baja.

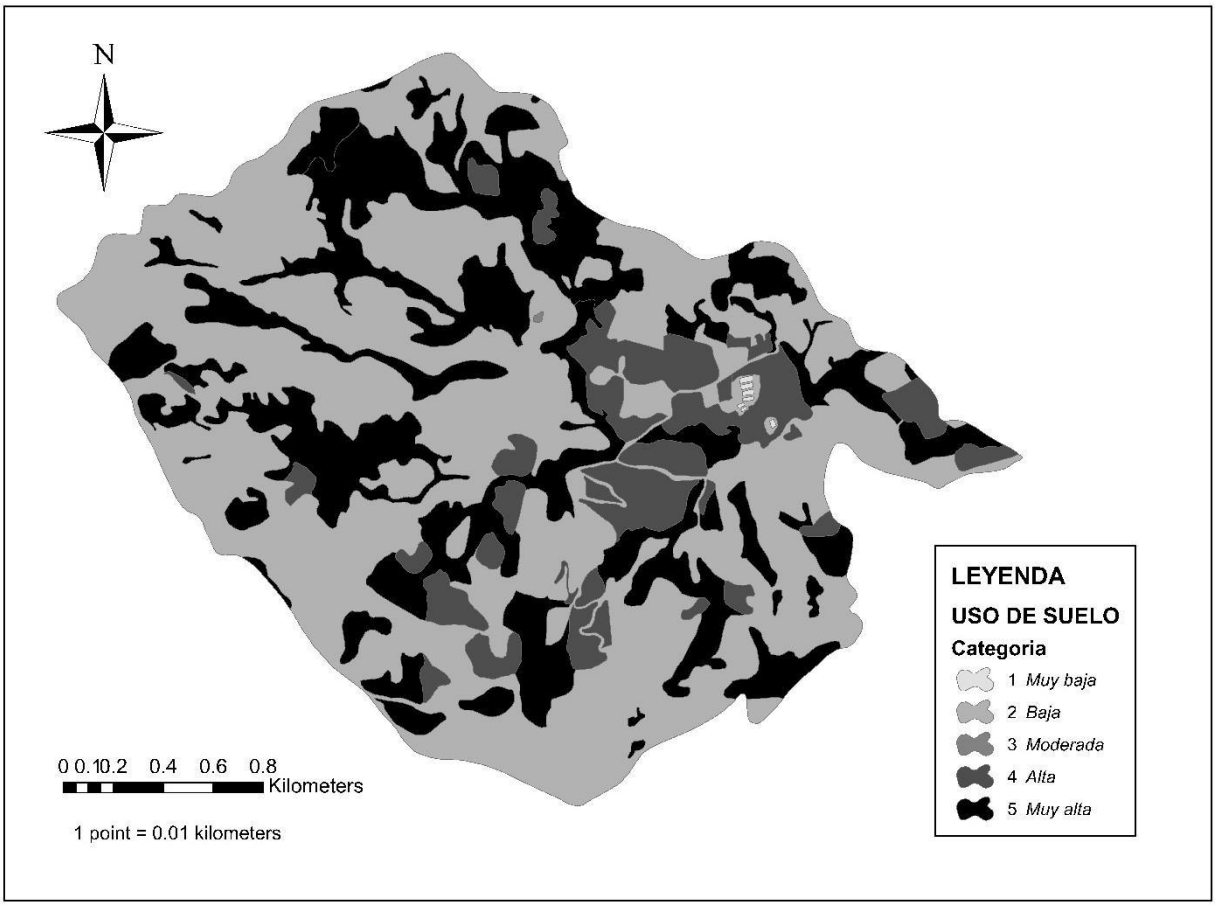


Figura 3. Potencial de recarga hídrica según el uso de suelo

Tipo de Suelo

Se presentan en la microcuenca de estudio, en mayor proporción suelos franco limosos, con partículas de tamaño medio y una notoria tendencia a suelos de textura fina, presentando éstos una posibilidad de recarga moderada a muy baja respectivamente. Los resultados obtenidos nos muestran que el 36.8 % de la microcuenca Samincheni posibilita la recarga según la textura de

suelo en un nivel moderado, seguido del 27.5 % y 19.7 % de su territorio que ofrece una posibilidad de recarga baja y muy baja respectivamente (**Figura 4**).

Se observa que las zonas con potencial muy alto correspondientes a suelos arenosos con tamaños grandes de partículas, alto grado de porosidad y muy permeables, exhibidas de color negro en la **figura 4**, apenas representan el 1.5 % del área total.

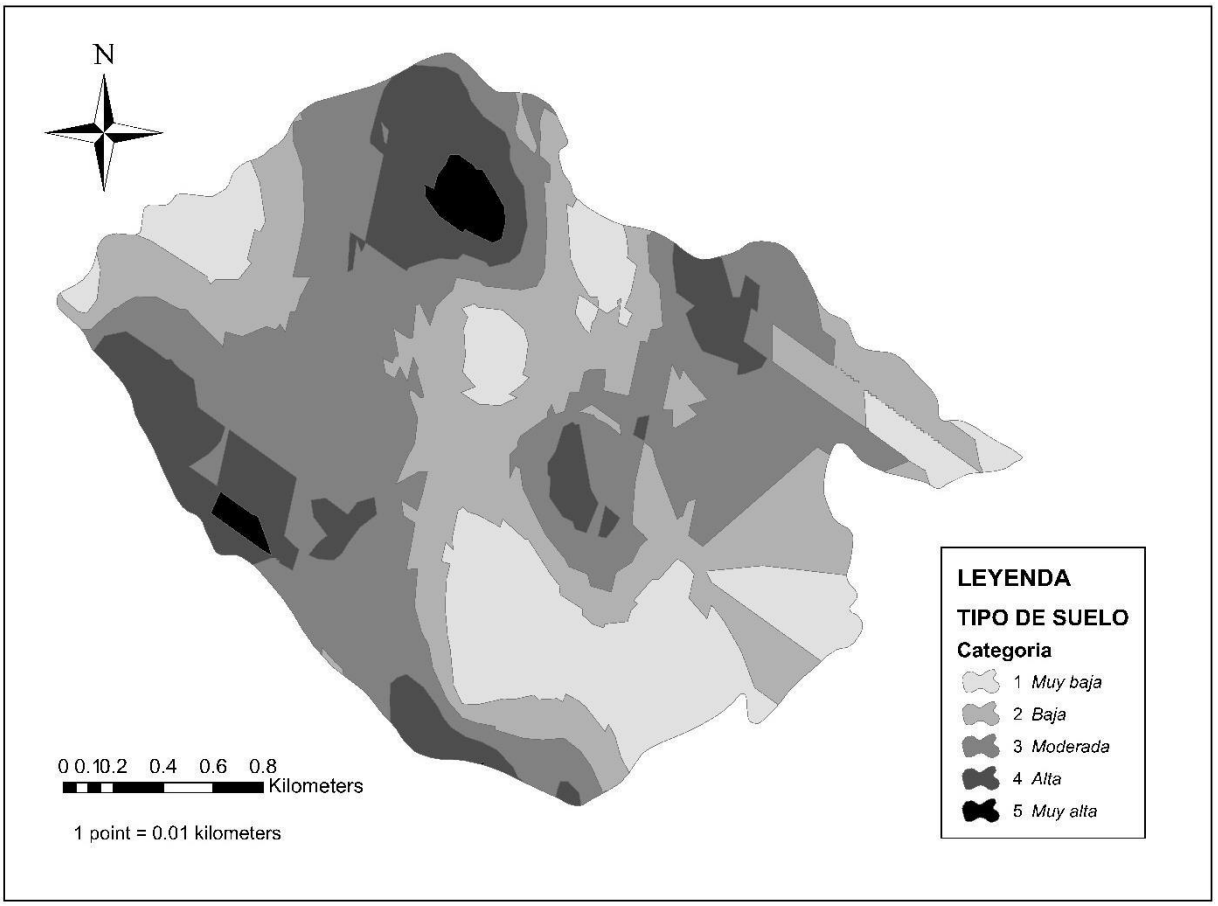


Figura 4. Potencial de recarga hídrica según el tipo de suelo.

Tipo de Roca

El 56.2% del área de estudio ofrece una posibilidad de recarga hídrica muy bajo según el tipo de roca, al estar definido por la formación geológica San Ramón que se caracteriza por presentar en su composición rocas cementadas, de muy baja porosidad y permeabilidad.

Áreas con capacidad de potencial de recurso hídrico alto, moderado y bajo representan el 17.2 %, 20.5 % y 2.9 % del área de estudio respectivamente, por su parte, las zonas con potencial muy alto correspondientes a la formación geológica Deposito Aluvial se encuentran en un 3.3 %, ésta formación ofrece en su composición arena y grava con alto nivel de porosidad y permeabilidad, y se presenta en la parte baja a la desembocadura de la quebrada Samincheni (fuente de agua principal de la microcuenca del mismo nombre) y adyacente al cauce del río Ipoki (**Figura 5**).

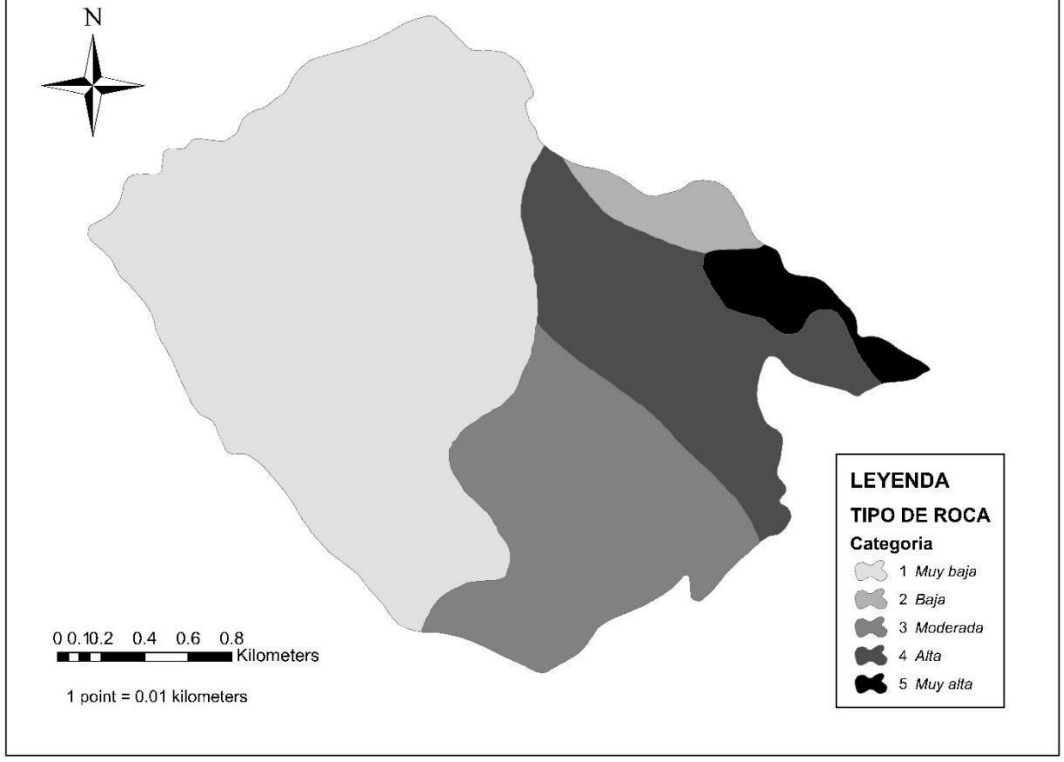


Figura 5. Potencial de recarga hídrica según el tipo de roca.

Potencial de recarga hídrica

Una vez operado las cinco variables que posibilitan la recarga tomadas para la presente investigación, mediante la ecuación propuesta por (Matus, Faustino, & Jimenez, 2009) se encontró la clara predominancia con un 54.83 % de las zonas con potencial de recarga hídrica bajo las cuales están propiciadas principalmente por la ausencia de cobertura vegetal, presencia de zonas agrícolas y la textura arcillosa del suelo en la microcuenca Samincheni.

Los suelos con potencial de recarga hídrica moderada están influidos por la presencia de bosque mixto, árboles, arbustos y matorrales principalmente presentes en adyacentes a las fuentes de

agua donde no existe intervención agrícola, éstas áreas suman el 32.4 % de la microcuenca. Por su parte, los suelos con potencial de recarga hídrica muy bajo apenas suman el 0.55 %.

Encontramos las zonas de recarga hídrica con potencial alto en la parte baja media de la microcuenca, donde se presenta mayor cobertura vegetal y menor pendiente, en la parte alta al donde existe un bosque primario, bosques mixtos, ausencia de áreas agrícolas y textura de suelo gruesa. Las zonas con alto potencial de recarga hídrica suman el 11.78 % del área de estudio y se manifiestan de color negro en la **figura 6**.

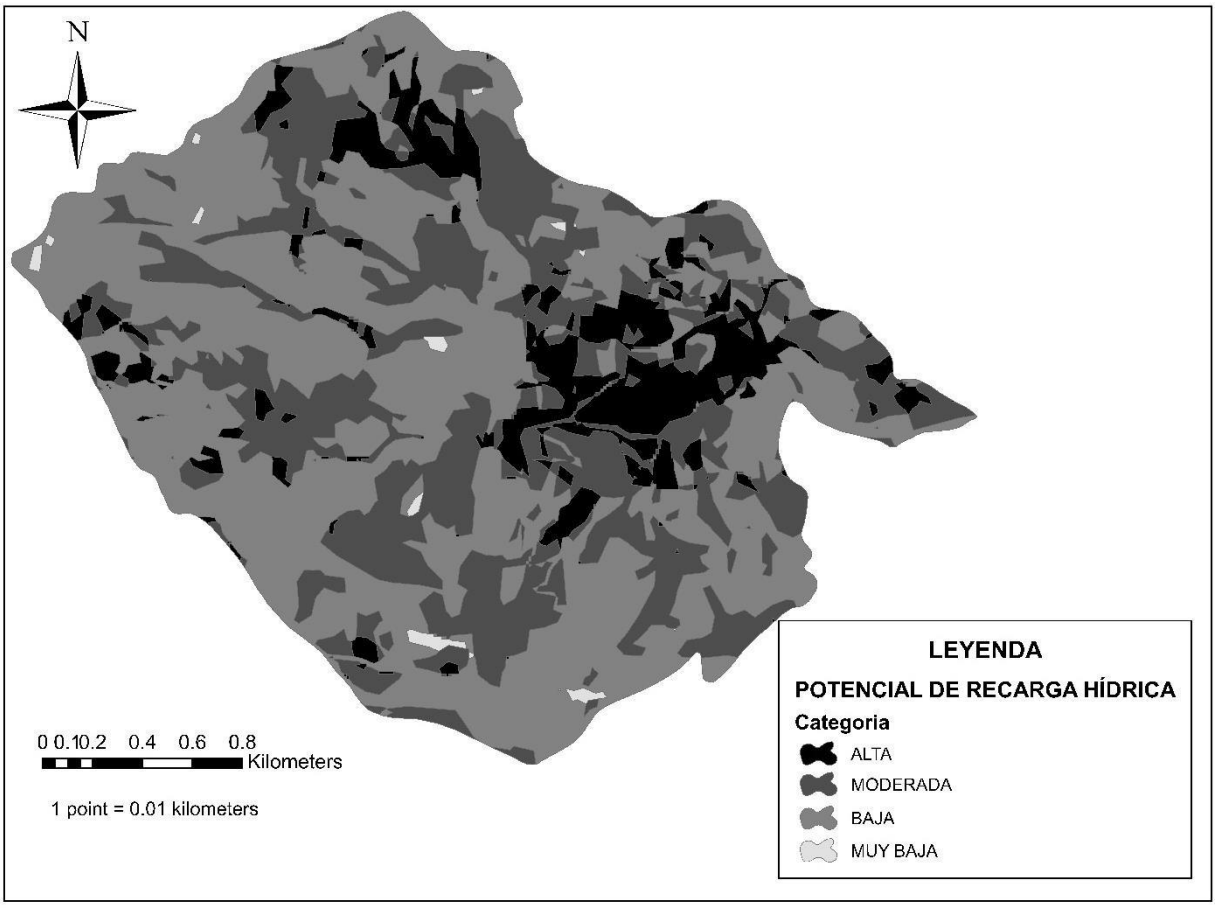


Figura 6. Capacidad de potencial de recurso hídrico en la microcuenca Samincheni.

Conclusiones

La microcuenca Samincheni, comprendida dentro del territorio del distrito de Pichanaki ofrece un potencial de recarga hídrica muy bajo, bajo, moderado y alto los cuales representan el 0.5 %, 54.8 %, 32.8 % y 11.8 % del área total, respectivamente. Observándose la clara

predominancia de áreas con potencial de recarga hídrica bajo y la inexistencia de áreas con potencial muy alto.

Existe un impacto negativo de las actividades antropogénicas en el potencial de recarga hídrica, observándose en la microcuenca estudiada que en áreas agrícolas el potencial varía desde muy bajo hasta moderado en el mejor de los casos. Sin embargo, la reforestación con especies endémicas del lugar resulta ser una alternativa idónea para la mejora de recarga de acuíferos.

Referencias Bibliográficas

Buendía, O. (2018). Bosque Modelo Pichanaki, una herramienta para el manejo sustentable de los recursos naturales en la selva central del Perú. *Tesis de maestria.* Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima.

Cano, A. (2015). *Manual de practicas de la materia de Edafología.* Chiapas.

Castiglioni, M., Massobrio, M., Chagas, C., Santanatoglia, O., & Buján, A. (2006). Infiltarción del agua con labranza cero del suelo en una microcuenca agrícola en Argentina. *Terra Latinoamericana*, 423-430.

Charría, W. (2015). *El sistema complejo de la cuenca hidrográfica.* Medellin: UNAL.

Chiong, C. K. (2015). Estimación de la recarga de acuífero Rimac - sector Ate, mediante el riego de áreas verdes. *Tesis de licenciatura.* Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

Chow, V., & Maidment, L. (1994). *Hidrología aplicada.* Bogotá: Mc GRAW HILL.

Córdova, M. (2016). *Parámetros geomorfológicos de cuencas hidrográficas.* Lima.

Coy, M. J. (2015). Identificación de zonas potenciales de recarga hídrica en la subcuenca del río Tzunutz. *Tesis de Licenciatura.* Universidad de San Carlos de Guatemala, Cuba.

Donis, L. F. (2015). Identificación de zonas de recarga hídrica en la microcuenca del río Negro, ciudad de Guatemala. Guatemala. *Tesis de licenciatura.* Universidad Rafael Landívar, Guatemala.

González, A. (2004). Análisis morfométrico de la cuenca y de la red de drenaje del río Zadorra y sus afluentes aplicado a la peligrosidad de crecidas. *Asociasión Española de Geografía*, 311-329.

Ibáñez, S., Moreno, H., & Gisbert, J. (2011). *Morfología de las cuencas hidrográficas.* Valencia.

Mamani, E. (2017). Recarga artificial de acuíferos en función de las características geohidráulicas para incremento de la disponibilidad hídrica en el manantial Collana - Cabanilla. *Tesis de Licenciatura.* Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.

Matus, O. D. (2007). Elaboración participativa de una metodología para la identificación de zonas potenciales de recarga hídrica en subcuencas hidrográficas, aplicada a la subcuenca del río

Jucuapa, Matagalpa, Nicaragua. *Tesis de maestria.* Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Costa Rica.

Matus, O., Faustino, J., & Jimenez, F. (2009). *Guia para la identificacion participativa de zonas con potencial de recarga hidrica: Aplicacion practica en la subcuenca del rio Jucuapa,Nicaragua.* Costa Rica: CATIE.

Murillo, J., & Navarro, J. (2008). *Las aguas subterráneas en la investigación y la gestión hídrica medioambiental.* España: Intituto Geológico y Minero de España.

Ordoñes, J. (2011). *Aguas Subterráneas - Acuíferos.* Lima: Sociedad Geográfica de Lima.

Pérez, J. (1979). *Fundamentos del ciclo hidrológico.* Caracas.

posada, E. L., & Moreno, J. (1998). *Los Sistemas de Infromación Geográfica.* Cádiz.

Ricce, M., & Robles, K. (2014). Evaluación de la disponibilidad de recursos hídricos superficiales y estrategias de gestión sostenible en la microcuenca Rio Negro - Satipo. *Tesis de licenciatura.* Universidad Nacional del Centro del Perú, Junín, Perú.

Rodríguez, H. (2018). *Curva Hipsometrica.* Lima.

Rojas, H. B. (2010). Áreas de recarga hídrica de la parte media-alta de las microcuencas Palo, Marín y San Rafaelito, San Carlos, Costa Rica. *UNED Research Journal, 2*(2), 181-204.

Salas, R., Barboza, E., Rojas, N. B., Mamani, J., & Rodriguez, N. Y. (2018). Deforestación en el área de conservación privada Tilacancha: zona de recarga hídrica y de abastecimiento de agua para Chachapoyas. *Revista de Investigación en Agroproducción Sustentable, 2*(2), 54-64.

Sanz, D., Castaño, S., Gómez, J., Moratalla, A., & Simarro, A. (2013). Inventario de los manantiales que aportan agua al río Júcar en la provincia de Albacete y su descripción hidrogeológicaInventario de los manantiales que aportan agua al río Júcar en la provincia de Albacete y su descripción hidrogeológica. *Dialnet*(9), 7-39.

Vásquez, A. (2016). *Manejo y gestión de cuencas hidrográficas.* Lima: Fondo Editorial -UNALM.

Vásquez, N. (2008). Plan de ordenamiento territorial participativo para la gestión de zonas potenciales de recarga hídrica en la microregión hidrográfica Balalaica, Turrialba, Costa Rica. *Tesis de maestria.* CATIE, Turrialba, Costa Rica.

Verdugo, M. (2017). Analisis morfométrico de las microcuencas a las que pertenece el Bosque y Vegetación Pretectora Aguarongo (BVPA), influencia en el comportamiento hidrológico. *Tesis de Licenciatura.* Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador.

Reducción De La Dbo_5 Y Coliformes Termotolerantes Mediante La Electroquimica En Aguas Servidas Domésticas Del Citrar-Uni-Perú

Agérico Pantoja Cadillo, Jocelyn Ambar Gallardo Arismendi, Odón Sánchez Ccoyllo, Edgar Avelino Marcelino Tarmeño

Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, Lima Perú.

Recibido: 15/04/2021 Revisado: 21/05/2021 Aceptado: 26/06/2021 Publicado: 28/07/2021

RESUMEN

Las aguas residuales constituyen un continuo y notable foco de contaminación que perturba el equilibrio natural de suelos y sistemas acuáticos debido a su elevada concentración de contaminantes (materia orgánica, nitrógeno, fósforo, patógenos, metales pesados y constituyentes orgánicos) convirtiéndose así en un riesgo potencial que afecta la salud humana y ambiental.

La presente investigación se centra en determinar la eficiencia de la electrocoagulación en la remoción de la DBO_5 y Coliformes Termotolerantes en aguas residuales domésticas del Centro de Investigación de Tratamiento de Aguas Residuales y Residuos Peligrosos (CITRAR). La electrocoagulación es una técnica innovadora en el tratamiento de aguas residuales que consiste en suministrar de corriente eléctrica a electrodos de diversos materiales, en consecuencia, se generan coagulantes debido a la disolución de iones provocando la desestabilización de las partículas contaminantes en un medio acuoso, de tal manera que las fuerzas de atracción predominan sobre las de repulsión facilitando la formación de flóculos más estables que según su densidad pueden sedimentar y/o flotar para su posterior remoción.

La técnica obtuvo eficiencias significativas en la remoción de la DBO_5 en 70.782% y de Coliformes Termotolerantes en 99.630%. Estos resultados se obtuvieron a una densidad de corriente de 45 A/m^2 con un tiempo de tratamiento de 21 minutos.

Palabras claves: electrocoagulación, DBO_5, Coliformes Termotolerantes, densidad de corriente, tiempo de tratamiento.

ABSTRACT

Wastewater is a continuous and significant source of pollution that disturbs the natural balance of soils and aquatic systems due to its high concentration of pollutants (organic matter, nitrogen, phosphorus, pathogens, heavy metals and organic constituents), thus becoming a potential risk affecting human and environmental health.

This research focuses on determining the efficiency of electrocoagulation in the removal of BOD_5 and Thermotolerant Coliforms in domestic wastewater from the Center for Research on Wastewater Treatment and Hazardous Waste. Electrocoagulation is an innovative technique in wastewater treatment that consists of supplying electrical current to electrodes of various materials, consequently, coagulants are generated due to the dissolution of ions causing the destabilization of contaminating particles in an aqueous medium, so that the forces of attraction predominate over those of repulsion facilitating the formation of flocs more stable that according to their density can sediment and / or float for subsequent removal. The technique obtained significant efficiencies in the removal of BOD_5 in 70.782% and of Thermotolerant Coliforms in 99.630%. These results were obtained at a current density of 45
A/m^2 with a treatment time of 21 minutes.

Key words: electrocoagulation, BOD_5, Thermotolerant Coliforms, current density, treatment time.

1. INTRODUCCIÓN

Las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) en el Perú incluye deficiencias en su operatividad, equipamiento y mantenimiento que como consecuencia genera problemas insalubres, aumentando el riesgo de enfermedades debido al elevado contenido de carga orgánica e inorgánica de los efluentes tratados.

Las técnicas de tratamiento más utilizadas para efluentes industriales y domésticos, incluyen procesos biológicos y fisicoquímicos (en el Perú, la tecnología del tratamiento secundario por lagunas facultativas es la más aplicada representando al 75% de todas las PTAR) (SUNASS, 2016). Sin embargo, existen técnicas innovadoras para el tratamiento de aguas servidas o residuales basados en la electroquímica. Dentro de este grupo se tiene a la electrocoagulación, técnica que consiste en la adición de iones metálicos coagulantes provenientes de un electrodo de sacrificio (ánodo) en un medio acuoso, hecho que facilita la aglomeración de cargas contaminantes para su posterior remoción. La técnica requiere de equipamiento básico y de fácil operación, además posee una alta tasa de efectividad en la remoción de un amplio rango de contaminantes de aguas provenientes de diversos usos.

Hernández (2011) aplicó la técnica en el tratamiento de aguas a la salida de un depurador y aguas que circulan por corrientes fluviales en España; obteniendo eficiencias en la reducción de un 85% de Sólidos Suspendidos, 92% de turbidez, 65% de nitrógeno y 100% de fósforo, así como la disminución de la contaminación biológica del agua en 99.9% de *E. coli* y de coliformes totales en 99.9%, analizando también el consumo energético del proceso. Otra investigación es la de Medina y Peralta (2015), quienes evaluaron un prototipo de electrocoagulación para el tratamiento de aguas residuales provenientes de diferentes actividades industriales con alto contenido de materia orgánica (DBO y DQO) y coloración. Determinaron la remoción de un 87.74% de unidades de color, 64.07% de la DBO y 83.21% de la DQO. Se obtuvo variables de influencia mayor en la eficiencia del equipo básico de electrocoagulación un caudal de 50 mL/min, el aluminio como los mejores electrodos, un voltaje de 30V y una distancia entre electrodos de 1cm.

La investigación está basado en la aplicación de la electroquímica-electrocoagulación en el tratamiento de aguas residuales domésticas del CITRAR-UNI, provenientes de aguas residuales domesticas de, con el objetivo de disminuir las concentraciones de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) y Coliformes Termotolerantes, determinando las mejores condiciones de tratamiento (densidad de corriente y tiempo de tratamiento) en donde se logrará una mayor eficiencia de remoción.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación realizada fue de tipo experimental. Behar Rivero (2008) menciona que, en un estudio experimental, el investigador desea comprobar los efectos de una intervención específica y mantiene un papel activo.

El diseño de la investigación corresponde propuesto Tam Málaga, Vera y Oliveros Ramos (2008). Que considera variables independiente y dependiente.

La población de estudio fue el agua residual doméstica que abastece al CITRAR. El diseño experimental consistió en efectuar 2 réplicas con 9 pruebas cada una. Por cada ensayo se utilizó 1300 mL de muestra de agua residual doméstica, requiriendo así un volumen total de 23.4 litros sometido a tratamiento.

Las muestras simples se recolectaron de forma puntual en el área de salida del medidor de caudales del CITRAR. En el CITRAR se somete a tratamiento un caudal de 10 L/s y es en horas diurnas donde se genera una elevada concentración de la DBO_5 y Coliformes Termotolerantes debido a la actividad humana. Es por este motivo que el muestreo se efectuó en horas de la mañana, obteniendo muestras simples representativas del efluente.

Materiales utilizados en la presente investigación: tubos de ensayo con tapa hermética, tubos Durham, botellas de vidrio boca ancha, pipetas serológicas de 1 y 10 mL, auxiliar de pipetas, asa de Kolle con alambre de nicrom, gradillas, cintas indicadoras para esterilización a vapor seco y a vapor húmedo, cucharillas, matraz volumétrico de 50 mL, baguetas de vidrio, pisetas, lunas de reloj, micropipeta, mechero de alcohol, puntas estériles para micropipetas,

vasos de precipitado de 50 mL, 100 mL y 1000 mL de capacidad, soporte universal con pinza y nuez, magnetos, 20 botellas de plástico de 1000 mL de capacidad proporcionado por LABECO para muestreo de la DBO_5, jarra de plástico de 1000 mL, 9 reactores tipo batch con capacidad de 1300 mL, cables con pinza cocodrilo, 2 electrodo de aluminio, bandeja para depósito de residuos, cooler, bolsas de gel refrigerante, escobillones para tubos, bidón de 20
L de capacidad, papel tisú, algodón, paños absorbentes, cinta adhesiva, etiquetas adhesivas para rotular y papel Kraft.

Insumos químicos: detergente neutro, hipoclorito de sodio, agua destilada, caldo lauryl sulfato, caldo EC, agua peptona, alcohol isopropílico, alcohol de 96°, tiosulfato de sodio al
10%, solución amortiguadora de pH 4, pH 7 y pH 10, solución amortiguadora de conductividad eléctrica 1413 µS/cm.

Equipos: estufa de esterilización a vapor seco MEMMERT SNE-300, balanza analítica digital GRAM SV, cocina eléctrica MAGEFESA cabina de seguridad biológica BIOBASE BSC-1500IIA2-X, refrigeradora WHIRLPOOL, autoclave Pressure Gauge GEMMY SA-
232X, termómetro digital SELECTA, pHmetro portátil ECOTESTR, conductímetro portátil ECOTESTR, agitador magnético VELP SCIENTIFICA, cronómetro digital HERTER, voltímetro, fuente de poder regulable marca PRASEK, agitador vórtex SELECTA, baño maría GEMMYCO YCW-010-E y baño maría SELECTA DIGITERM 100.

Indumentaria de protección personal: guantes de nitrilo y látex, guardapolvo, mascarilla.

Procedimiento

Limpieza, secado y esterilización de materiales de vidrio: los materiales de vidrio se lavaron con agua potable y detergente, el enguaje final de estos fue con agua destilada para luego secarse en estufa a vapor seco a una temperatura de 150°C durante 3 horas, finalmente se envolvieron con papel kraft y se esterilizaron a una temperatura de 170ºC durante 2 horas.

Preparación de medios de cultivo y agua peptona: el medio Lauril Sulfato, el medio EC y el agua peptona se prepararon según las disposiciones de cada envase (Caldo Lauryl Sulfato,
35.6 g en 1000 mL de agua destilada; caldo EC, 37 g en 1000 mL de agua destilada y agua peptona, 25.5 g en 1000 mL de agua destilada). La dilución completa se obtuvo sometiendo a calentamiento los medios de cultivo durante 10 min aproximadamente.

Distribución de caldos y agua peptona: los caldos y agua peptona se distribuyeron en tubos de ensayo (150 tubos con 10 mL de caldo Lauryl, 150 tubos con 10 mL de caldo EC y 50

tubos con 9 mL de agua peptona) dentro de una cabina de bioseguridad en condiciones asépticas. Los materiales se desinfectaron con alcohol isopropílico antes de introducirse a la cabina

Autoclavado de caldos y agua peptona: el manual de los Métodos para el Análisis de Aguas Potables y Residuales indica que el autoclavado de caldo Lauryl, caldo EC y agua peptona debe efectuarse durante 15 min a 121°C. Condiciones que se aplicaron en el autoclavado de los medios, además de utilizar la cinta indicadora para asegurar la eficiente esterilización a vapor húmedo. Finalizado el proceso, los tubos fueron rotulados y conservados en refrigeración hasta su utilización. Cabe indicar que los medios tienen un límite de almacenamiento de 3 meses.

Esterilización de envase para muestra de coliformes termotolerantes: fue necesario agregar 0.2 mL de $Na_2S_2O_3$ al 10% en una botella de vidrio aforada con boca ancha de 250 mL de capacidad para su esterilización a vapor seco a una temperatura de 170°C durante 2 horas; este insumo químico inactiva la acción bactericida del cloro durante el muestreo y el traslado de la muestra al laboratorio.

Toma de muestras de aguas residuales domésticas: la toma de muestras se realizó según las indicaciones contenidas en los Métodos para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WEF del año 2005 y la Resolución Ministerial publicada en el peruana N° 273-2013.

Medición de parámetros de campo in situ: la medición de temperatura se efectuó con un termómetro digital mientras que la medición de pH con un pHmetro previamente calibrado con soluciones buffer de pH 4, pH 7 y pH 10, asímismo se llevó a cabo la medición de la conductividad eléctrica con un conductímetro de la marca Ecotestr con previa calibración.

Muestreo de la DBO_5: el muestreo de agua residual doméstica para el análisis de la DBO_5 se recolectó en botellas de 1000 mL de capacidad proporcionadas por LABECO. El envase se saturó hasta hacer rebose, evitando que queden espacios de aire en el interior. La muestra se conservó a 4°C y su análisis se efectuó antes de las 48 horas.

Muestreo de coliformes termotolerantes: se recolectó aproximadamente 250 mL de agua residual doméstica en una botella de vidrio boca ancha, previamente esterilizada con tiosulfato de sodio. La toma de muestra se realizó en contracorriente al flujo, la botella se mantuvo cerrada hasta alcanzar una mínima distancia para la toma de muestra, luego se abrió

y se recolectó la cantidad suficiente para cerrar inmediatamente. La muestra se conservó a 4°C durante su almacenamiento y transporte.

Muestreo de agua residual doméstica para someter a tratamiento de electrocoagulación: por cada réplica del diseño experimental se recolectó aproximadamente 15 litros de agua residual doméstica. El traslado de la muestra hacia el laboratorio de Biología de la UNTELS fue inmediato.

Acondicionamiento del sistema de electrocoagulación: fue necesario diseñar el reactor batch (9 unidades) de material acrílico transparente de dimensiones 9 cm (ancho) x 9 cm (largo) x 19 cm (altura). En la base, se colocó una pieza rectangular de acrílico con ranuras de 10 mm de separación para el encaje de electrodos de aluminio. Asimismo, se adaptó una válvula de paso de plástico para la salida de muestra. La densidad de corriente (A/m^2) suministrada al sistema, lo proporcionó una fuente de amperaje (0-5A) y de voltaje (0-32V) regulable de la marca PRASEK. El paso de corriente a electrodos de aluminio (dimensiones: 7.5 cm x 15 cm x 0.8 cm) convierte al polo positivo de la fuente en el ánodo o electrodo de sacrificio del sistema donde ocurren los procesos de oxidación (generación del ion Al^{3+}); simultáneamente el polo negativo funciona como cátodo, en el cual ocurren los procesos de reducción (conversión de los protones del agua en hidrógeno). Se utilizó también un voltímetro para corroborar el valor del voltaje otorgado al sistema y un cronómetro para controlar el tiempo de tratamiento. Para homogenizar la dosis de coagulante suministrado por el electrodo de sacrificio, fue necesario hacer uso de un agitador magnético. La figura 1 muestra el acondicionamiento del sistema.

Figura 1. Sistema de electrocoagulación.

Tratamiento de electrocoagulación: previo al tratamiento, se homogenizó el agua residual doméstica para luego descargar al reactor 1300 mL de muestra. La fuente de amperaje y

voltaje variable reguló el abastecimiento de energía al sistema con la finalidad de obtener las densidades de corriente establecidas en el diseño experimental (**cuadro I**). Paralelamente el agitador magnético y el cronómetro se activaron para iniciar el proceso (**fig. 2**). Finalizado el tratamiento, el sistema fue desmontado para retirar el reactor mientras que los procesos de desestabilización de coloides continuaron, estableciendo un periodo de 40 min de reposo, tiempo en el que se observó la separación de fases (**fig. 3**).

Figura 2. Tratamiento de electrocoagulación en proceso.

Figura 3. Separación de fases.

Análisis de coliformes termotolerantes: el análisis para coliformes termotolerantes de la muestra de caracterización y las muestras obtenidas tras el tratamiento, fue el método de recuento por dilución en tubo (Número Más Probable-NMP), procedimiento que se detalla en los Métodos para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA-AWWA-WEF (2005) en su Parte 9000 - Examen Microbiológico de las Aguas. 9221, Técnica de fermentación en tubo múltiple para miembros del grupo de los coliformes. Previo al análisis, los tubos con caldo Lauril y agua peptona se incubaron durante 24 horas a 35°C con el propósito de descartar falsos positivos, como resultado, ningún tubo presentó crecimiento bacteriano, hecho que permitió cumplir con las condiciones estériles pertinentes para proseguir con las diluciones y la inoculación de muestra dentro de una cabina de bioseguridad. La **figura 4** esquematiza el procedimiento para el análisis de Coliformes Termotolerantes:

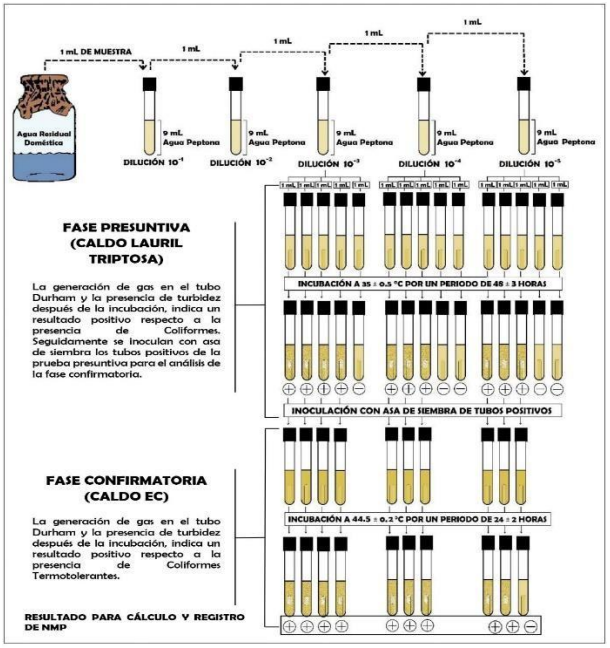


Figura 4. Esquema para el análisis de coliformes termotolerantes

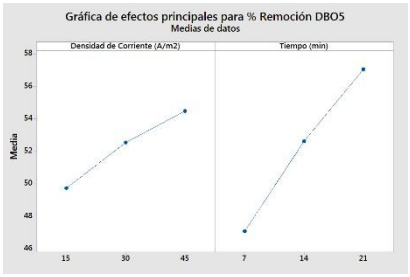


Figura 5. Gráfica de efectos principales para la eficiencia de remoción de la DBO_5.

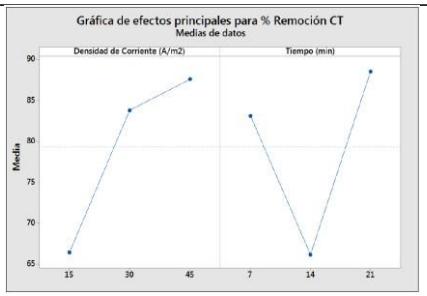


Figura 6. Gráfica de efectos principales para la eficiencia de remoción de coliformes termotolerantes.

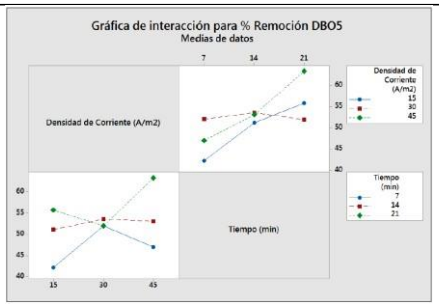


Figura 7. Gráfica de interacción para la eficiencia de remoción de la DBO_5.

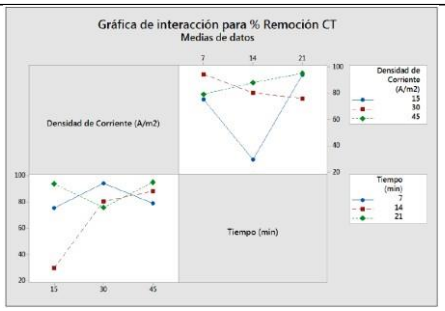


Figura 8. Gráfica de interacción para la eficiencia de remoción de coliformes termotolerantes.

Análisis de la DBO_5: este análisis se determinó mediante la prestación de servicios del Laboratorio de Análisis Ambientales LABECO S.C.R.L; cuyo procedimiento sigue lo

indicado en los "Métodos para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA-AWWA- WEF (2012)", específicamente en la parte 5210 B, prueba de DBO de 5 días. Al finalizar cada condición de tratamiento, y al transcurrir el periodo de 40 min de reposo, se efectuó la toma de muestra procedente de la zona clarificada del reactor. Las muestras se conservaron a ≤ 4°C durante su almacenamiento y transporte a LABECO.

Diseño experimental

Diseño factorial completo general 3^2: un diseño factorial de 9 pruebas analiza el efecto de 2 o más factores sobre una o varias respuestas mediante la corrida aleatoria de todas las posibles combinaciones que forman los niveles de los factores a analizar, con la finalidad de determinar el mejor desempeño de un proceso (Gutiérrez y de la Vara, 2008).

La elección de los niveles de densidad de corriente y tiempo de tratamiento se establecieron mediante una previa experimentación en el laboratorio de biología de la UNTELS con la finalidad de verificar la efectividad del tratamiento. Los resultados obtenidos indicaron la remoción de un 75% de la DBO_5. Asimismo, los antecedentes de la investigación (Cordero y Manrique, 2009; Barboza, 2011; Pantoja, 2012; Pantoja, 2014; Medina y Peralta, 2015 y Aguilar, 2015) indican una eficiencia significativa en la remoción de los contaminantes que afectan la calidad del agua después de someterse a electrocoagulación en los rangos de 30 A/m^2-125 A/m^2 de densidad de corriente y 24seg-60min de tiempo de tratamiento. En consecuencia, la elección de 15 A/m^2, 30 A/m^2 y 45 A/m^2 como niveles de densidad de corriente y 7 min, 14 min y 21 min como niveles de tiempo de tratamiento permitió analizar la tendencia de las variables respuestas en el presente estudio.

3. RESULTADOS

En **cuadro I** indica caracterización del agua residual doméstica del CITRA

CUADRO I. Resultados de la caracterización del agua residual doméstica del CITRAR

	FECHA	pH	T	CE	DBO_5	CT
PRIMERA CARACTERIZACIÓN	16/01/18	7.4	22.1 °C	620 µS/cm	208.4 mg/L	$5.4x10^6$ NMP/100 mL
SEGUNDA CARACTERIZACIÓN	20/02/18	8.3	24.3 °C	610 µS/cm	109.9 mg/L	$5.4x10^6$ NMP/100 mL
PROMEDIO		7.85	23.2 °C	615 µS/cm	159.15 mg/L	$5.4x10^6$ NMP/100 mL

Resultados del diseño experimental: los resultados (**cuadro II**) para determinar la eficiencia de remoción de la DBO_5 y Coliformes Termotolerantes (CT) se obtuvieron mediante las siguientes fórmulas:

$$\text{Eficiencia de remoción de la DBO}_5\ (\%) = \frac{(\text{DBO}_{\text{inicial}} - \text{DBO}_{\text{final}})\text{x}100\%\ \text{DBO}_{\text{inicial}}}{(\text{CT}_{\text{inicial}} - \text{CT}_{\text{final}})\text{x}100\%}$$

$$\text{Eficiencia de remoción de CT}\ (\%) = \frac{}{\text{CT}_{\text{inicial}}}$$

CUADRO II. Resultados del diseño experimental

ORDEN ESTADÍSTICO	**ORDEN DE CORRIDA**	**BLOQUES O RÉPLICAS**	**DENSIDAD DE CORRIENTE (A/m²)**	**TIEMPO DE TRATAMIENTO (min)**	**DBO_5 inicial 159.5 mg/L** DBO_5 (mg/L)	**CT inicial $5.4x10^6$ NMP/100 mL** CT (NMP/100 mL)	**% REMOCIÓN DBO₅**	**% REMOCIÓN DE CT**
6	1	1	30	21	88.8	$4.7x10^5$	44.204	91.296
7	2	1	45	7	87.2	$2.1x10^6$	45.209	61.111
5	3	1	30	14	86.6	$4x10^5$	45.586	92.593
3	4	1	15	21	84.5	$2.1x10^5$	46.905	96.111
1	5	1	15	7	104.8	$2.2x10^6$	34.150	59.259
8	6	1	45	14	79.3	$1.2x10^6$	50.173	77.778
4	7	1	30	7	88.7	$2x10^5$	44.266	96.296
2	8	1	15	14	81.9	$2.2x10^6$	48.539	59.259
9	9	1	45	21	70.0	$1.5x10^5$	56.016	91.222
11	10	2	15	14	73.5	$5.4x10^6$	53.817	0.000
16	11	2	45	7	81.5	$1.4x10^5$	48.790	97.407
18	12	2	45	21	46.5	$2x10^4$	70.782	99.630
17	13	2	45	14	70.0	$6.1x10^4$	56.016	98.870
13	14	2	30	7	63.9	$3.8x10^5$	59.849	92.963
12	15	2	15	21	56.1	$4.2x10^5$	64.750	92.222
14	16	2	30	14	61.0	$1.7x10^6$	61.671	68.519
10	17	2	15	7	79.1	$4.4x10^5$	50.298	91.852
15	18	2	30	21	64.1	$2.1x10^6$	59.724	61.111

4. DISCUCIÓN

El análisis de los resultados estadísticos se determinó con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$, este valor indica un riesgo de 5% de concluir que existe una asociación cuando no hay una asociación real.

- Valor $p \leq \alpha$: La asociación es estadísticamente significativa.
- Valor $p > \alpha$: La asociación no es estadísticamente significativa.

A continuación, se muestra el análisis e interpretación de los resultados experimentales considerando $\alpha=0.05$:

Regresión factorial general: % de remoción de la DBO_5 vs densidad de corriente (A/m^2) y tiempo (min) analizados en Minitab 17.

La densidad de corriente no influye significativamente en la remoción de la DBO_5 en aguas residuales domésticas del CITRAR debido a que no existe asociación estadísticamente significativa entre los factores de prueba y la variable respuesta.

El tiempo de tratamiento influye significativamente en la remoción de la DBO_5 en aguas residuales domésticas del CITRAR debido a que exite asociación estadísticamente significativa entre los factores y la variable respuesta.

Regresión factorial general: % remoción de coliformes termotolerantes vs densidad de corriente (A/m^2) y tiempo (min) analizados en Minitab 17.

La densidad de corriente no influye significativamente en la remoción de coliformes termotolerantes en aguas residuales domésticas provenientes del CITRAR debido a que no se comprobó asociación estadísticamente significativa entre los factores y la variable respuesta.

El tiempo de tratamiento del agua no influye significativamente en la remoción de coliformes termotolerantes en aguas residuales domésticas del CITRAR debido a que no existe asociación estadísticamente significativa entre los factores y la variable respuesta.

Efectos principales para la remoción de la DBO_5 y coliformes termotolerantes: la **figura 5** muestra la gráfica de efectos principales en relación a la eficiencia de remoción de la DBO_5, la gráfica indica que la densidad de corriente y el tiempo de tratamiento muestran un efecto lineal sobre la variable respuesta, en este caso sobre la eficiencia de remoción de la DBO_5, donde se observa que el mayor porcentaje de remoción (70.782%) se consigue en las condiciones experimentales máximas (45 A/m^2 y 21 min). Asimismo, la **figura 6** de efectos principales para la remoción de coliformes termotolerantes indica que, la densidad de corriente tiene un efecto de curvatura apenas perceptible sobre la variable respuesta mientras que el tiempo de tratamiento muestra un efecto de curvatura, en este caso se observa que el mayor porcentaje de remoción (99.630%) se consigue en las condiciones experimentales máximas (45 A/m^2 y 21 min).

Interacciones en la remoción de la DBO_5 y coliformes termotolerantes: la **figura 7** indica la interacción en cuanto a la eficiencia de remoción de la DBO_5, mientras más paralelas se muestren las líneas menor será la dependencia entre la variable respuesta y los factores de la experimentación. La gráfica de interacción evidencia líneas que se intersecan entre sí, hecho que permite afirmar que la eficiencia de remoción de la DBO_5 presenta dependencia de los factores de tiempo de tratamiento y densidad de corriente. Asimismo, la **figura 8** muestra la

gráfica de interacción en cuanto a la remoción de coliformes termotolerantes. La gráfica evidencia líneas que se intersecan entre sí, hecho que permite afirmar que la eficiencia de remoción de coliformes termotolerantes presenta dependencia de los factores tiempo de tratamiento y densidad de corriente.

5. CONCLUSIONES

Dentro de las conclusiones obtenidas en la presente investigación tenemos que:

La eficiencia del proceso de electroquímica-electrocoagulación en la remoción de la DBO_5 y Coliformes Termotolerantes en aguas residuales domésticas del Centro de Investigación en Tratamiento de Aguas Residuales y Residuos Peligrosos (CITRAR) fue de 70.782% y 99.63% respectivamente, por lo tanto, la eficiencia de remoción es significativa.

La densidad de corriente que favoreció la remoción de la DBO_5 en aguas residuales domésticas del CITRAR mediante electrocoagulación, fue de 45 A/m^2.

El tiempo de tratamiento que favoreció la remoción de la DBO_5 en aguas residuales domésticas del CITRAR mediante electrocoagulación, fue de 21 min.

La densidad de corriente que favoreció la remoción de microorganismos, coliformes termo tolerantes en aguas residuales domésticas del CITRAR mediante electrocoagulación, fue de 45 A/m^2.

El tiempo de tratamiento que favoreció la remoción de coliformes termotolerantes en aguas residuales domésticas del CITRAR mediante electrocoagulación, fue de 21 min.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilar Ascon, E. (2015). *Evaluación de la Eficiencia de una Celda de Electrocoagulación a escala Laboratorio para el Tratamiento de Agua.* (Tesis de Maestría), Lima-Perú.

American Public Health Association [APHA], American Water Works Association [AWWA] y Water Pollution Control Federation [WPCF]. (2005). *Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales.* Diaz de Santos, S.A.

Barboza Palomino, G. I. (2011). *Reducción de la Carga de Contaminantes de las Aguas Residuales de la Planta de Tratamiento de Totora-Ayacucho Empleando la Técnica*

de Electrocoagulación. (Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Ingeniería), Lima-Perú.

Behar Rivero, D. S. (2008). *Metodología de la Investigación.* Shalom. Recuperado el 15 de marzo de 2018, de http://rdigital.unicv.edu.cv/bitstream/123456789/106/3/Libro%20metodologia%20investigacion%20este.pdf

Cordero Medina, E. E., & Manrique Acosta, J. A. (2009). *Evaluación del Efecto de la Electrocoagulación en la Disminución de la Carga Contaminante en Aguas Residuales.* (Tesis de Pregrado, Universidad Rafael Urdaneta), Maracaibo- Venezuela.

Gutierréz Pulido, H., & De la Vara, S. R. (2008). *Análisis y diseño de experimentos* (Segunda ed.). México D.F.: McGraw-Hill Interamericana.

Hernández Lehmann, P. S. (2011). *Investigación sobre Procesos Avanzados de Tratamiento y Depuración de las Aguas mediante Electrocoagulación.* (Tesis de Doctorado, Universidad Politécnica de Madrid), Madrid-España.

Irazoque Castañeda, S. (2014). Evaluación de corriente pulsada y otras variables en la remoción de sílice por electrocoagulación. (Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México), México D. F.

Medina Cevallos, J. F., & Peralta Calderon, M. (2015). *Validación de un Prototipo de Electrocoagulación para el Tratamiento de Aguas Residuales de Alta Carga Orgánica presentes en la Industria.* (Tesis de Pregrado, Universidad Politécnica Salesiana), Cuenca.

Oficina de Medio Ambiente [OMA]. (24 de abril de 2014). *Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales.* Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento [MVCS], Lima. Recuperado el 25 de marzo de 2017, de file:///C:/Users/Qu%C3%ADmica%20General%2001/Downloads/1057.pdf.

Pantoja Piarpuzan, E. T. (2012). *Aplicación de la Electrocoagulación y Floculación sobre el Tratamiento del Drenaje Ácido Minas de Carbón.* (Tesis de Pregrado), Santiago de Cali-Colombia.

Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento y Cooperación Alemana de Desarrollo (SUNASS). (2016). *Diagnostico de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales en el Ámbito de Operación de las Entidades Prestadoras de Servicios de Saneamiento.* Lima.||

Tam Málaga, J., Vera, G., & Oliveros Ramos, R. (2008). Tipos, Métodos y Estrategias de Investigación ciientifica. Pensamiento y áccion.5,145-154

Desarrollo de una interfaz gráfica para el cálculo de series de Fourier en Matlab

Roman Gonzalez Avid, Velasquez-Lopez Gianmarco

Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, Lima Perú.

Recibido: 15/04/2021 Revisado: 21/05/2021 Aceptado: 26/06/2021 Publicado: 28/07/2021

Resumen

Enseñar y, sobre todo, aprender las series de Fourier en las carreras de ingeniería es muy importante, sin embargo, se sabe que es una asignatura que representa mucha dificultad para los estudiantes. En este trabajo se propone el desarrollo y uso de una calculadora de la serie de Fourier implementada en Matlab, utilizando una interfaz gráfica amigable, como herramienta para una mejor comprensión y análisis, de una serie de Fourier compuesta por hasta 5 funciones, aumentando el número máximo de funciones que actualmente podrían ser utilizado por aplicaciones móviles, para calcularlos. Como resultado se desarrolló una herramienta factible para mejorar la enseñanza y el aprendizaje de las series de Fourier.

Palabras clave: Series de Fourier; Educación; Desarrollo de software

Abstract

Teaching and, above all, learning the Fourier series in engineering careers is very important, however, it is known that it is a subject that represents a lot of difficulty for students. In this work we propose the development and use of a Fourier series calculator implemented in Matlab, using a friendly graphical interface, as a tool for better understanding and analysis, of a Fourier series composed of up to 5 functions, increasing the number maximum number of functions that could currently be used by mobile applications, to calculate them. As a result, a feasible tool was developed to improve the teaching and learning of Fourier series.

Keywords: Fourier series; Education; Software development

I. INTRODUCCIÓN

El aprendizaje de la serie de Fourier en las carreras de ingeniería debe ser claro y conciso, sin embargo, presenta una difícil comprensión para los estudiantes de pregrado en ingeniería, por los temas de grafico de funciones generado por otras funciones y resolución de integrales complejas, lo que puede llevar, a largo plazo una base insuficiente para las siguientes asignaturas de ingeniería. Además, tener un conocimiento solido de los principios más básicos de las series de Fourier es de suma importancia, especialmente cuando se trata de problemas que caen, por ejemplo, en el ámbito de la reconstrucción de señales multidimensionales, y que incluye la teoría de muestreo, la interpolación. , extrapolación, acondicionamiento de señales e imágenes, reparación de imágenes interactivas, de convolución y otros problemas inversos, reconstrucción en tomografía, diseño de filtros y mucho más. [1] Encontrar el método adecuado para aprender un tema es un desafío. Esto se debe principalmente a los diferentes tipos de estilos de aprendizaje y habilidades y capacidades. [2]. Algunos estudiantes pueden ser aprendices visuales, auditivos o cinestésicos [3]. Muchos estudiantes consideraron las matemáticas más específicas como un tema difícil Se han considerado diferentes estrategias para la enseñanza de las matemáticas. Los me ‘todos específicos en tecnología se están volviendo cada vez más populares entre los profesores [4]. Algunos trabajos que muestran una mejora en la comprensión de los estudiantes mediante el uso de la tecnología en la enseñanza de las matemáticas [5, 6, 7]. A pesar del potencial de las nuevas tecnologías para mejorar los resultados de la enseñanza, algunos puntos deben decidirse de antemano. [2]. Como incorporar experiencias de aprendizaje auténticas que involucren aplicaciones del mundo real. En particular, la mayoría de las aplicaciones modernas involucran componentes informa ‘ticos y tecnológicos que no se pueden replicar en un entorno de lápiz y papel; además, La resolución de problemas del mundo real es a menudo compleja, con trabajo en grupo y acceso a interdisciplinariedad [8]. Dada la pasividad general de las clases de matemáticas, existe una necesidad urgente de explorar enfoques de enseñanza alternativos que promuevan el aprendizaje activo, involucren a los estudiantes en la interacción cognitiva y fomenten el aprendizaje de forma independiente [9]. El uso de laboratorios virtuales, en los que los estudiantes tienen la libertad de explorar y experimentar, ya ha sido sugerido para química [10], física e ingeniería; la idea, sin embargo, no se ha realizado plenamente en la educación matemática [11], limitada estudios existentes sobre software de aprendizaje interactivo, [12].

Nuestro laboratorio virtual propuesto se implementa en forma de una interfaz gráfica interactiva y amigable en Matlab, que es, por diseño, independiente de la plataforma y portátil; Por lo tanto, los estudiantes pueden acceder fácilmente a estos recursos en sus computadoras personales.

Este trabajo continuo de la siguiente manera: En la sección II presentamos una descripción teórica, de los temas seleccionados, junto con recomendaciones para educadores, en la preparación de actividades de software de interfaz gráfica fácil de usar con la aplicación detallada de Matlab. El trabajo de laboratorio virtual planeado debe estar bien integrado en el plan de estudios del curso; Para ello, proponemos aprovechar el marco de la rutina pedagógica para realizar numerosas aplicaciones basadas en los conjuntos de problemas que se pueden integrar con el software interactivo. En el apartado III presentamos los resultados obtenidos en un estudio preliminar en una clase de segundo año con estudiantes de pregrado, también se han realizado, con resultados de encuestas que indican que las actividades de software son bien recibidas y logran el objetivo de mejorar el aprendizaje. Finalmente, en la Sección IV, se puede ver la discusión del trabajo.

II. METODOLOGÍA

Aplicamos el concepto de laboratorio virtual a los temas de la serie Fourier; En principio, la herramienta pedagógica de los laboratorios virtuales es relevante para una amplia gama de disciplinas matemáticas, incluyendo geometría, calculo multivariable y vectorial y ecuaciones diferenciales, en las que la visualización interactiva y la experimentación libre son de gran ayuda para el Aprendizaje Abordando escenarios de problemas del mundo real. a través del laboratorio virtual también desarrolla conjuntos de habilidades fundamentales de análisis de datos y ciencia de datos de amplio alcance. Se presenta una descripción teórica con una visión general de la serie de Fourier que se detectara en el desarrollo del software y el algoritmo que sigue el software para encontrar los coeficientes de una serie de Fourier.

A. Series de Fourier

Una serie de Fourier es una descomposición de una función periódica en una suma de sinusoidal específicamente, la expansión de la serie de Fourier de una función $f(t)$ integrable en [t_0, t_0 + T] y periódico con el período T se puede escribir como:

$$f(t) = \frac{1}{2}a_o + \sum_{x=1}^{\infty} a_n cos(nw_0 t) + \sum_{x=1}^{\infty} b_n sin(nw_0 t)$$

$$f(t) = \frac{1}{2}a_o + \sum_{x=1}^{\infty} A_n sin(nw_0 t + \phi_n) \qquad (1)$$

Donde w_0 = 2π/T es la frecuencia fundamental, y An =(a_n^2 + b_n^2)$^{\frac{1}{2}}$ y $\phi = \tan^{-1}(b_n/a_n)$ .Si una forma de onda determinada se define solo en el dominio $[t_0, t_0 + T\ ]$,se puede hacer periódico con el período T repitiéndolo de un extremo a otro. Nosotros llamamos $a_0/2$ el término medio, y $A_n sin(nw_0 t + \phi_n)$ el th armónico. Las amplitudes a_n y b_n se conocen como los Coeficientes de Fourier. Esto nos lleva al siguiente método para calcular los coeficientes de amplitud:

$$a_o = \frac{2}{T}\int_{t_0}^{t_0+T} f(t)dt$$

$$a_n = \frac{2}{T}\int_{t_0}^{t_0+T} f(t)cos(nw_0 t)dt \quad (n \geq 1)$$

$$b_n = \frac{2}{T}\int_{t_0}^{t_0+T} f(t)csin(nw_0 t)dt \quad (n \geq 1) \qquad (2)$$

B. Desarrollo de software

El software desarrollado consta de 3 interfaces gráficas muy amigables y fáciles de usar, la primera interfaz nos permite seleccionar la cantidad de funciones que queramos de 2 a 5 funciones en total, además cuenta con parámetros y botones de verificación. El botón de parámetro nos llevará a la interfaz secundaria donde podemos darle un valor a la función y que rangos tomará, también tiene un botón de graficar, para verificar si es la función que queremos, si cumple con las condiciones seleccionaremos , el siguiente botón a aplicar, el cual guardará la función con sus respectivos parámetros, una vez todas las funciones que elegimos al inicio, en la interfaz 1 se podrá verificar desde esta misma interfaz para verificar que

las funciones cumplen con los parámetros correspondientes , luego aparecerá un botón de gráfico para generar un gráfico de todas las funciones, también aparecerá el botón de buscar que no conducirá a la tercera y última interfaz, donde podemos encontrar los coeficientes de la serie de Fourier.

En el siguiente diagrama de flujo, podemos ver el algoritmo de uso del software para el cálculo de cualquier serie de Fourier compuesta por hasta 5 funciones.

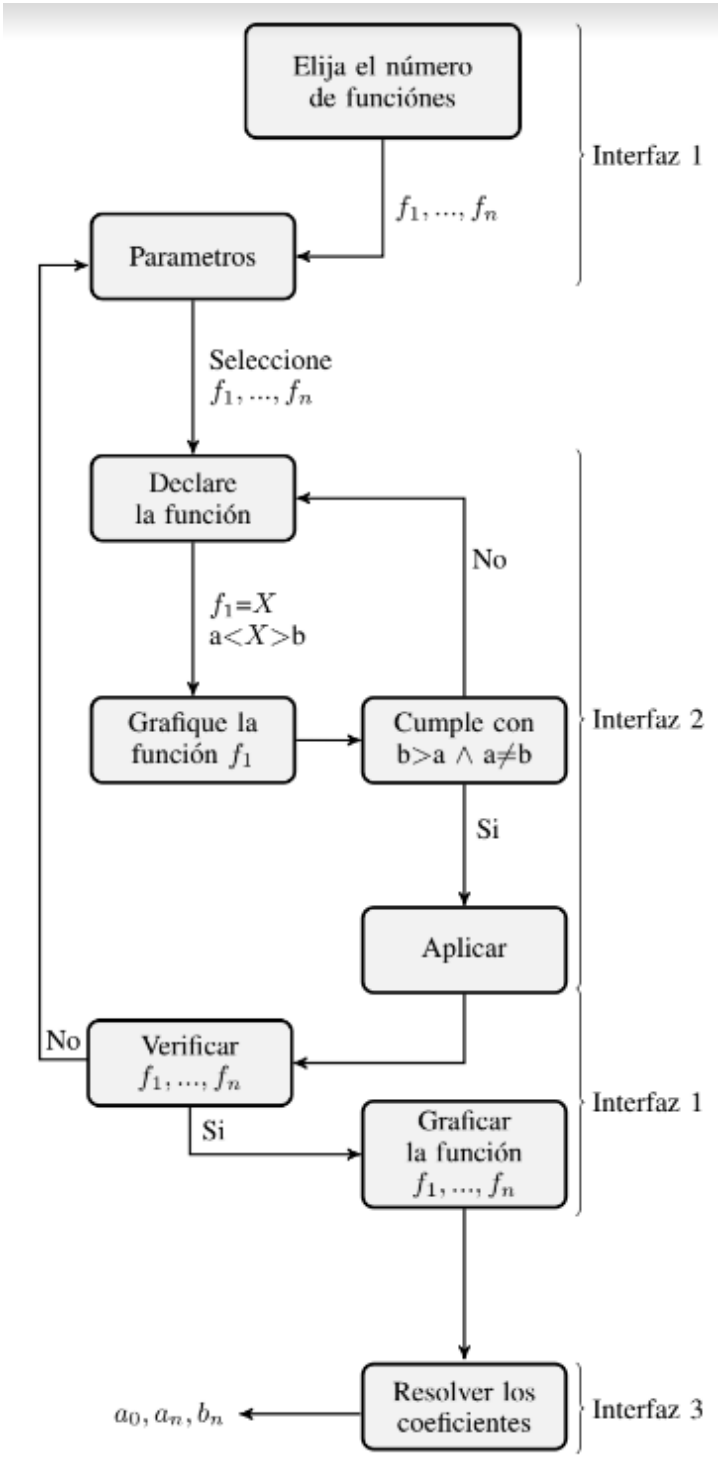


Fig. 1. Diagrama de flujo de software con sus interfaces gráficas

C. Control de Errores

El funcionamiento del software está vinculado al diagrama de flujo de la Figura 1, para el correcto funcionamiento del software se programaron más de 10 avisos al usuario conteniendo la información adecuada para que pueda seguir trabajando, además de una limpieza total de datos. cada vez desde los botones de reinicio, cierre o elimine la pestaña. El software es de código abierto para minimizar la cantidad de errores que puedan ocurrir en algún momento en el funcionamiento del mismo a través de los correos electrónicos de los autores podemos tener una buena retroalimentación de cualquier posible error que no haya sido detectado. Para el uso de la herramienta solo se necesita el programa Matlab.

```
switch oiecy

    case '2'
if   [(oiecy == '2' && boli >=2)  && ( tt2 == tt3)]
     set(handles.BotonGraficar,'Visible','On')
     set(handles.f1,'string',io1)
     set(handles.f2,'string',io2)

elseif  [(oiecy == '2' && boli >=2)  && ( tt3 ~= tt2)]
    msgbox('Los periodos de las funciones deben ser consecutivas','Cambie el periodo')
    set(handles.BotonGraficar,'Visible','Off')
else
    msgbox('Rellene los parametros de las funciones restantes porfavor','Ingrese todos los datos')
    set(handles.BotonGraficar,'Visible','Off')
end
end
switch oiecy
    case '3'
if  [(oiecy == '3' && boli >=3) && (( tt2 == tt3)&& (tt4 == tt5))]
    set(handles.BotonGraficar,'Visible','On')
     set(handles.f1,'string',io1)
     set(handles.f2,'string',io2)
     set(handles.f3,'string',io3)
elseif [(oiecy == '3' && boli >=3)  && (( tt2 ~= tt3) || (tt4 ~= tt5)) ]
    msgbox('Los periodos de las funciones deben ser consecutivas','Cambie el periodo')
    set(handles.BotonGraficar,'Visible','Off')
else
    msgbox('Rellene los parametros de las funciones restantes porfavor','Ingrese todos los datos')
    set(handles.BotonGraficar,'Visible','Off')
end
end
```

III. RESULTADOS

Se ha logrado como resultado un software que le permite al estudiante una herramienta para crear sus problemas de series de Fourier y poder calcular automáticamente sus coeficientes e interactuar libremente múltiples veces, se ha podido incrementar el número máximo de funciones que se pueden integrar actualmente en aplicaciones móviles.

A. Interfaz 1

Interfaz 1 Disponemos de una lista de botones donde podemos elegir las funciones correspondientes a nuestra serie Fourier y podemos borrarlas automáticamente mediante el botón de reset.

B. Interfaz 2 Interfaz 2

Aquí ı podemos darle un valor a la función puede ser logarítmica exponencial sinusoidal, de cualquier tipo también podemos graficarla en los intervalos que hayas elegido para esta función, si todo es correcto nos aparecer a el botón aplicar que nos salvar a esta función en la interfaz principal

C. Interfaz 3

En la interfaz 3 podemos encontrar los coeficientes de Fourier de la función definida en piezas por la interfaz 1

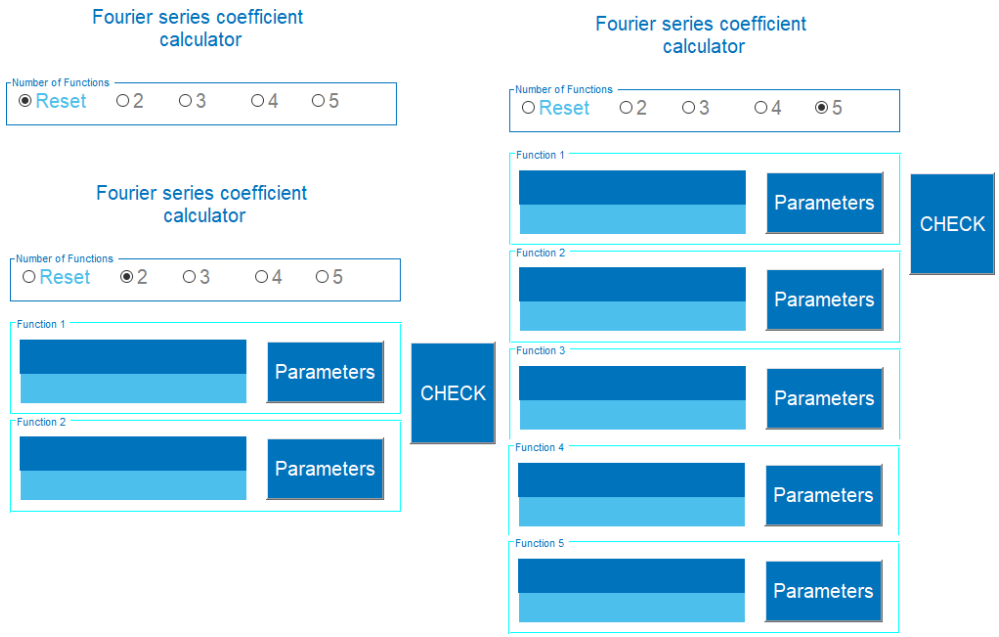


Fig. 3. Interfaz 1

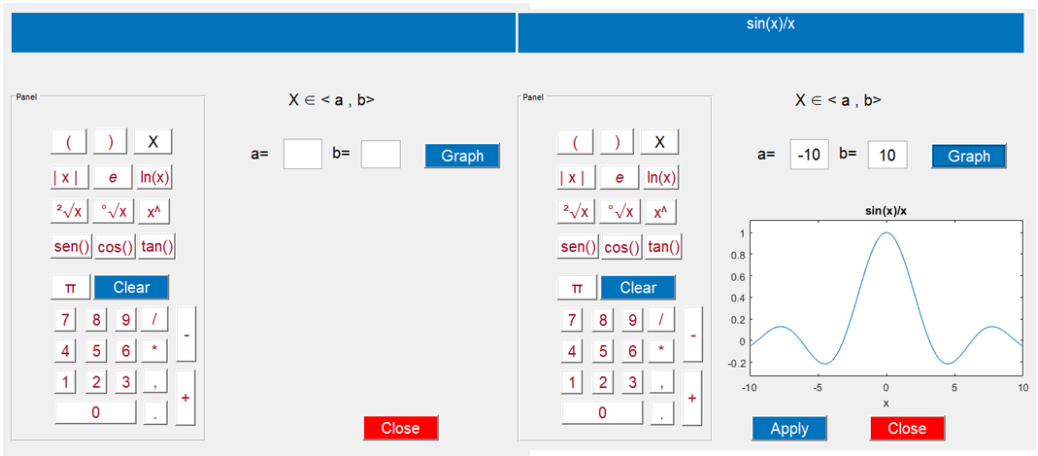


Fig. 4. Interfaz 2

IV. DISCUSIÓN

Los estudiantes universitarios de segundo año de ingeniería electrónica fueron tomados en grupo, para la evaluación como ayuda para una mejor comprensión y aprendizaje de la temática de las Series de Fourier, también se entregó el software al Phd.Roman Gonzales Avid para que pueda ser probado y alcanzado en un mayor número de estudiantes, en la posterior revisión de este artículo, este estudio se puede ubicar porque el tiempo de evaluación aún no ha terminado.

V. REFERENCES

[1] Manuel J.C.S., March 13-15, 2013,"Teaching of Fourier Series Ex-pansions in undergraduate education",2013 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON),Berlin, Germany.

[2] Ibrahima Faye, 26-29 August 2013,"Mohd Yunus Nayan Strategies for teaching confusing topics in Mathematics: A case study", Bali Dynasty Resort, Kuta, Indonesia 2013 IEEE International Conference on Teach- ing, Assessment and Learning for Engineering (TALE)

[3] Thomas F. Hawk, Amit J. Shah,Jan 2007, "Using Learning Style In- struments to Enhance Student Learning" Decision Sciences Journal of Innovative Education, Vol.5, No 1.

[4] Association of Mathematics Teacher Educators Technology commite Draft position statement titled Preparing Teacher to Use Technology toEnhance the Learning of Mathematics 2005

[5] Olive, J., & Makar, K., with V. Hoyos, L. K. Kor, O. Kosheleva, & R.Straesser (2010)."Mathematical knowledge and practices resulting from access to digital technologies". In C. Hoyles & J. Lagrange (Eds.),Mathematics education and technology – Rethinking the terrain. The 17th ICMI Study (pp. 133–177). New York: Springer.

[6] Farrell, A. M. (1996). "Roles and behaviors in technology-integrated precalculus classrooms". Journal of Mathematical Behavior, 15, 35–53.

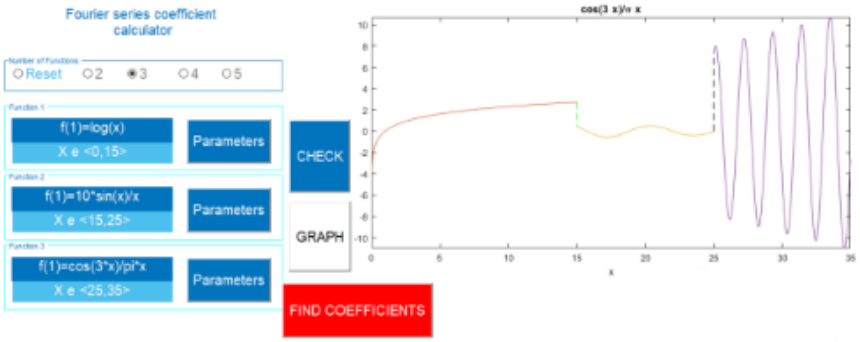
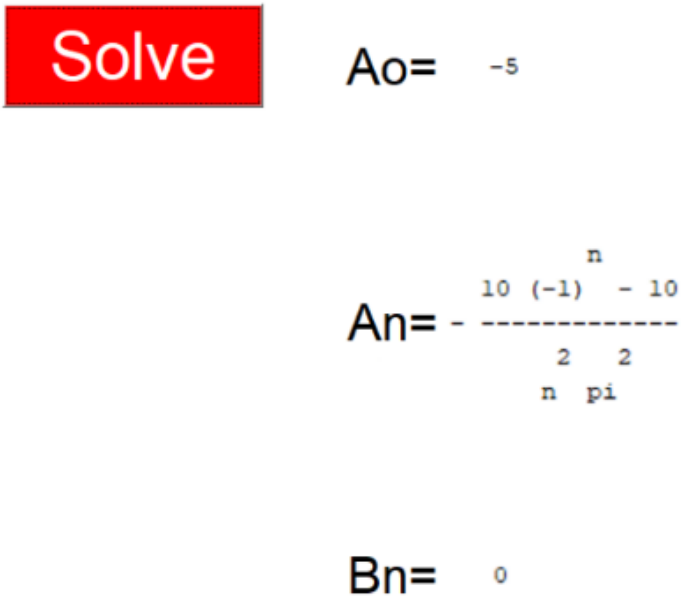


Fig. 5. Una vez verificado, procederemos a graficar las funciones generando una nueva a partir de estas a la que se pueden encontrar los coeficientes de la serie de Fourier a través de la interfaz 3



[7] Makar, K., & Confrey, J. (2006). "Dynamic statistical software: How are learners using it to conduct data- based investigations? " In C. Hoyles, J.Lagrange, L. H. Son, & N. Sinclair (Eds.), Proceedings of the 17th Study Conference of the International Commission on Mathematical Instruction.

[8] Kang - Hao Cheong & Jin Ming Koh,"Integrated Virtual Laboratory in Engineering Mathematics Education: Fourier Theory", October 29, 2018 Ieee Access vol 6

[9] P. S. Chan, 2016 "From passive to active learning in a-level mathematics classroom," in Proc. 12th Int. Conf. Learn. Sci., pp. 1302–1305.

[10] E. P. Stevens, “Affecting Student Engagement in an Online Course through Virtual Laboratory Exercises”. Washington, DC, USA: ACS, ch. 4, pp. 47–56,2017.

[11] G. As ̧ıksoy and D. Islek, “The impact of the virtual laboratory on students’attitude in a general physics laboratory,” Int. J. Online Eng., vol. 13, no. 4,pp. 20–28, 2017.

[12] J. Saenz, J. Chac ´ on, L. D. L. Torre, A. Visioli, and S. Dormido, “Open and low-cost virtual and remote labs on control engineering,” IEEE Access, vol. 3, pp. 805–814, 2015

Detección de fallas de arco eléctrico en redes eléctricas domesticas AC basado en el análisis de la tensión y corriente

[1]Jinmi Lezama, [2] Patrick Schweitzer, [2]Serge Weber

[1]Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, Lima Perú.
[2] Universidad de Lorraine, Lorraine - Francia.

Recibido: 15/04/2021 Revisado: 21/05/2021 Aceptado: 26/06/2021 Publicado: 28/07/2021

Resumen

La protección de las instalaciones eléctricas basadas en disyuntores electromagnéticos permite la detección de fallas de tipo cortocircuito y sobre corriente, sin embargo, se ha observado la presencia de fallas de tipo arco eléctrico, los cuales han sido los iniciadores de incendios en viviendas de Estados Unidos y Europa, debido a que las fallas de tipo arco eléctrico serie pueden generar altas temperaturas. Este articulo presenta un método de detección de fallas de arco eléctrico serie basado en el análisis de la forma de onda y la rapidez de cambio del flujo de corriente al momento de la producción de la descarga entre dos electrodos. Los resultados presentados muestran la posibilidad del uso de este método para la detección de fallas eléctricas y fallas de tipo arco eléctrico serie en las instalaciones eléctricas.

Palabras clave: Incendios, arco eléctrico serie, disyuntores, análisis de señales, algoritmos

Abstract

Protection of electrical installations based on electromagnetic circuit breakers allows the detection of short- circuit and overcurrent faults, however, the presence of arcing faults has been observed, which have been the initiators of fires in homes in the United States and Europe, because arcing faults can generate high temperatures. This paper presents a method for detecting series arcing faults based on the analysis of the signature and the rate of change of current, when the restrike voltage is reached between two electrodes. The results presented show the possibility of using this method for the detection of electrical faults and series arc faults in electrical installations.

Keywords: Fire, serial arc fault, circuit breakers, signal analysis, algorithms

I. Introducción

Las redes de distribución y transmisión eléctrica AC y DC pueden presentar diferentes tipos de fallas como son: corto circuito, fallas por sobre carga, fallas de arcos eléctricos, etc. que podrían generar un mal funcionamiento de los equipos eléctricos y/o también ser la fuente de la iniciación de diferentes incidentes (incendios, electrocución, etc…). Las fallas de origen eléctrico son una de las principales causas de incendios en viviendas en Estados Unidos y Europa.

En el 2014, según el reporte de emergencias atendidas a nivel nacional por el cuerpo general de bomberos del Perú, indican que ha existido un total de 9430 incendios, de los cuales el 35% fueron de origen eléctrico, y de estos 1703 casos son emergencias por cortocircuitos, de las cuales son atribuidas directamente a cortocircuitos y femémonos ligados a los cortocircuitos u otro tipo de fallas eléctricas.

En la actualidad los sistemas eléctricos de baja tensión AC cuentan con dispositivos de protección denominados interruptores magnetotérmicos capaces de proteger un circuito eléctrico contra fallos de corto circuito y sobre corriente basados en el análisis magnético y térmico de la corriente eléctrica cuando un fallo es producido. Sin embargo, estudios recientes han demostrado la existencia de otro tipo de fallas que podrían originar el riesgo de incendios en las instalaciones eléctricas, estas fallas son denominadas de tipo arco eléctrico, producidas por instalaciones defectuosas, conductores dañados, mala conexión de conductores, el envejecimiento de instalaciones, etc. Siendo un motivo importante detectar estos fallos para tratar de prevenir la producción de incendios. Una falla de arco eléctrico es producida por una interrupción galvánica de la fuente de alimentación, por lo cual el aire se ioniza ante descargas eléctricas, generando un puente conductor de corriente sin contacto, si el arco se mantiene durante un suficientemente largo el arco serie puede liberar una gran cantidad de energía, llegando a alcanzar una temperatura de 5000 ºC (Floyd, 2003), generando la carbonización del cable y el inicio de un incendio. Si el material que se encuentra en contacto al arco eléctrico es inflamable, existe una gran posibilidad de generación del incendio. Debido a que un arco eléctrico es un fenómeno que se presenta con una impedancia característica, los valores de tensión y corriente no son elevados, por lo cual un disyuntor termomagnético tradicional no podrá detectar este tipo de fenómenos.

La norma UL (UL1699) de los Estados Unidos impone el uso de dispositivos electromagnéticos que detecten fallas de origen eléctrico, denominados Arc Fault Circuit Interrupter (AFCI) (Underwriters Laboratories, 2008). En el caso europeo la norma IEC 62606 (IEC62606, 2013) impulsa el uso de dispositivos termomagnéticos de detección de fallas de origen eléctrico.

Diversas técnicas son propuestas para la detección de estas fallas, las cuales son basados principalmente en el análisis de frecuencias y de forma, tomando en consideración la gran variedad de cargas eléctricas domesticas presentes en una red AC que podrían influenciar sobre el método y generar una falsa detección.

Los distintos métodos están basados en el análisis frecuencial, como es el análisis del rango de frecuencias hasta 20 kHz, las variaciones del 3er y 5to armónico (Artale, 2017), las variaciones a alta frecuencia superior a 20MHz (Bao, 2019) y evaluación de armónicos (Qu, 2018) pares e impares. De la misma forma otros métodos están basados en el análisis en el dominio temporal (Yanq, 2020) como la variación armónica, la autocorrelación, la transformada de wavelet (Qi, P, 2017), redes neuronales (Le, 2020), entre otros.

El articulo presenta la evaluación de un algoritmo basado en el análisis del cambio rápido de conducción de corriente, mediante el cálculo de la derivada, para la detección de una falla de origen eléctrico en distintas configuraciones de posicionamiento de la carga.

II. Metodología de trabajo

El desarrollo del artículo es dividido en 4 fases; La primera fase es la adquisición de señales de corriente y tensión AC de sistemas en funcionamiento normal y con la presencia de una falla de arco eléctrico serie generada de forma experimental en laboratorio. La segunda fase se encuentra en el estudio y validación de la técnica de detección de fallas de arco eléctrico y en la tercera fase, se realizará las pruebas de evaluación del algoritmo para distintas configuraciones de carga.

II.1. Generación de fallas eléctricas.

La generación del arco eléctrico en régimen AC (según la figura 1), es producida por una descarga debido a la ionización del medio entre los 2 electrodos. Donde la corriente AC genera una alternancia del campo eléctrico entre el ánodo y cátodo provocando un desplazamiento alterno de los electrones, la frecuencia alternativa baja AC de 50 o 60 Hz permite que un electrón pueda alcanzar el ánodo facilmente.

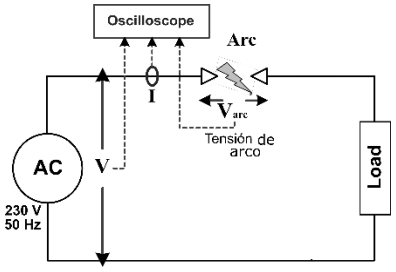


Figura 1. Circuito de generación de falla de arco eléctrico serie.

La figura 2 muestra la forma de onda de la corriente (azul), la tensión (rojo) y la tensión de arco (negro) cuando una falla de arco eléctrico serie es producido. En esta figura se observa que, al momento del paso por cero de la corriente, esta se mantiene hasta que la tensión entre los dos electrodos pueda alcanzar la tensión de restrike, es en este momento que se produce la descarga eléctrica y el flujo de electrones (la corriente eléctrica que está en razón de la tensión de alimentación y la carga) hasta el siguiente paso por cero.

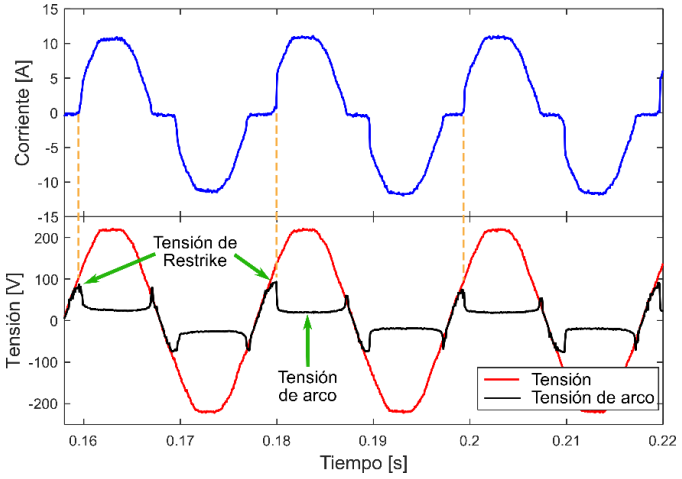
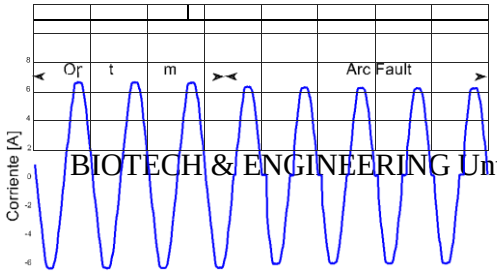


Figura 2. Forma de onda de corriente y tensión de arco de una carga resistiva

II.2. Test de generación de fallas de arco eléctrico en distintas cargas

La forma de onda de una falla de arco eléctrico puede variar en función de la carga eléctrica conectada en el circuito, en este articulo analizaremos la forma de onda de la corriente para una carga de tipo resistivo (figura 3), una carga de tipo motor (figura 4), una carga de tipo variador de intensidad (figura 5) y una carga de tipo escondida que consta de una resistencia en paralelo con una falla de arco eléctrico y un variador de intensidad (figura 6).



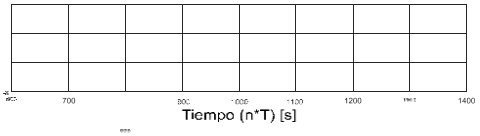


Figura 3. Carga resistiva

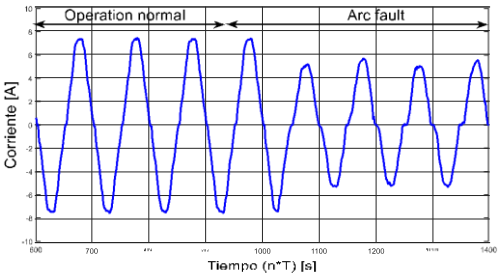


Figura 4. Carga tipo motor

II.3. Métodos de detección basado en la derivada de la corriente.

El algoritmo se basa en el análisis del cambio de régimen de una señal (Johnson, 2012) (Tisserand, 2015). La figura 7 muestra la base teórica del método que detecta una discontinuidad de la señal, observada a partir de una variación de nivel. Siendo el cálculo de la derivada definido como la razón de cambio entre 2 puntos de análisis, lo cual ser una variable que evidencia un cambio fiable al momento de la producción de un arco eléctrico.

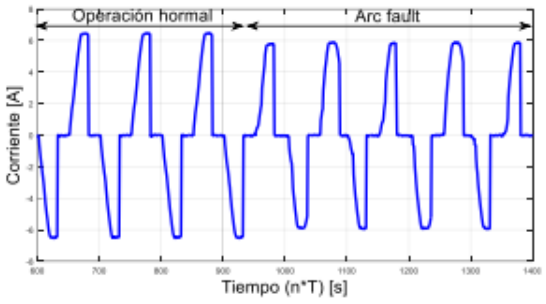


Figura 5. Carga variador de intensidad

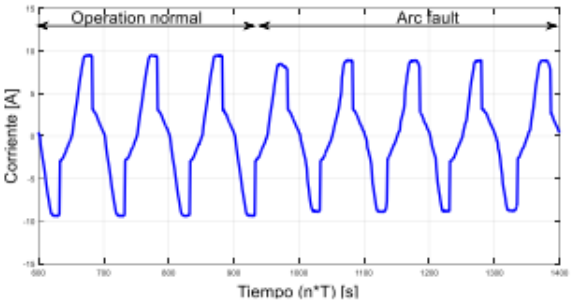


Figura 6. Carga escondida

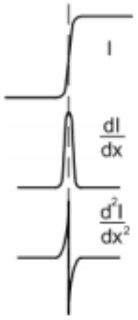


Figura 7. Detección de la discontinuidad en una señal

Si consideramos una función y(x) definida sobre un intervalo de N valores discretos 0<x<N. La señal es muestreada periódicamente a una razón de x(k)=kT. La estimación de la primera derivada numérica de y(x) en el punto x es descrito según la ecuación 1.

$$y'(x) \approx \frac{y(x_1) - y(x_0)}{x_1 - x_0}, \ x \in [x_0, x_1] \qquad (1)$$

De donde la expresión de la derivada puede ser expresada en la ecuación 2, el cual es obtenido para cada una de las muestras adquiridas

$$y'(x_k) = \frac{y(x_k) - y(x_{k-1})}{T} + \mathcal{O}(T) \qquad (2)$$

A partir de la ecuación 2 se extrae una segunda ecuación de diferencia centrado en el orden 2 para y(x). De acuerdo a la ecuación 3, podemos observar que para una diferencia de orden 1, el error vario linealmente a razón de T y para el caso de la diferencia de orden 2 la diferencia varía según T^2. En este sentido para una función de "y" suficientemente liza y para un pequeño paso de T, la diferencia de orden 2 generara un error más pequeño. Por otro lado, un problema para tener en cuenta en este método es la sensibilidad al ruido de medida.

$$y'(x_k) = \frac{y(x_{k+1}) - y(x_{k-1})}{2T} + \mathcal{O}(T^2) \qquad (3)$$

II.4. Principio de detección.

El método de calculo de la derivada es basado sobre la detección del cambio rápido de corriente. Según la teoría, un arco eléctrico es producido cuando la tensión aplicada alcanza un nivel suficiente para iniciar una descarga entre dos electrodos (denominado tensión de restrike), la corriente eléctrica, al momento del restrike, comienza un cambio rápido, pasando de un nivel cero amperios de corriente a una zona de conducción proporcional a la relación de tensión y la impedancia (Figura 2).

Con el fin de incrementar la razón de cambio de la derivada de corriente, es posible realizar el cálculo de la tercera derivada de la corriente. La principal idea de realizar este cálculo es con el fin de obtener de razón fiable las transiciones rápidas de corriente cuando la producción de un arco es efectuada. La primera derivada expresa las variaciones dadas a un cambio de forma de onda, pero esta no es muy importante. De acuerdo a la ecuación 4, la obtención de la tercera derivada es posible obtener una variación más pronunciada producto del cálculo de diferencias obtenido.

$$y'''(x_k) = \frac{y(x_{k+2}) - 3 * y(x_{k+1}) + 3 * y(x_{k-1}) - y(x_{k-2})}{T^3} \qquad (4)$$

III. Resultados

Las señales adquiridas son muestreadas a una frecuencia de muestreo de 5 kHz.

La figura 8 y figura 9 muestran los resultados obtenidos para el calculo de la 3ra derivada con la ecuación 4 de la corriente sobre una carga resistiva en operación normal (figura 8) y la figura 9 muestra la corriente y la respuesta de la tercera derivada para una carga resistiva con presencia de fallas de arco.

La figura 10 muestra el resultado obtenido para el cálculo de la tercera derivada para una carga de tipo regulador de intensidad en operación normal y con presencia de una falla de tipo arco eléctrico serie. En esta figura podemos observar que las señales del funcionamiento normal y en presencia de un arco eléctrico son muy similares, y por ende la detención del calculo de la tercera derivada presenta una respuesta muy similar para ambos casos.

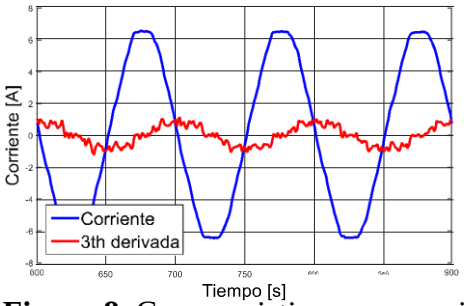


Figura 8. Carga resistiva en operación normal

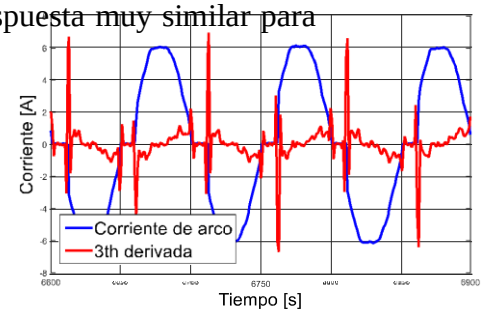


Figura 9. 3ra derivada de corriente con falla de arco

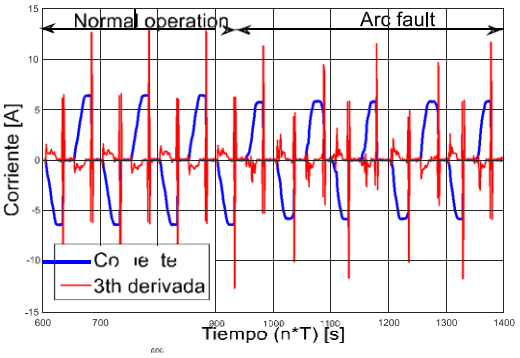


Figura 10. 3ra Derivada de corriente para una carga de tipo regulador de intensidad.

De acuerdo al análisis realizado, un arco eléctrico serie es un fenómeno que presenta una característica fuertemente caótica, no repetitiva (Tisserand, 2015), el cual es ligado a condiciones de aparición de una descarga influenciada por la naturaleza de los electrodos, la temperatura, la presión, la composición del aislante (gas, cables, etc.) y por el tipo de carga. Es de acuerdo a esta observación que se plantea la ecuación 5, la cual evidencia la diferencia existente entre el cálculo de la 3ra derivada entre 2 periodos consecutivos.

$$Diff_{3eD} = [C_{3eD}(i) - C_{3eD}(i - N)] \qquad (5)$$

Donde: C3eD son los valores del cálculo de la 3ra derivada, y N es el número de muestras por periodo. De acuerdo a la aplicación de la ecuación 5, la figura 11 muestra los resultados obtenidos para una señal del variador de intensidad en operación normal y con la presencia de una falla de arco eléctrico.

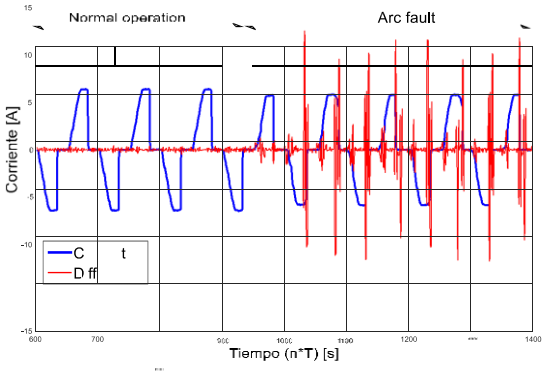


Figura 11. Calculo de la diferencia (Diff3eD) de la 3ra derivada para una carga de tipo variador de intensidad.

La figura 12 muestra el resultado obtenido de la aplicación del método basado en la ecuación 5 para una carga resistiva en operación normal y con presencia de falla de arco eléctrico serie.

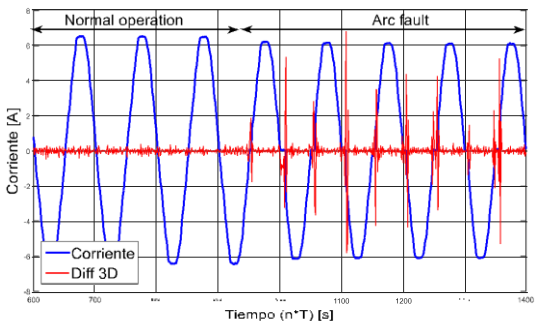


Figura 12. Diff3eD para una carga de tipo resistivo

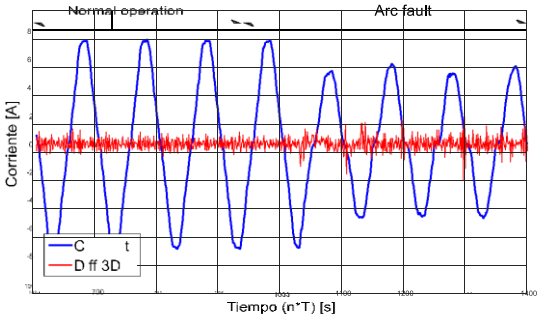


Figura 13. Diff3eD para una carga de tipo motor

La figura 13 muestra el resultado obtenido para una carga de tipo aspirador en operación normal y con presencia de falla de arco eléctrico serie.

La figura 14 muestra el resultado obtenido de la aplicación del método basado en la ecuación 5 para una carga de tipo variador de intensidad en operación normal y con presencia de falla de arco eléctrico serie. La figura 15 muestran los resultados obtenidos para una carga escondida o en combinación de carga (comprendía en una carga resistiva en paralelo con el variador de intensidad y la falla de arco eléctrico serie).

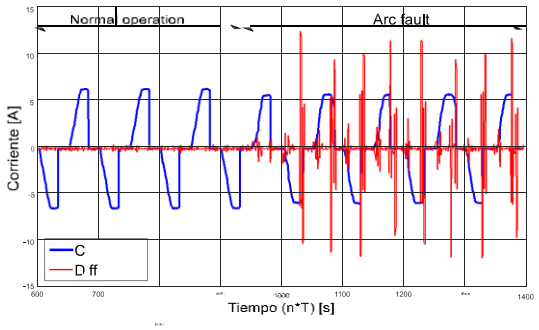


Figura 14. Diff3eD para una carga de tipo variador de intensidad.

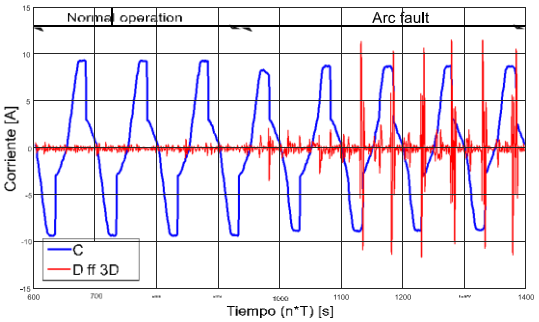


Figura 15. Diff3eD para una carga de tipo escondida.

Pese a los buenos resultados observados, el método presentado es aún sensible al ruido y variaciones relativas a los fenómenos de la línea eléctrica. Siendo de esta forma que los resultados pueden conducir a falsas detecciones de fallas de arco, sobre todo e el caso de cargas de tipo motor o aspirador.

IV. Conclusiones

El articulo presenta el trabajo realizado para la adquisición de señales de corriente (forma de onda) de distintas cargas y configuraciones. El método planteado ha permitido observa y aprovechar los cambios rápidos de corriente cuando una descarga (tensión de restrike) es producida. Este método es basado en la 3ra derivada, adicionalmente, se propone la mejora del método de detección, explotando una de las características importantes de las fallas de arco eléctrico, como lo es la no repetitividad del fenómeno entre dos periodos consecutivos. Los resultados han mostrado que es posible la detección para distintos tipos de falla de arco eléctrico, sin embargo, existen algunas combinaciones y cargas, como la de tipo motor, que dificulta su detección con este método. La siguiente etapa de este trabajo consistirá en la implementación de los algoritmos en un dispositivo embebido para su análisis en tiempo real.

V. Referencias Bibliográficas

Underwriters Laboratories (2008). *UL Standard for safety for Arc Fautl Circuit Interrupter*. ANSI UL 1699, vol. 2, p. 122.

IEC62606 (2013). *General requeriments for arc fault detection devices*. International Electrotechnical Commission. First Edition, p. 150.

Floyd, H. L., Andrews, J. J., Capelli-Schellpfeffer, M. A. R. Y., & Liggett, D. P. (2003). *An overview of the state-of-the-art in electrical safety technology, work practices and management systems*. In Conference Record of the 2003 Annual Pulp and Paper Industry Technical Conference, 2003. (pp. 123-140). IEEE.

Johnson, J., & Kang, J. (2012, June). *Arc-fault detector algorithm evaluation method utilizing prerecorded arcing signatures*. In 2012 38th IEEE Photovoltaic Specialists Conference (pp. 001378-001382). IEEE.

Tisserand, E., Lezama, J., Schweitzer, P., & Berviller, Y. (2015). *Series arcing detection by algebraic derivative of the current*. Electric Power Systems Research, 119, 91-99.

Le, V., Yao, X., Miller, C., & Tsao, B. H. (2020). *Series dc arc fault detection based on ensemble machine learning*. IEEE Transactions on Power Electronics, 35(8), 7826-7839.

Artale, G., Cataliotti, A., Cosentino, V., Di Cara, D., Nuccio, S., & Tine, G. (2017). *Arc fault detection method based on CZT low-frequency harmonic current analysis*. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 66(5), 888-896.

Yang, K., Chu, R., Zhang, R., Xiao, J., & Tu, R. (2020). *A novel methodology for series arc fault detection by temporal domain visualization and convolutional neural network*. Sensors, 20(1), 162.

Bao, G., Gao, X., Jiang, R., & Huang, K. (2019). *A novel differential high-frequency current transformer sensor for series arc fault detection*. Sensors, 19(17), 3649.

Qi, P., Jovanovic, S., Lezama, J., & Schweitzer, P. (2017). *Discrete wavelet transform optimal parameters estimation for arc fault detection in low-voltage residential power networks*. Electric Power Systems Research, 143, 130-139.

Qu, N., Wang, J., & Liu, J. (2018). *An arc fault detection method based on current amplitude spectrum and sparse representation*. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 68(10), 3785-3792.

Análisis de Retorno de Corrientes de Falla a Tierra y Tensiones de Toque en sistemas IT con nuevo "factor capacitivo"

Piero Stephano Prado Zuta, Jamir Alberto Ravines Ayambo, Franklin José Picón Arana, Fabrizio Armando Millan Montalvo

Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, Lima Perú.

Recibido: 15/04/2021 Revisado: 21/05/2021 Aceptado: 26/06/2021 Publicado: 28/07/2021

1. RESUMEN

En este artículo se desarrollarán dos puntos, la explicación de las corrientes de defecto a tierra en sistemas de distribución con sistemas de conexión a tierra IT con neutro aislado, muy usual en Lima Metropolitana, partiendo de que la corriente de falla no podría viajar por conexiones cableadas entre tomas de tierra o un neutro distribuido, ya que son inexistentes en este sistema de conexión a tierra. El segundo punto es la definición de un nuevo factor exclusivo para este sistema de conexión a tierra, denominado *factor capacitivo* (k_c) que surge del análisis de la falla a tierra por circuitos secuenciales simétricos que incluyen capacitancias parásitas, para el caso de *bushings* secundarios de transformadores de subestaciones de distribución de los cuales salen tres fases enterradas, dicho factor tiene como finalidad la evaluación de las tensiones de toque en sus masas de utilización para confirmar si se cumplen con requisitos estipulados por la IEC 60364, mediante un enfoque simplificado que considerará variables típicas como la tensión entre fases y el valor de la resistencia de puesta a tierra de las masas de utilización.

Palabras clave: Sistemas de conexión a tierra IT, Tensión de Toque, Capacitancias Parásitas, IEC 60364.

1. ABSTRACT

In this article two points will be developed, the explanation of the ground fault currents in distribution systems with IT grounding systems with isolated neutral, based on the fact that the fault current could not travel through connections wired between ground connections or a distributed neutral, since they are non-existent in this system. The second point is the definition of a new exclusive factor for this grounding system, called capacitive factor (k_c) that arises from

the analysis of the ground fault by symmetrical sequential circuits that include parasitic capacitances, in the case of secondary bushings of distribution substation transformers from which three buried phases emerge, and whose purpose is to evaluate the touch voltages in their masses of use to confirm if they meet the requirements stipulated by IEC 60364, through a simplified approach that will consider variables typical such as the voltage between phases and the value of the earthing resistance of the masses of use.

Keywords: IT Grounding Systems, Touch Voltage, Parasitic Capacitances, IEC 60364.

2. INTRODUCCIÓN

En instalaciones eléctricas se debe priorizar la seguridad contra riesgos latentes y patentes teniendo como prioridad la vida humana y en segundo lugar la protección del equipo eléctrico. Según Schneider Electric (2010) y el vocabulario electrotécnico internacional IEC 60050 que se citó en ABB (s.f.) el contacto indirecto se produce cuando el contacto se da con piezas que comúnmente no están activas y que se energizan por un defecto en la red o un conductor con fallas de aislamiento. Este último tipo de contacto produce una corriente que llega a la toma de tierra mediante el conductor de protección a tierra (PE).

En personas los principales riesgos se pueden medir en dos parámetros según ABB (2007) que son la tensión de paso y tensión de toque. En el presente artículo desarrollaremos un factor $\boldsymbol{k_c}$ llamado *factor capacitivo* que nos permitirá calcular la tensión de toque y de esta manera prevenir sus efectos en la red. Además, se analizará el retorno de las corrientes en un defecto a tierra al transformador con un esquema de protección a tierra IT, muy usual en Lima, ya que esta produce la tensión de toque mencionada que puede desencadenar contactos indirectos peligrosos si exceden los valores permisibles.

3. ANÁLISIS Y METODOLOGÍA

Se partirá de demostraciones electromagnéticas de la equipotencialidad del suelo y la explicación de las capacitancias parásitas con el uso de circuitos secuenciales explicados por Guldbrand (2009), para así apoyados de valores típicos de capacidades parásitas extraídas de Jullien et. al. (2001) calcular valores de tensión de toque referenciales a través del factor capacitivo "$\boldsymbol{k_c}$" expuesto y demostrado en este artículo, por último, se calcularán los valores de tensión de toque en sistemas de distribución en baja tensión de Lima, sin embargo, el $\boldsymbol{k_c}$ puede extrapolarse a otros voltajes.

3.1. La equipotencialidad del suelo

Al ocurrir un defecto a tierra; las corrientes, independientemente de su ECT (Esquema de Conexión a Tierra), vuelven al transformador a través del suelo desde su toma de tierra ya implementada (TT), su masa (TN) o mediante capacidades parásitas (IT). Pero el porqué de este fenómeno no está aclarado en guías técnicas, por lo que se recurre al análisis electromagnético para encontrar el motivo de este puente equipotencial en el suelo. En primera instancia se puede descartar que se produzca por un fenómeno de conducción eléctrica en el suelo, puesto que la resistividad del suelo es muy alta en comparación a los conductores de línea. Además, el anterior supuesto contradeciría a Jullien et. al. (2001), ya que no consideran la resistencia del suelo en sus cálculos.

La respuesta a esta cuestión se encuentra con la equipotencialidad de la tierra. Es decir, sin caídas de tensión. Esto sería posible si el potencial eléctrico a donde están conectados los terminales de los sistemas de puesta a tierra mencionados sería idéntico. La demostración se hará enseguida.

Se partirá por el cálculo del potencial en la superficie de una esfera cualquiera con distribución de carga uniforme de acuerdo a los ejemplos 22.9 y 23.8 realizados por Young et.al (2019).

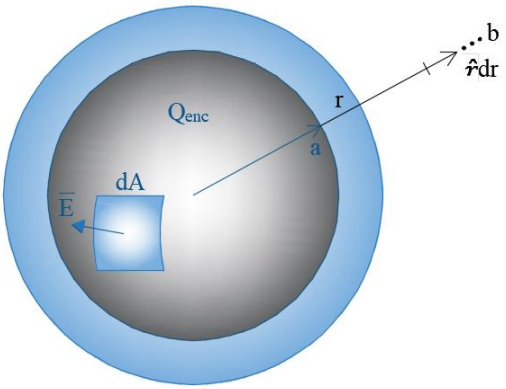
En la Figura 1 se toma una superficie imaginaria que rodea a una esfera para hallar la carga en su superficie mediante la ley de Gauss en su manera integral. Se considera que la carga está en la corteza y que el campo eléctrico es colineal al vector normal a la diferencial de área (dA). Los cálculos son los siguientes:

$$\oint \vec{E}.dA = \frac{Q_{enc}}{\epsilon_0};\ E(4\pi r^2) = \frac{Q_{enc}}{\epsilon_0};\ E = \frac{Q_{enc}}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

$$V_a - V_b = \int_a^b \vec{E}.d\vec{l}\,; V - 0 = \int_r^\infty \frac{Q_{enc}}{4\pi\epsilon_0 r^2}\hat{\boldsymbol{r}}.\hat{\boldsymbol{r}}\,dr$$

$$\boxed{V = \frac{Q_{enc}}{4\pi\epsilon_0 r}} \qquad (1)$$

Figura 1. Esquema para determinar el potencial de una esfera.



Fuente: Elaboración Propia

Al tener la expresión del voltaje en función del radio de la esfera (1), esta se puede aplicar a un cuerpo esférico como nuestro planeta, esto lo hace Talledo (2013) al indicar que cuando se reemplaza "r" por el radio de la tierra, el valor de r se considera muy grande y por lo tanto el voltaje en todos los puntos de la corteza es cero. Además, se aclara que cualquier objeto conectado a Potencial 0 tenderá a tener este potencial. Sin embargo, no la misma carga. Un ejemplo son las puestas a tierra en un sistema TT.

3.2. Defecto a tierra en sistemas IT

Según Schneider (2010) para definir el principio de funcionamiento del esquema IT se toma como características principales a que el neutro del transformador no está conectado directamente a tierra, pero con la peculiaridad de que, si bien no está conectado física y directamente a tierra, lo hace mediante sus capacidades parásitas y/o intencionalmente por una impedancia elevada, cercana a 1500 Ω. Además, la NTP 370.303 (2003) señala que las masas del sistema deben estar referidas a tierra mediante grupos o individualmente y que no se debe conectar una fase viva a tierra, a menos que sea por una impedancia lo suficientemente elevada y no exista un neutro. Un detalle importante que proporciona ABB (2007) es: Los electrodos de puesta a tierra del transformador y las masas van conectados independientemente. Una manera resumida para definir el sistema lo da su propio nombre, que ABB (s.f.) explaya; I= Todas las partes en tensión son aisladas de tierra o con un punto a través de la resistencia (generalmente el neutro), T= Conexiones de los partes conductores expuestas a tierra. Y la NTP 370.303 (2003) agrega que en la letra T las conexiones de puesta a tierra deben ser independientes.

Con lo descrito anteriormente, se profundizará el estudio del defecto a tierra en estos sistemas. Se define según ABB (s.f.) como un fenómeno accidental donde la corriente encuentra una ruta conductora a tierra. Lo anterior causa un peligro ya que electrifica partes metálicas aisladas que usualmente no lo están, provocando un contacto indirecto. El defecto a tierra está ligado íntimamente a la pérdida de aislamiento, siendo sus principales causas descritas según ABB (s.f.): Erosión del pozo a tierra, rotura mecánica en los conductores, medios adversos en los conductores, electrificación de las masas, etc.

En los sistemas IT el defecto a tierra se modela con una de las fases vivas que sale del transformador de distribución que experimenta un defecto de aislamiento en la masa de utilización o industrial, así refiriendo dicha fase de falla a tierra y produciendo una corriente que volverá a tierra por el neutro impedante referido a tierra también, pero aunque la impedancia sea infinita (neutro aislado) y la corriente no podría ingresar por esta toma de tierra del transformador, aun así la instalación estaría conectada a tierra debido al fenómeno de las capacidades parásitas y la equipotencialidad , explicada anteriormente. A continuación, se ampliará en el retorno de las corrientes de falla al transformador.

3.3.Circuito equivalente para retorno de corrientes de falla.

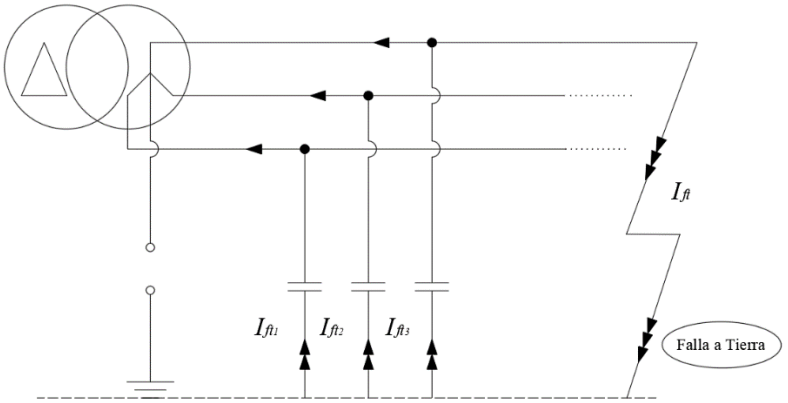
Para abordar el caso de un sistema de puesta a tierra IT con características de neutro aislado y líneas de distribución que están enterradas. Se emplea el análisis de secuencialidad cero abordado por Guldbrand (2009). En los IT aislados, uno de los componentes más importantes son las capacitancias parásitas, aunque resultan relativamente bajas si nos ponemos a pensar que redes de potencia que miden kilómetros apenas están en el orden de 10 µF. Para Jullien et. al. (2001) estos valores fluctúan por el tipo de red, ya que para una red poco capacitiva como en hospitales ya que una de sus fases tiene la capacidad de 0,3µF, una red de potencia unos 1,6 µF y una red extensa de potencia unos 10 µF por fase, algo significativamente puesto que esa red extensa es de 40 km de largo.

Un dato importante que añade Guldbrand (2009) es que estas capacitancias se acentúan si es que las líneas están bajo tierra, puesto que una red subterránea es de 50 a 100 veces más “capacitva” que, si se hubiese instalado de manera aérea, además este parámetro es proporcional al largo de los cables, coincidiendo con Jullien et. al. (2001) y las variaciones de este valor por la extensión de la red.

En la Figura 3 se observa un esquema de retorno de la corriente de falla al sistema de distribución en un sistema IT aislado según Fickert et. al (2015). Una de las fases sufre un defecto a tierra al

conectarse a su masa y por lo tanto a tierra, lo que hace que encuentre el retorno en las capacitancias entre las fases y la tierra, las corrientes en las otras fases decrecen, rompiendo la simetría en la red según Gulbrand (2009). Después vuelven al circuito por las fases, a pesar que la corriente es mínima en estas, cerrando el circuito y adicionando a la corriente de falla. El retorno por el suelo también es afirmado en ABB (2007) al decir que las corrientes vuelven por el suelo. Además, los esquemas de Schneider (2010) muestran una corriente de defecto a tierra pasar por debajo del suelo.

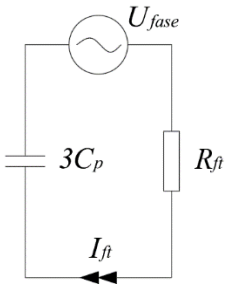
Figura 2. Esquema de retorno de corrientes de falla a tierra con neutro aislado



Fuente(s): Adaptado de Fickert (2015)

Para calcular las corrientes de falla se emplea un equivalente secuencial simétrico, que consiste en transformaciones fasoriales para compensar las asimetrías en la red en el defecto a tierra. También en transformaciones para dar un equivalente tanto impedante (la resistencia e inductancia de la red) y capacitivo que se explica con mayor detalle en Guldbrand (2009). Al momento de mostrar el circuito equivalente se desprecia la componente resistiva de los cables, ya que la resistencia de defecto a tierra se vuelve muy grande con respecto a ella, de acuerdo a Jullien et. al. (2001) esta resistencia de defecto a tierra fluctúa de 0 a 10kΩ. El circuito equivalente se muestra en la Figura 3.

Figura 3. Circuito equivalente para el cálculo de la corriente de defecto a tierra (I_{ft})



Fuente(s): Adaptado de Guldbrand (2009)

Jullien et. al. (2001) menciona que según la IEC 603364 los sistemas IT deben cumplir con un requisito mínimo de protección que es un valor máximo de tensión de toque de 50 V, que se obtiene multiplicando la intensidad de defecto por la resistencia de la toma de tierra de la masa y en caso de que no lo posea se utilizará la resistencia de la toma de tierra del alimentador.

De la Figura 3 se puede establecer una ecuación para hallar la corriente de defecto a tierra, y de lo mencionado en el anterior párrafo se puede establecer una ecuación para la tensión de toque, quedando las siguientes expresiones.

$$I_{ft} = U_{fase}\left(\frac{3jC_p\omega}{1+3jC_p\omega R_{ft}}\right) \qquad (2)$$

$$U_T = I_{ft}R_{PT} \qquad (3)$$

El valor de las capacitancias parásitas se tomará para tres tipos de redes definidas en Jullien et. al. (2001). Siendo la primera la red poco capacitiva, las redes de potencia y las redes extensas de potencia de (Esta última de alrededor de 40 km). Ya que los requisitos de seguridad están enfocados a las tensiones de toque, se reescribirá la expresión (3) con el factor "k_c", de modo que ahora la tensión de toque dependa de dos factores conocidos en la instalación que serán la tensión entre fases y la resistencia de la puesta a tierra de la masa analizada.

$$U_T = k_f U_L R_{PT} \qquad (4)$$

Para demostrar k_c, se tendrán ciertas consideraciones, como considerar un sistema IT aislado y un secundario en estrella de modo que $U_L = \sqrt{3}\, U_{fase}$ utilizado en Lima, y se separarán en las tres categorías mencionadas anteriormente.

$$I_{ft}R_{PT} = k_f U_{fase} R_{PT}$$

$$k_c = \frac{I_{ft}}{U_L} = \frac{U_0}{U_L}\left(\frac{3j}{1+3jC_p\omega R_{ft}}\right) = \frac{1}{\sqrt{3}}\frac{3jC_p\omega}{1+3jC_p\omega R_{ft}} \qquad (5)$$

En (5) se demuestra la forma compleja de k_c, pero ya que los cálculos se simplifican para la ecuación (4), se tomará el módulo del factor capacitivo.

$$k_c = \sqrt{3}\,C_p\omega\frac{\sqrt{1+Cp^2\omega^2R_{ft}}}{1+9C_p^2\omega^2R_{ft}^2} \qquad (6)$$

4. RESULTADOS

El factor capacitivo, se hallará para valores típicos de capacitancias mencionadas en Jullien et. al. (2001) y considerando un defecto franco para la falla a tierra, ya que es el peor de los casos y suple la información de la resistencia de falla a tierra. Los valores calculados para (6) se escribirán en la Tabla 1 y los valores de tensión de toque calculados con (4) teniendo en consideración una resistencia de puesta a tierra de 10 Ω, se muestran en la Tabla 2.

Tabla 1. Factor capacitivo para Redes Típicas

Tipo de Red	$k_c \times 10^4$
Red poco capacitiva[1]	2,18
Red de potencia	10,88
Red extensa de potencia	65,30

1 por ejemplo, circuitos de hospitales

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 2. Tabla de Tensión de Toque para Redes Típicas

Tipo de Red	Tensión de Toque (V)	
	Para 220 V	Para 380 V
Red poco capacitiva	0,479	0,827
Red de potencia	2,394	4,135
Red extensa de potencia	14,365	24,813

Fuente: Elaboración Propia

5. CONTRIBUCIONES Y CONCLUSIONES

Los factores capacitivos vistos en la Tabla 1 hacen de los cálculos para la tensión de toque más breves y directos, además que son apoyados con valores de capacitancias parásitas brindadas por manuales técnicos ya citados, mientras que los valores referenciales de la Tabla 2 muestran tensiones de toque en masas de utilización de baja tensión que dejan ver que son valores permitidos para la IEC 60364 al encontrarse por debajo de los 50 V, e incluso se podría decir que la gran mayoría de redes bajo este criterio son seguras, ya que las capacitancias parásitas dependen de la longitud de los conductores por los que van tendidos y el peor de los casos es una red de 40 km (Red Extensa de Potencia de 380 V), los valores de Tensión de Toque no llegan ni a la mitad de la tensión permisible. Sin embargo, el trabajo de Spalding et. al. (2009) establece que las redes poco capacitivas en hospitales, más específicamente circuitos de transformadores aislados en camas UCI, a pesar del bajo valor de las capacitancias parásitas en sus fases, pueden existir riesgos de fibrilación ventricular por corrientes de defecto a tierra ocasionadas por capacitancias parásitas entre los cables de las fases y los PE.

REFERENCIAS

- ABB (s.f.). Cuaderno de aplicaciones técnicas nº3: Sistemas de distribución y protección contra contactos indirectos y defectos a tierra. Autor. Recuperado de: https://library.e.abb.com/public/c19962ebb95b8d9cc125791a00395bc8/1TXA007102G0701_CT3_.pdf

- ABB SACE. (2007). *Protección a las personas*. Manual técnico de instalaciones eléctricas Aparatos de protección y maniobra La instalación eléctrica Tomo 2. Recuperado de: https://library.e.abb.com/public/79e9d70830db5707c125791f0038dfff/Manual%20tecnico%20de%20instalaciones%20electricas.pdf

- Fickert, L., Hufnagl, E., Schmautzer, E. (2015). EFFICIENT CALCULATION OF EARTH FAULT CURRENTS IN COMPENSATED NETWORKS. 24th Expert Meeting "KOMUNALNA ENERGETIKA / POWER ENGINEERING". Congreso llevado a cabo en Mariborno, Eslovenia. Recuperado de: http://ke.powerlab.um.si/Arhiv/dokument.aspx?id=178

- Guldbrand, A. (2009). Earth Faults in Extensive Cable Networks Electric Distribution Systems. (tesis de licenciatura). Universidad de Lund. Lund. Recuperado de: https://www.iea.lth.se/publications/Theses/LTH-IEA-1057.pdf

- Jullien, F., Heritier I. (2001). El esquema IT (neutro aislado) de los esquemas de conexión a tierra en BT. Schneider Electric España. Recuperado de: https://www.alfacent.com/uploads/CT%20178%20CONEXION%20IT%20NEUTRO%20AISLADO.pdf

- Schneider Electric (2010). Guía de diseño de instalaciones eléctricas 2010 según normas internacionales IEC. Autor. Recuperado de: https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=Application+solutions&p_File_Name=020511_E10-guia-diseno-instalac-electricas.pdf&p_Doc_Ref=020511E10

- Spalding, L. E. S., Carpes, W. P., Batistela, N. J., & Groth, C. R. (2009). Parasitic

capacitances in the installation of IT grounding systems for operation rooms, ICUs and hemodynamics centers. IFMBE Proceedings, 25(7), 93–96. https://doi.org/10.1007/978-3-642-03885-3_26

- Talledo, A (2013). *Electrostática en el vacío*. Teoría Electromagnética. Editor: Victor Lopez Guzman. ISBN 978-612-4072-51-2
- Young, H., Freedman, R. (2019). *Electric Potential*. University Physics. Pearson Education. ISBN 978-0-135- 15955-2

Articulación De Arquetipos Organizacionales Con Base A Raúl Espejo Y Peter Senge

Maldonado Méndez Juan Sebastián , Suárez Russi Yensi Marianne, Vargas Medina Libet Nathalia

Universidad Autónoma De Colombia

Recibido: 15/04/2021 Revisado: 21/05/2021 Aceptado: 26/06/2021 Publicado: 28/07/2021

Resumen

En el siguiente texto se explica la estrecha relación que existe entre los cuatro elementos de la quinta disciplina de Peter Senge y los cuatro aspectos de Raúl Espejo para formar una organización recursiva. Para complementar esta relación, se identifican los elementos (dominio personal, modelos mentales, visión compartida y aprendizaje en equipo) y aspectos (identidad, cohesión, ciudadanía y desempeño) dentro de los arquetipos organizacionales y cómo estos sirven de herramienta para establecerlos.

Palabras Clave

Identidad, cohesión, ciudadanía, desempeño, dominio personal, modelos mentales, visión compartida, aprendizaje en equipo.

Abstract

The following text explains the close relationship that exists between the four elements of Peter Senge's fifth discipline and the four aspects of Raúl Espejo to form a recursive organization. To complement this relationship, the elements (personal domain, mental models, shared vision and team learning) and aspects (identity, cohesion, citizenship and performance) within the organizational archetypes and how they serve as a tool to establish them are identified.

Keywords

Identity, cohesion, citizenship, performance, personal mastery, mental models, shared vision, team learning.

Introducción

En este informe se presenta el resultado de la investigación sobre arquetipos organizacionales realizada en el Semillero HSEQ. De acuerdo con la profundización, análisis del tema y fuentes consultadas, se desarrolla en primera instancia que los arquetipos son las actitudes, comportamientos y conductas que tiene un individuo, grupo o sociedad en conjunto frente a diversas situaciones o contextos que con el tiempo se representan de forma automática y continua. En segunda instancia y focalizándose en el objetivo de la investigación abarca los arquetipos organizacionales que hacen referencia al comportamiento de los individuos, grupos o sociedades en conjunto dentro de una organización que se caracterizan por tener un pensamiento sistémico.

1. Aspectos teóricos

1.1 La quinta disciplina

"Las organizaciones inteligentes son posibles porque en el fondo todos somos aprendices"

En la quinta disciplina (Senge, 2010) menciona la importancia del aprendizaje en equipo dentro de las organizaciones. La forma de aprendizaje también se debe aprender al igual que aprender en grupo, es por esto que se comienza la reflexión de la quinta disciplina con la frase inicialmente plasmada.

Las organizaciones deben estar en constante aprendizaje, por lo que es importante tener claro el concepto de pensamiento sistémico, que hace referencia a los comportamientos que generan actos interrelacionados entre los individuos, grupos, equipos y elementos que conforman la organización. Para el autor, las empresas deben brindar experiencias a sus trabajadores que vayan más allá de

cubrir sus necesidades, esto hace referencia a que las tareas contribuyen al logro de los resultados. Teniendo en cuenta lo anterior, se resalta la importancia del buen comportamiento de los individuos en pro del buen funcionamiento de la organización.

La disciplina de la organización inteligente tiene como fundamento la innovación que se presenta cuando se desarrolla una idea, en donde se desprenden aspectos como la tecnología, el uso eficiente de los recursos existentes, el beneficio característico de la misma. Además, una idea innovadora puede desarrollarse con base a ideas procedentes del tema en cuestión.

Explicando las cinco disciplinas, las personas juegan el papel más importante en cada una de ellas, por lo que es indispensable hablar del rol que cumplen los individuos dentro de una organización inteligente. Se menciona el Dominio personal, el cual explica la importancia de cómo influye la vida personal en la vida laboral, por lo que se habla del desarrollo de la paciencia, la concentración de la energía y el ver la realidad desde un punto objetivo ya que es gracias a las personas que la organización desarrolla con normalidad sus funciones cotidianas, lo que nos lleva a la idea que la organización debe priorizar el bienestar del capital humano mediante un aprendizaje donde el empleado y la organización encuentren beneficio personal y laboral pues se debe tener en cuenta que lo bueno y lo malo es el resultado de las diferentes decisiones, actitudes y comportamientos que conforman el ente corporativo.

Los modelos mentales hacen referencia a cómo la planificación empresarial se convierte en aprendizaje institucional, lo que hace tener una lógica de la realidad que está rodeado el empleado dentro del ambiente laboral, lo que conlleva a que el capital humano de la organización adquiera una serie de aptitudes con el fin impartir una visión compartida. La relación de los individuos en el ambiente laboral lleva a que exista un aprendizaje en equipo, lo que maximizará los resultados, pues esto genera diálogo dentro del equipo lo que significa alcanzar percepciones que no se alcanzan individualmente y que al mismo tiempo elimina supuestos individuales, esto quiere decir si el equipo aprende la organización aprende. Las grandes organizaciones no se construyen tratando de imitar a otras, así como la grandeza individual no se logra tratando de copiar a otra “gran persona”.

La quinta disciplina se basa en el pensamiento sistémico, la cual unifica las cuatro disciplinas mencionadas anteriormente, dominio personal, modelos mentales, construcción de una visión compartida y aprendizaje en equipo que combina la práctica y teoría haciendo que los resultados de cada una repercutan en las demás, es por esto que el pensamiento sistémico juega el papel más importante dentro de una organización inteligente

1.2 Organizaciones recursivas

Este tipo de organización es aquella que desarrolla una idea de una unidad autónoma dentro de otra unidad autónoma, lo que hace referencia a un pensamiento sistémico organizacional como fundamento de una organización recursiva, para este caso las unidades hacen se refieren a las personas que conforman al capital humano, estas unidades requieren de un fortalecimiento dividido en cuatro aspectos, identidad, cohesión, ciudadanía y desempeño, explicándoles a continuación.

1.2.1 Identidad

La identidad es un aspecto clave de las organizaciones recursivas debido a que cada actividad debe tener sus propios propósitos de identidad; si no es así cambia el enfoque a una organización jerárquica y no recursiva. El problema de identidad es realmente significativo en el momento en que solo se crean hipótesis dentro de la organización e impide que funcione como un todo. Por tal motivo no ser puede ser autónomo si no se crean los propios fines o no se genera responsabilidad de la identidad

1.2.2 Cohesión

La cohesión es un requisito para la producción de las actividades primarias en una organización. Cuando las empresas gastan muchos recursos para lograr la cohesión interna, menos recursos se centran en producir las tareas propias que deben ejercer dentro de la organización, es decir que se llega a un punto en que los cotos de lograr la cohesión exceden sus beneficios por tal motivo es vital centrarse y dar importancia a la comunicación interna.

1.2.3 Ciudadanía

Parte del hecho de que se pertenece a una organización, lo que conlleva a un esfuerzo y atención a todos los lineamientos de comportamiento que lo componen, esto no quiere decir que los lineamientos de la misma van en contra a quien pertenecen, sino que se lleva un respeto mutuo del uno y otro.

1.2.4 Desempeño

Este aspecto hace referencia a la relación del desempeño con las actividades primarias de la organización que tiene una estrecha relación con cada una de las personas que tienen a cargo esta función, estas funciones parten de un individuo o equipo el cual se caracteriza por tener una cadena de valor , esta actividad tendrá relación con proveedores de bienes o servicios por lo que la relación con ellos debe de ser la más acertada pues estos proveedores deben de estar alienados con aquellas actividades primarias las cuales tienen a cargo, esto significa que el desempeño se verá reflejado en la adaptación al cambio de las condiciones internas y externa.

Según lo expuesto (Espejo, 1999) sobre las organizaciones recursivas, se deben de identificar cuatro aspectos, identidad, cohesión, ciudadanía y desempeño las cuales se deben reforzar continuamente, estos aspectos se presentan en los diferentes individuos que conforman la organización y quienes son los encargados de garantizar el cumplimiento de los objetivos propuestos los cuales se logran con la unión de los cuatro aspectos anteriormente mencionados.

2. Desarrollo

Durante las sesiones del grupo del semillero de investigación y con el apoyo de los docentes ingenieros, se socializan las normas de gestión de calidad como la ISO 9000. ISO 14000, ISO 45000; modelos de gestión de calidad, obstáculos de aprendizaje y entre otras. Estos temas se han tratado con el fin de ampliar el contexto en el cual se puede aplicar la teoría dentro del ambiente organizacional. Adicionalmente, se realiza una serie de comparaciones entre las ideas propuestas

por Peter Senge con las cinco disciplinas y Raúl espejos con los cuatro aspectos de una organización recursiva en relación a los arquetipos.

2.1 Arquetipos organizacionales según Raúl Espejo

2.1.1 Identidad.

a) El empleado no sigue el conducto regular que ha sido estipulado desde un principio con el fin de cumplir una tarea y/o función. El conducto regular es el medio por el cual se transmiten las órdenes, solicitudes, informes y reclamaciones dentro de una empresa. Esto con el fin de tener un control y un manejo adecuado de diversas situaciones que puedan generar inconvenientes dentro de la organización, al no cumplirlo se puede ver afectado el desempeño, la comunicación, la motivación y el logro de objetivos en el tiempo planeado

b) Un miembro del equipo desea asumir un rol que no le corresponde, lo que conlleva a un mal ambiente laboral. Actualmente los trabajadores deben tener la capacidad de llevar a cabo cualquier tarea que se le asigne dentro de la empresa y que esté dentro de su perfil y capacidades. Sin embargo, el no tener claras sus funciones genera varios inconvenientes tanto para quien lo está haciendo como para los demás. Al estar disperso o querer realizar tareas que no corresponden dificultará que el empleado pueda enfocarse y trabajar en torno a las metas establecidas, se genera un mal ambiente laboral ya que baja la productividad, se tienen actitudes negativas entre compañeros, entre otros. Es importante tener una descripción del cargo, buen proceso de reclutamiento, programas de capacitación pertinentes, evaluar carga de trabajo.

c) Un empleado, a pesar de haber tenido la inducción empresarial, no es capaz de definir cuál es la misión y objetivos de la empresa, o el impacto que tiene su rol dentro de la misma. Es importante que los integrantes de una organización tengan muy claro primero cual es la misión y cuáles son los objetivos a los que quiere llegar la empresa; segundo saber el

impacto o importancia que tienen sus funciones para el desarrollo y cumplimiento de dichos objetivos ya que esto es esencial para crear un compromiso, realizar las acciones necesarias y enfocarse hacia lo que se quiere lograr.

d) Un empleado tiene comportamientos no deseados dentro de su ambiente laboral. Una conducta incorrecta o mal comportamiento de uno o varios empleados dentro de una organización no solo afecta el ambiente laboral, sino que perturba el buen desarrollo de las actividades. Esto se puede presentar por la presión laboral, falta de comunicación o factores externos como problemas personales.

2.1.2 Cohesión:

(Espejo, 1999) La cohesión hace referencia al buen relacionamiento interno de los diferentes sistemas, áreas, personas etc, que buscan cumplir los objetivos de la organización, esto se logra mediante las diferentes actividades del ambiente laboral, el control, los procesos ágiles y acertados, el enlace de todas las funciones que tienen a cargo los diferentes asociados a la organización. Para este aspecto se ha identificado diferentes arquetipos que afectan directamente la cohesión y por ende el cumplimiento de los objetivos de la organización.

a) No existe comunicación asertiva entre las diferentes relaciones que hay en la organización: Este caso se presenta en la mayoría de los ambientes laborales, desde el equipo de trabajo, pasando por el área y llegando hasta la alta dirección. La comunicación es un elemento esencial para que haya una cohesión a nivel interno pues es así que todos los involucrados tendrán conocimiento de que se hizo, que se está haciendo y que se hará.

b) Falta de coordinación entre áreas: Las áreas que conforman la organización tienen un fin específico que aporta en gran medida a los objetivos que se plantea el corporativo, la relación de las diferentes áreas debe de ser lo más estrecha posible ya que pertenecen a un sistema que permite recoger información para toma de decisiones, es allí donde la cohesión debe de ser acertada.

c) Existe mal manejo de la información en las diferentes áreas: Este arquetipo identificado va muy de la mano al anterior, la información que se maneja debe de ser legible, confiable y acertada, dado que de esta surgirán decisiones y acciones que se espera aporten de forma positiva a los objetivos de la organización.

d) No se realizan las actividades en un orden lógico y/o coherente: El orden en el tiempo es uno de los factores que influyen en la cohesión, es allí donde tienen que coordinar las áreas, equipos de trabajos y diferentes sistemas dentro del ambiente laboral que se realicen y se cumplan con las funciones asignadas en pro del resultado que se espera.

2.1.3 Desempeño

a) Las malas relaciones interpersonales afectan el ambiente laboral causando que no se consigan los resultados esperados: Para los seres sociales, no es un secreto que la productividad se puede ver afectada por las relaciones que existen con otros individuos dentro de la organización; Por ende, es importante crear espacios seguros en donde los empleados puedan manifestar a Recursos Humanos todos aquellos problemas que se presentan con compañeros.

b) La responsabilidad asignada al empleado: Es importante que los empleados sean lo suficientemente conscientes de la importancia que tiene su rol dentro de la organización, deben estar dispuestos a dar lo mejor de sí mismos, ya que no tomarse en serio su rol, afectará el desempeño y estos se puede reflejar en los resultados tanto individuales como colectivos.

c) La perturbación del ambiente laboral afecta el desempeño: Como se mencionó en el literal a de esta sección, existen otros factores que pueden repercutir de forma negativa, tales como el método de trabajo que usa el equipo, sistema, área etc., la forma en que emplean los recursos asignados para determinada tarea.

2.1.4 Ciudadanía

a) Las malas relaciones interpersonales hacen que se pierda la armonía en el ambiente laboral: No tener buenas relaciones interpersonales pueden desencadenar una serie de problemas tanto para los individuos, áreas y la propia organización, por lo que es importante que los empleados también tengan inteligencia emocional y/o trabajen en ella, que no mezclen problemas laborales con personales o de otra índole, que siempre estén abiertos al diálogo y a las críticas constructivas.

b) No seguir el manual de convivencia de la empresa: Estos documentos son diseñados con el fin de crear un ambiente sano para sus empleados, el no acatarlos implica que los empleados no tienen respeto ni por la organización, ni por sus compañeros de trabajo, ya que puede llegar a violentar la sana convivencia o incluso su propio bienestar.

c) No hacer buen uso de los recursos asignados por la organización: Como buenos ciudadanos (empleados), entre nuestras obligaciones debe estar el velar por el buen uso de los recursos de la organización. El realizar acciones que vayan en contra de esto, puede demostrar ignorancia, pero en otros demuestra que se ejerce un rol errado frente a la organización.

d) No tener sentido de pertenencia frente al rol que se ha asignado: Es importante que los empleados se apropien no sólo de su rol, sino también de todas las circunstancias que rodean dicho rol y/o son conscientes de ello.

3. Relación entre arquetipos

ARQUETIPO	IDENTIDAD	COHESIÓN	DESEMPEÑO	CIUDADANÍA
Soluciones contraproducentes		X	X	
Límites de crecimiento				X
Tragedia del terreno común		X		X
Desplazamiento de la carga		X		
Adversarios accidentales		X		
Éxito para quien tiene éxito			X	

Por otro lado, la quinta disciplina además de relacionarse es la unión de los cuatro (4) aspectos, siendo el dominio personal, los modelos mentales, la construcción de una visión compartida y el aprendizaje en equipo.

Al hablar de la identidad como un aspecto se tiene en cuenta el fin que tiene el individuo dentro de la organización, que al mismo tiempo muestra quien es en realidad, lo que se relaciona con el dominio personal, lo que conlleva sacar mayor provecho de los recursos. Continuando, la cohesión indica que la relación y el comportamiento entre los individuos, grupos, equipos, áreas

y demás unidades, logra aumentar los beneficios, y mediante este se relacionan los modelos mentales de la quinta disciplina, pues para que esto suceda se debe realizar una planificación corporativa lo que lleva a un aprendizaje institucional

La construcción de la una visión compartida hace referencia a que los individuos sean conscientes que pertenecen a una organización y logra que cada uno de ellos comparta la idea impuesta por los entes superiores, si llevamos esta idea al escenario del aspecto de ciudadanía se puede decir que tienen una relación estrecha pues es ciudadano quien respeta los lineamientos del otro, pero al mismo tiempo tienen alineamientos en común.

El aprendizaje en equipo ofrece una serie de beneficios los cuales contribuyen en gran medida al cumplimiento de resultados, de estos resultan el aspecto de desempeño, pues mediante este se logra medir en qué cantidad contribuye la unidad en los objetivos propuestos.

4. Resultados

Establecer comportamientos de los individuos objeto para poder identificar si existen aspectos o elementos planteados por Raúl Espejo y Peter Senge, y definir si existen arquetipos organizacionales.

La Herramienta para gestión de arquetipos organizacionales, es una matriz que sirve para establecer, gestionar y mitigar los arquetipos organizacionales mediante la descripción de comportamientos o actitudes que presentan los individuos y cómo afecta los procesos de la organización. Para esto, se sitúan dichos comportamientos o actitudes en el aspecto o elemento que se ve afectado y así, lograr establecer el arquetipo sobre el cual se debe trabajar, posterior a ello se proponen acciones para mitigar el impacto del mismo. Con el fin de dejar claro el funcionamiento de “la Herramienta para gestión de arquetipos organizacionales” se presenta un ejemplo práctico.

HERRAMIENTA PARA GESTION DE ARQUETIPOS				
Aspecto o elemento				
Comportamiento / Actitud	Identidad // Dominio personal	Cohesión // Modelos mentales	Ciudadanía // Visión compartida	Desempeño // Aprendizaje en equipo

Comporatmineto / Actitud	Definicion	Arquetipo	Gestion para mitigar

Instrucciones

1. Identificar el comportamiento o actitud que considere generan ruido en los procesos de la organización.

2. Ubicar el comportamiento o actitud dentro de los aspectos y elementos.

HERRAMIENTA PARA GESTION DE ARQUETIPOS				
Aspecto o elemento				
Comportamiento / Actitud	Identidad // Dominio personal	Cohesión // Modelos mentales	Ciudadanía // Visión compartida	Desempeño // Aprendizaje en equipo
las personas de compañía utilizan mucho el celular			x	x
los empleados gastas mucho tiempo en el café				x

3. Definir cómo estos aspectos se encuentran dentro de los comportamientos o actitudes identificadas.

4. Establecer arquetipos.

5. Plantear medidas para mitigar el impacto del arquetipo.

Comportamiento / Actitud	Definición	Arquetipo	Gestión para mitigar
las personas de compañía utilizan mucho el celular	se considera que este comportamiento afecta el desempeño por se hace mal uso del tiempo, además seria una aspecto de ciudadanía porque va en contra de lineamientos esblecidos por la organización	Mal uso del tiempo	establecer medida del uso del celular en horario laboral
los empleados gastas mucho tiempo en el café	Este comportamiento afecta el desempeño porque se hace mal uso del tiempo	Mal uso del tiempo	Establecer tiempos de descanso para estar en las zonas comunes

5. Conclusión

De acuerdo con la investigación realizada sobre los arquetipos organizacionales, se concluye que es necesario identificar y relacionar comportamientos, actitudes y conductas de los individuos dentro del ambiente laboral de una organización con los aspectos y los elementos de los autores en cuestión. Por otro lado, identificamos que existe una estrecha relación y un complemento entre los cuatro elementos de la quinta disciplina por Peter Senge y los cuatro aspectos de una organización recursiva por Raúl Espejo y que estos contribuyen a la mitigación del efecto negativo que ocasionan los arquetipos organizacionales en los procesos.

6. Recomendación

Antes de aplicar la herramienta, se sugiere realizar una contextualización de la empresa, ya que cada organización presenta dinámicas únicas que deben identificar y no sólo usar generalizaciones. Tener en cuenta diferentes aspectos internos y externos de la organización objetivo como el sector económico, la cultura organizacional, el organigrama, etc. Los resultados de la aplicación de la Herramienta dependen de la organización e individuos objeto.

7. Bibliografía

1. Andrés Mejía D. Gloria Maritza Díaz. Tipos de arcos y hacia dónde disparan: Sobre la naturaleza y posibilidades de los arquetipos. 15-06-2020, de Universidad de Los Andes

2. Gonzalo Carlos Pérez Gómez. (2008)¿Cómo combinar la identificación de arquetipos organizacionales con la observación de obstáculos de aprendizaje organizacional para proponer ajustes estructurales en una entidad? Bogotá: Universidad de los Andes.
3. Walter Verlag A. G Olten. (2003). Arquetipos e inconsciente colectivo. MÉXICO: PAIDOS.
4. Peter Senge. (1990). La quinta disciplina. 2010: Ediciones Granica SA.
5. Andrés Mejía D. / Gloria Maritza Díaz. (NA). Tipos de arcos y hacia dónde disparan: Sobre la naturaleza y posibilidades de los arquetipos. En Bogotá, Colombia: Universidad de los Andes.
6. Espejo, R. (1999, agosto). Aspects of identity, cohesion, citizenship and performance in recursive organisations. University of Lincolnshire and Humberside.https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/03684929910282935/full/html

Propuesta De Mejoramiento De La Productividad De Las Pymes Transformadoras De Plástico Del Barrio Carvajal De Bogotá Mediante El Modelo De Productividad Gte.

Wilmar Suarez Gaitán, Marly Fernanda Calderón Pino, Aida Lorena Cedeño Buitrago

Universidad Autónoma De Colombia

Recibido: 15/04/2021 Revisado: 21/05/2021 Aceptado: 26/06/2021 Publicado: 28/07/2021

Resumen

La investigación "Propuesta de mejoramiento de la productividad de las pymes transformadoras de plástico del Barrio Carvajal de Bogotá mediante el modelo de productividad GTE", busca por medio del modelo GTE incrementar la productividad teniendo en cuenta los factores tangibles e intangibles que afectan a las empresas del sector plásticos en la ciudad de Bogotá. Se pretende elaborar un diagnóstico de la situación actual de las empresas, diseñar una propuesta del modelo GTE y evaluar una propuesta de costos para su implementación. Para ello, el tipo de investigación es cuantitativo, disciplinar, aplicativo y descriptivo con el fin de identificar la situación actual en las empresas y diseñar e implementar el modelo de productividad (GTE) que traiga beneficios de productividad con soluciones a las problemáticas existentes. Los resultados esperados son: dar a conocer a los empresarios estrategias y mejoras frente a los factores internos y externos que los afectan, demostrar que el manejo eficiente de los recursos tiene una relación directa con la eficiencia, productividad y disminución en costos, demostrar que la motivación en las personas es un factor importante en el incremento de la productividad y brindarle al empresario un plan de mejoramiento que le traiga beneficios a las empresas.

Palabras claves

Productividad, modelo GTE, sector plástico, procesos productivos, recursos humanos.

Abstract

The research "Proposal to improve the productivity of plastic transformer SMEs in the Carvajal neighborhood of Bogotá through the GTE productivity model", seeks through the GTE model to increase productivity taking into account the tangible and intangible factors that affect companies of the plastics sector in the city of Bogotá. It is intended to prepare a diagnosis of the current situation of the companies, design a proposal for the GTE model and evaluate a cost proposal for its implementation. For this, the type of research is quantitative, disciplinary, applicative and descriptive in order to identify the current situation in companies and design and implement the productivity model (GTE) that brings productivity benefits with solutions to existing problems. The expected results are: to make entrepreneurs aware of strategies and improvements in the face of internal and external factors that affect them, to demonstrate that the efficient management of resources has a direct relationship with efficiency, productivity and reduction in costs, to demonstrate that the Motivation in people is an important factor in increasing productivity and providing the employer with an improvement plan that brings benefits to companies.

Keywords

Productivity, GTE model, plastic sector, productive processes, human resources.

1. INTRODUCCIÓN

El problema de investigación es ¿Cómo se puede incrementar la productividad de las empresas pymes de plástico en Bogotá implementando el modelo GTE teniendo en cuenta la resolución 668 del 2016? Para ello, nuestro objetivo de investigación es diseñar una propuesta de mejoramiento de la productividad de pymes transformadoras de plástico del barrio Carvajal de Bogotá mediante el modelo de Gestión Tecnológica Empresarial (GTE) de la productividad, teniendo en cuenta la implementación de la resolución 668 de 2016 sobre el plástico. Entre los objetivos que se pretenden alcanzar están el objetivo específico que es: Elaborar un diagnóstico de la situación actual de las empresas seleccionadas para la investigación mediante el modelo de gestión tecnológica empresarial (GTE) de la productividad, diseñar una propuesta de mejora y de costos para las empresas seleccionadas para la investigación determinando la situación presente en cada una de las áreas de las empresas a investigar por medio del uso de herramientas de ingeniería industrial y analizando los factores tangibles e intangibles que se ajusten al modelo a trabajar.

2. MARCO TEÓRICO

Productividad: En Prokopenko (1989), el autor afirma que la productividad: "La productividad da buenos resultados a las empresas en relación a la eficacia y cumplimiento de objetivos y el proceso de producción en una empresa debe tener una integridad entre entorno, trabajo y capital para cumplir con el buen funcionamiento y el mejoramiento de la productividad. Entre los factores de productividad propuesta por Mukherjee y Singh están los internos o controlables y externos o no controlables". (Prokopenko, 1989, pp. 3-9)

La medición de la productividad total: Para medir la productividad total en las empresas, Sumanth afirma que: "Se debe tener en cuenta los productos de fábrica, midiendo las productividades parciales en términos reales teniendo en cuenta un periodo base dividiendo los valores de la producción y los insumos o recursos utilizados". (Sumanth, 1990, p. 547)

- **Productividad parcial:** La productividad parcial establece: "la conexión entre los productos elaborados en una empresa y cada uno de los recursos o insumos utilizados para la elaboración de los mismos entre ellos: tiempo, mano de obra, materiales, etc. La fórmula es: Productividad parcial= salida total/ una entrada". (Carro & González, 2012, p. 5)
- **Productividad total:** Según Carro & González (2012), la productividad total es: "La relación entre la salida referente a lo producido en la fábrica en relación al conjunto total de las entradas ósea todos los recursos necesarios para la elaboración del producto final. Productividad total= bienes y servicios producidos/mano de obra + capital + materias primas + otros". (Carro & González, 2012, p. 5)
- **Factores que restringen la productividad:** "Los factores que no ayudan a que las empresas sean productivas, son a causa de no manejar un ambiente y clima propicio para el mejoramiento de la misma, no cuentan con reglamentos gubernamentales, les falta una estructura adecuada donde el diseño y redistribución de planta sean fundamental para cumplir los objetivos productivos, la falta de medición, capacidad de las empresas, abastecimiento, diseño de nuevos productos, maquinaria, equipo y la calidad en la materia prima generan perjuicios pues no tienen un control de cada aspecto de la organización". (García, 2005, pp. 10-11)
- **Sector de plásticos:** "El plástico es uno de los materiales más comunes y más usados en el mundo, a nivel industrial todo plástico pasa por un proceso de transformación que lo vuelve más resistente o más ligero dependiendo de la necesidad del cliente". (Morillas, Villavicencio. Espinoza y Pérez, 2018, p. 4)

"Las empresas dedicadas al sector de plásticos en Colombia son muy importantes ya que aportan a la economía del país el 15% del PIB y es significativo en temas de generación de empleos con cerca de 65.000 empresas y aportación a otros sectores importantes en Colombia con 2.500 establecimientos dedicados al plástico y similares". (Dinero, 2018) Según las estadísticas del DANE en el Boletín técnico de encuesta anual manufacturera (EAM) 2018, el sector dedicado a los plásticos ocupa el séptimo lugar en aportación al valor agregado con un porcentaje de 4,3% del total de industrias aportantes del país, con una contribución de producción bruta del 4.1% en el sexto puesto con $10.746.867 y una generación de empleo del 7,8% con 55.472 en 2018. (DANE, 2018)

- **Modelo de productividad GTE – gestión tecnológica empresarial:** El modelo GTE fue creado por el grupo de investigación de la facultad de ingeniería industrial de la Universidad Autónoma de Colombia de acuerdo a la revisión de diferentes modelos y teorías acerca de la productividad con el fin de contar con una herramienta que permita ser aplicada en las empresas del sector plástico y dar soluciones a las problemáticas que se presentan en relación a las áreas administrativas, productivas, recurso humano y logística en dónde se determinan aquellas variables tangibles e intangibles que puedan ser evaluados y buscar estrategias que incrementen beneficios a las empresas sabiendo que las empresas.
- **Resolución 668 del 2016:** En el 2016, el gobierno nacional implementó la resolución 668 del 2016 la cual tiene por objeto: "que los distribuidores de bolsas plásticas deben formular, presentar, implementar y estar registrados en el uso racional de los productos que venden. En las bolsas debe estar visible mensajes ambientales, la capacidad en kilogramos y el calibre, en los almacenes las bolsas deben cumplir con un tamaño estándar de 30 cm x 30 cm, un calibre de 0.9 milésimas de pulgada y contar con una alternativa con ventas de bolsas reutilizables". (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - República de Colombia, 2016).

3. METODOLOGÍA

Para cumplir con la investigación se recolectó información primaria para determinar el diagnóstico actual de las empresas a investigar e información secundaria con información sobre el sector de plásticos, teorías de la productividad y estadísticas del sector plástico. Luego se determinó las variables que afectan la productividad en las empresas estudiadas, se realizó matrices de valoración de importancia de las variables seleccionadas, se diseñó el modelo de productividad GTE que sirve para aplicarlo en las empresas, se implementó el modelo pudiendo obtener

resultados favorables y demostrar la eficacia del modelo que busca incrementar las ventas y la eficacia en la empresa con planes de mejora para los empresarios. El universo es el diagnóstico, el diseño y la implementación del modelo GTE en las empresas del sector plástico en Bogotá y la población y la muestra son las 10 empresas del sector pymes en Bogotá en las áreas administrativas, productivas, recurso humano y logística. El tipo de investigación que usaremos será cuantitativo, disciplinar, aplicativo y descriptivo realizando un estudio de las diferentes empresas con el fin de identificar la situación actual y dar soluciones para incrementar la productividad.

4. DESARROLLO DEL TRABAJO

4.1. Proceso diagnóstico:

En Mayorga y Porras (2015), los investigadores de la Universidad Autónoma de Colombia desarrollan una revisión del estado de la productividad de las Pymes del sector del caucho y el plástico en Bogotá al año 2015. En la publicación se trata la falta de competitividad derivada principalmente del bajo nivel productivo de la industria del sector, los problemas de distribución y comercialización y el deficiente direccionamiento estratégico de las empresas; por lo que el estudio se orientó a analizar el entorno interno y externo del sector, su desempeño productivo y su proyección en el mercado internacional. (Mayorga & Porras, 2015)

4.2. Recopilación de la información:

Se realizó un análisis detallado de una muestra de empresas de la capital colombiana, evaluando sus áreas hasta llegar a una modelación econométrica que mide la productividad de las industrias del sector del plástico y el caucho, con base en la metodología del valor agregado y su regresión lineal, incluyendo su validación a través de pruebas de validación estadística.

4.3. Procesamiento de la información:

Posteriormente, se presentan los resultados de la aplicación del modelo, comenzando con el análisis básico del desempeño del sector con base en las estadísticas publicadas por el DANE a 2012, pasando por la revisión de la productividad laboral, del costo laboral y de los niveles salariales, llegando a la caracterización de las empresas del sector a través de la aplicación de encuestas a la muestra de estudio. Esa caracterización tuvo en cuenta la gestión administrativa y talento humano, procesos, mercadeo y financiera. Se pasó, luego, a la aplicación del modelo econométrico en sí mismo y analizando los indicadores de la metodología del valor agregado.

4.4. Análisis de la información:

De acuerdo a la encuesta realizada como método de recolección de información pudimos evidenciar la situación actual de 10 empresas pymes de plástico teniendo en cuenta el diseño de la matriz de priorización como se observa a continuación:

Puntuación	Descripción nivel
1	**Nivel leve** de impacto frente a la productividad no afecta a la empresa en la competencia.
2	**Nivel medio** de impacto frente a la productividad hace que la competencia de la empresa sea inestable
3	**Nivel alto** de impacto frente a la productividad hace que la empresa esté en riesgo de salir de competencia

Tabla 1 Puntuación de impacto frente a la productividad de las empresas

4.4.1. Resultados área administrativa:

En el área administrativa, el 100% de las empresas encuestadas cuentan con normas legales de funcionamiento, se encuentran registradas en cámara de comercio y tienen definidos sus objetivos organizacionales. Adicional a esto, las empresas cuentan con portafolio de productos definidos más sin embargo el 30% de las empresas encuestadas no manejan estrategias de publicidad como páginas web. Además, el 60 % de las empresas no cuentan con software que les permite tener un control de los recursos utilizados en cada una de las áreas de la empresa lo que incurre a costos innecesarios. El 90% de las empresas están en contacto con el cliente en temas de devoluciones, servicios postventa y atención PQRS.

N.° DE EMPRESAS	N.°	AREA ADMINISTRATIVA Observaciones	ENCUESTAS PORCENTAJES	Priorización 1	2	3
10	1	Las empresas cuentan con las normas legales de funcionamiento	100%			X
	2	Las empresas cuentan con portafolio de productos	100%			X
	3	No manejan estrategia de publicidad	30%		X	
	4	No cuentan con un software especializado para el control de los recursos utilizados en cada área	60%		X	
	5	Mantienen contacto con el cliente en temas de devoluciones, servicios postventa y atención PQRS.	90%		X	
				total 12		
		Ponderación por área = Total Puntos x (0,25/No de observaciones del área).	Puntaje Ponderado = 12*(0,25/5) = 0,6			

Tabla 2. Tabla de resultados área administrativa

4.4.2. Resultados área productiva:

En el área productiva, el 100 % de las empresas encuestadas cuentan con sus procesos definidos para la elaboración de plásticos, aunque no tienen documentados los procesos. En cuanto a la distribución en planta, el 60 % de las empresas cuentan con el espacio adecuado para el proceso de fabricación de sus productos, aunque se requiere de estudio de tiempos y movimientos para optimizar tiempos en transporte, y eliminación de actividades que se pueden realizar en el mismo proceso. Además, el 80 % de las empresas realizan programas de mantenimiento preventivo, calibración de herramientas y cuentan con herramientas de seguridad en caso de averías y en un 90 % cuentan con sistema de verificación e inspección de los productos fabricados.

N.° DE EMPRESAS	N.°	AREA PRODUCCION Observaciones	ENCUESTAS PORCENTAJES	Priorización 1	2	3
10	1	Buena distribución de planta	60%			X
	2	Se cuenta con el mantenimiento preventivo	80%		X	
	3	Cuentan con sistema de verificación e inspección de los productos elaborados en temas de calibración, capacidad y resistencia	90%			X
				total 8		
		Ponderación por área = Total Puntos x (0,25/No de observaciones del área).	Puntaje Ponderado = 8*(0,25/3) = 0,66			

Tabla 3 Tabla de resultados área productiva

4.4.3. Resultados área de recursos humanos:

En el área de recursos humanos, el 80 % de las empresas no tienen documentación sobre los puestos de trabajo, de la correcta utilización de las herramientas y no cuentan con área de talento humano ya que todo lo manejan en el área administrativa. Además, las empresas en un 50 % cuentan con incentivos por realizar bien su labor, y cuentan con capacitaciones y oportunidades de superación profesional lo cual se debe reforzar. En las empresas, el 100 % realizan pausas activas puesto que el área productiva cuenta con posturas inadecuadas, repetitivas y con manejo de cargas de material y todas las empresas tienen aseguradora y los tienen afiliados a la EPS.

N.° DE EMPRESAS	N.°	AREA RECURSO HUMANO Observaciones	ENCUESTAS PORCENTAJES	Priorización 1	2	3
10	1	Las empresas no cuentan con área de talento humano ya que todo lo manejan en el área administrativa	80%			X
	2	Las empresas cuentan con incentivos capacitaciones y oportunidades de superación profesional para sus trabajadores	50%			X
	3	Si se realizan pausas activas porque en el área productiva se adoptan posturas inadecuadas, repetitivas y con manejo de cargas.	100%			X
				total 9		
		Ponderación por área = Total Puntos x (0,25/No de observaciones del área).	Puntaje Ponderado = 9*(0,25/3) = 0,75			

Tabla 4 Tabla de resultados área de recursos humanos

4.4.4. Resultados área de logística:

En el área de logística, el 90 % de las empresas seleccionan a los proveedores en función calidad-tiempo, así como también inspeccionan la materia prima y tienen en cuenta la puntualidad y seriedad en él envió. En un 80 % las empresas no cuentan con indicadores que determinen los tiempos de demora de orden de pedido. Además, el 30 % no cuentan con transporte de materia prima y productos terminados lo cual hace que el proveedor o cliente deba transportar su pedido y el 100 % de las empresas dicen cumplir con las entregas de los pedidos puesto que son responsables y consientes en la capacidad que poseen.

N.º DE EMPRESAS	N.º	AREA LOGISTICA Observaciones	ENCUESTAS PORCENTAJES	Priorización 1	2	3
10	1	las empresas seleccionan a los proveedores en función calidad-tiempo, así como también inspeccionan la materia prima y tienen en cuenta la puntualidad y seriedad en él envió	90%			x
	2	no cuentan con indicadores que determinen los tiempos de demora de orden de pedido	80%			x
	3	no cuentan con transporte de materia prima y productos terminados	30%		x	
	4	Las empresas dicen cumplir con las entregas de los pedidos puesto que son responsables y consientes en la capacidad que poseen.	100%			x
		Ponderación por área = Total Puntos x (0,25/No de observaciones del área).	Puntaje Ponderado = 11*(0,25/4) = 0,68	total 11		

Tabla 5 Tabla de resultados área logística

4.4.5. Resultados de la empresa:

Después de realizar la matriz de priorización por cada una de las áreas podemos clasificar por nivel de importancia teniendo como resultado el área que genera mayor impacto en la productividad de las empresas.

ÁREAS DE LA EMPRESA	NIVEL DE IMPORTANCIA DENTRO DE LA EMPRESA
Recurso Humano	1
Logística	2
Producción	3
Administración	4

Tabla 6 Priorización por área

4.4.6. Determinación de la matriz de valoración de importancia de las áreas funcionales

Se utilizó la herramienta ITU con la cual se establece el nivel de importancia en cada una de las áreas. A continuación, se presenta la convención de los puntajes por variable en el que se puede distinguir baja, media o alta afectación.

Puntaje de las variables	
Baja	**1**
Media	**3**
Alta	**5**

Tabla 7 Convención de los puntajes por variable

El área de producción es la que tiene mayor valoración, seguida del área de logística, el área administrativa y por último el área de recursos humanos de acuerdo a la incidencia de cada una de las áreas en las diferentes variables que afectan la productividad en las empresas como se observa en la tabla 8.

4.5. Socialización de los resultados:

Área que impacta la productividad en el empresa	Nivel de importancia dentro de la empresa	Participación en el proceso	N.	Participación en el procedimient	N.	Participación en los proveedore	N.	Satisfacción del cliente	N.	Participación de los recursos	N.	TOTAL	FRECUENCIA RELATIVA
Recurso	1	5	5	1	5	1	1	3	3	5	3	15	18,75%
Logística	2	5	10	5	10	5	10	3	6	3	6	21	26,25%
Producción	3	5	15	5	15	5	15	5	15	5	15	25	31,25%
Administración	4	5	20	3	12	3	12	5	20	3	20	19	23,75%
Importancia en puntuaciones		50		42		38		44		44		80	100,00%

Tabla 8 Identificación de prioridades en relación a las acciones a tomar

Las Pymes de esta industria no han podido hacer uso eficiente de recursos como maquinaria y tecnología por limitaciones como la disponibilidad de capital de inversión, la gestión administrativa, la falta de innovación y análisis de optimización y uso eficiente de los mismos.

5. CONCLUSIONES

En el desarrollo de este proyecto de investigación, se logró utilizar el modelo GTE como herramienta de medición de la productividad en las empresas generando recomendaciones para cada una de las pymes del sector de este sector realizando un análisis de priorización por cada área y teniendo en cuenta cada uno de los resultados obtenidos se realiza una planeación, control y mejora continua. Además, se demuestra la importancia de la motivación en el manejo de recursos humanos ya que incrementa la productividad personal, satisfacción de las necesidades personales y profesionales, mejoramiento del clima laboral y el correcto lineamiento de todos los miembros de la empresa encaminado a cumplir los objetivos de las empresas investigadas.

La mayoría de las empresas pymes de plástico en Bogotá tienen falencias en el área administrativa por la falta del seguimiento interno, constante y documentado en el que la alta dirección conozca la información de lo que sucede cada periodo en cuanto a las ventas y la producción, por consiguiente, no hacen un seguimiento, control y mejora continua para satisfacer

a sus clientes por la falta de documentación, uso de software y estrategias en pro de aumentar la productividad y las ventas.

Se observó que el sector plástico en cuanto al manejo de producción y administración se da de forma empírica lo que conlleva a un bajo control de la producción, costos y finanzas principalmente. Por eso la importancia de la implementación de herramientas y de un modelo que generen solución a los problemas anteriores y contar con la rápida adecuación ante los cambios del entorno, con el fin de mejorar la situación actual y así mismo, mejorar sus finanzas, disminuyendo costos y utilizando de manera eficiente todos los recursos.

A pesar que el sector es competitivo la productividad es baja debido a las normativas ambientales y todos los factores externos que afectan a las empresas puesto que el plástico genera un gran impacto ambiental y no se cuenta con políticas del correcto manejo de los residuos sólidos que en la mayoría de los casos es de gran dispersión por el incremento del uso de este material y el proceso tan demorado de degradación el cual afecta al medio ambiente. Por estas razones es importante buscar estrategias e implementar el modelo de productividad GTE, mirando que soluciones se le pueden plantear a las empresas que están en proceso de investigación.

6. REFERENCIAS

Carro, R. y González, D. (2012). Productividad y competitividad [Archivo PDF]. Recuperado de: http://nulan.mdp.edu.ar/1607/1/02_productividad_competitividad.pdf

DANE. (2018). Boletín Técnico. Encuesta Anual Manufacturera EAM 2018. [PDF en línea]. Recuperado de https://www.dane.gov.co/files/investigaciones /boletines/eam/boletin_eam_2018.pdf

Dinero. (13 de agosto de 2018). Las reformas que pide el sector plástico al presidente Duque. Dinero. Recuperado de: https://www.dinero.com/empresas/articulo/sector-plastico-en-colombia-pide-reformas-a-ivan-duque/260890

García, R. (2005). Estudio del trabajo, ingeniería de métodos y medición del trabajo. McGraw Hill.

Mayorga, J. & Porras, J. (2015). Productividad de las Pymes, sector caucho y plástico de Bogotá D.C. [PDF en línea]. Recuperado de https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6634697.pdf

Morillas, A., Villavicencio, M., Espinoza, R y Pérez, M. El origen de los plásticos y su impacto en el ambiente [Archivo PDF]. Recuperado de: https://anipac.com/wp-content/uploads/2018/09/origendelosplasticos.pdf

Prokopenko, J. (1989) La gestión de la productividad manual práctico. Ginebra.

Resolución 0668 de 2016. [Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - República de Colombia]. Por la cual se reglamenta el uso racional de bolsas plásticas y se adoptan otras disposiciones. 28 de abril de 2016.

Sumanth, D. (1990). Ingeniería y Administración de la Productividad.

Modelo de análisis económico para proyectos dendroenergéticos: Metodología y resultados preliminares.

Sonia Varón Quinche

Universidad Autónoma De Colombia

Recibido: 15/04/2021 Revisado: 21/05/2021 Aceptado: 26/06/2021 Publicado: 28/07/2021

Resumen

Este trabajo recopila los resultados preliminares en la implementación de cálculos matemáticos cuyo propósito es generar indicadores de viabilidad económica para proyectos de inversión y apoyar la toma de decisiones, a partir del uso de Excel, como parte del trabajo adelantado en el semillero de investigación Bio-industrias.

Dentro del estudio previo de los antecedentes del *estado del arte*, se ha determinado que los proyectos de inversión para la generación de energía bajo fuentes no convencionales FNCER en Colombia presentan matices de orden jurídico, contable y financiero que inciden en su viabilidad económica, cuya estructura se distingue de los proyectos convencionales, por consiguiente, se genera la necesidad de programar la herramienta propuesta bajo estas directrices, involucrando las tecnologías existentes y alineándolas con la normatividad jurídica y fiscal vigente.

El desarrollo plasma el montaje realizado en Excel de las operaciones matemáticas que parten de datos iniciales, suministrados por el usuario, estructurando la sintaxis necesaria para calcular los indicadores. Se concluye de manera preliminar que la metodología implementada es funcional para cualquier tipo de proyecto de inversión, dando la opción de parametrizar aquellas variables con incidencia en proyectos específicos como el desarrollado, permitiendo que esta herramienta pueda adecuarse a las necesidades específicas del usuario final.

Palabras clave: Viabilidad financiera, programación, sintaxis, FNCER, indicadores.

Abstract

This work compiles the preliminary results in the implementation of mathematical calculations whose purpose is to generate indicators of economic viability for investment projects and support decision-making, based on the use of Excel, as part of the work carried out in the Bio- industries.

Within the previous study of the antecedents of the state of the art, it has been determined that investment projects for the generation of energy under unconventional sources FNCER in Colombia present nuances of a legal, accounting and financial nature that affect their economic viability, whose structure differs from conventional projects, therefore, the need to program the proposed tool is generated under these guidelines, involving existing technologies and aligning them with current legal and fiscal regulations.

The development reflects the assembly carried out in Excel of the mathematical operations that start from initial data, supplied by the user, structuring the necessary syntax to calculate the indicators.

It is preliminary concluded that the implemented methodology is functional for any type of investment project, giving the option of parameterizing those variables that affect specific projects such as the one developed, allowing this tool to be adapted to the specific needs of the end user.

Keywords: Financial viability, programming, syntax, FNCER, indicators.

Introducción

Estado del arte

La energía obtenida a partir de la madera se conoce como dendroenergía. Esta fuente de energía se usa de forma directa, así como en sus diferentes transformaciones, plenamente aprovechables (Patiño Diez & Smith Quintero, 2008). Dentro de los usos más conocidos, se enumeran las siguientes:

- En el uso doméstico, se usa la leña como fuente directa de calor, siendo esta la forma más antigua de obtención de energía calorífica;
- En el uso comercial e industrial, se usan los biocombustibles para el funcionamiento de maquinaria y vehículos
- Como fuente de energía eléctrica.

Dentro de las tecnologías existentes se encuentra el ciclo orgánico de Rankine que funciona a partir de turbinas de vapor, los gasificadores, las plantas de combustión, entre otras.

La dendroenergía ha venido ganando aceptación e iniciativas de estudio para su implementación. “La utilización de la biomasa, frente a los hidrocarburos, presenta ventajas comparativas que la hacen atractiva para su utilización en procesos de generación de energía, térmica, motriz o eléctrica, bien sea en sistemas centralizados, en sistemas de generación de energía distribuida o para zonas no interconectadas (ZNI)” (AENE Consultoria S.A - UPME, 2003, pág. 11)

Cabe resaltar que la dendroenergía se ha considerado una alternativa viable para la independencia a los combustibles fósiles. Patiño Diez & Smith Quintero (2008) afirman: “Aspectos como los anteriores, colocan la energía forestal en una perspectiva de desarrollo

optimista en muchos países, prometiendo impactos positivos tanto en el aspecto social como económico" (p. 20).

Mercado: Desde el año 1995, la industria del papel dejó de consumir madera de los bosques, para pasar a las plantaciones forestales, sin embargo, se estima que el mercado de la madera para la construcción y usos artesanales aún tiene un 80% de su obtención de materia prima de los bosques (Minambiente, 2015).

El mercado maderero se encuentra bastante concentrado en el país. El primer productor de madera, que ocupa mas del 50% de la demanda nacional está en Cundinamarca (Bogotá, Soacha), seguida por la región Medellín-Valle de Aburrá, Bucaramanga-Girón, Cali- Yumbo y Barranquilla (Minambiente, 2015).

Este mercado presenta una alta informalidad en los procesos de producción. El Ministerio de Ambiente (2015) indica:

> "*La informalidad se ocasiona fundamentalmente por la ausencia de estandares de calidad para la madera, en un gran volumen de comercio; una parte se abastece de forma ilegal, extraida de los bosques naturales y un alto porcentaje de la madera aserrada se dedica a usos de bajo valor agregado o donde la madera es desechada, por lo menos parcialmente, después de usarse*" (p. 14).

Esto explica que los residuos aprovechables se encuentren dispersos en los bosques.. Al respecto, AENE Consultoria S.A – UPME (2003), comenta:

"En vista de que la industria del aserrio experimentó un descenso debido a las limitaciones ambientales establecidas para las grandes empresas, la industria maderera se ha fraccionado en un sin número de pequeñas explotaciones o empresas unipersonales e informales que explotan el bosque sin atender las restricciones legales y ambientales, siendo el intermediario el que

comercia con la madera y abastece la industria del mueble, construcción, fabrica de chapas, triplex, etc. Estas explotaciones individuales y el uso progresivo de motosierras para procesar madera escuadrada, directamente en el bosque hace que los residuos del bosque natural provenientes del desrrame, decortezado, troce y corte queden diseminados directamente en el bosque, por tanto el potencial energético no se puede encontrar concentrado" (p. 100).

Generación de empleo: El sector maderero es uno de los mas importantes por la diversificación de productos y de actividades a desempeñar, tales como la tala y producción de pulpa. La cadena productiva es generadora de oferta laboral de personal no calificado (Mesa Sierra, 2016)

Se estima que del total de la población económicamente activa el 20% se encuentra empleada en el sector agrícola, abarcando un total de 3.7 millones de personas. De este total, se estima que del 10% al 20% corresponde al sector forestal: estando un total de 74.000 personas con vinculación directa, y dada la proporcion de plazas laborales de 1:3 entre empleos directos e indirectos, se estima que el país cuenta con un total de 296.000 trabajadores informales en el sector (Mesa Sierra, 2016). En zonas ZNI, la mano de obra requerida en buena parte es no calificada (AENE Consultoria S.A - UPME, 2003)[1]

Respecto al recurso disponible, la nación cuenta con recursos suficientes para generar energía de forma sostenible. Sin embargo, determinados conflictos subyacentes que guardan relación con la expansión de otras actividades económicas han ocasionado que las zonas protegidas se vean afectadas por conflictos asociados a la tenencia de la tierra (AENE Consultoria S.A - UPME, 2003). Esto genera un rezago en el aprovechamiento del mercado forestal.

Respecto a la *inversión*, al encontrarse la nación en una etapa temprana de implementación, motivo por el cual, y tal como se destacó en el estudio de Quintero Gonzalez & Quintero González (2015), los costos de inversión inicial en capital y mantenimiento son bastante elevados, respecto a otras tecnologías.

Información estadística: Los proyectos tienen limitantes en la información disponible. A pesar que las autoridades ambientales han hecho esfuerzos para obtener un sostén estadístico sólido, actualmente no se cuenta con una base de datos unificada de lo siguiente:

- Materias primas y procesos asociados
- Actores involucrados
- Costos y tratamiento especifico a nivel cambiaria, contable,y jurídico.

Esto denota un problema de *segmentación.* Como ejemplo de esto se realizó el ejercicio de busqueda de los incentivos tributarios en la implementación de dichos proyectos y que tienen incidencia en la utilidad, asi como el procedimiento para computarlos bajo la norma fiscal (ley 1715 de 2014). La información se encontraba dispersa en varios decretos, tomando como ejemplo el incentivo de *depreciación acelerada*, en el cual solamente se indica el porcentaje anual máximo permitido. Esto implica una mayor gasto en recursos. Al respecto, en el documento "Uso y Legalidad de la madera " publicado por Minambiente en 2015, se indica:

> *"Los resultados coinciden en identificar caracteristicas del sector, que se han mantenido en el tiempo, convirtiendose en limitantes para el manejo sostenible del bosque natural. Por ejemplo, los estudios confirman que las especies utilizadas no han cambiado, salvo las que han entrado a reemplazar a las agotadas, se continua con el aprovechamiento selectivo y el exceso de intermediarios en la comercialización, hay deficiencias en la información confiable, falta de control, la insuficiencia en los sitios de acopio se mantiene, continuan la*

falta de claridad y dificultades para el trámite de autorizaciones, y no existe o es escasa la ***capacitación*** *en el sector*. (Minambiente, 2015, pág. 12)

En esta publicación se midió el *nivel de conocimiento en el orden nacional en cuanto a manejo sostenible de los bosques*, obteniendo las siguientes puntuaciones:

Aspecto	Nivel*
Conoce qué es manejo sostenible de bosques	2,9
Considera que el manejo sostenible de los bosques permite obtener maderas legales en el país	3,2
Sabe qué es el *Pacto para el uso de la madera legal*	2,2
Conoce las sanciones e implicaciones legales que tiene la compra y/o transporte de madera ilegal	2,9

*Escala de valores de Likert: muy alto (5), alto (4), medio (3), bajo (2), nulo (1)

Figura 1: Resultado encuestas de actores en el orden nacional. Recuperado de ***https://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Gobernanza_forestal_2/12._Uso_y_Legalidad_de_la_Madera.pdf***

Este resultado indica que los encuestados tienen un limitado conocimiento sobre el tema, factor que puede incidir en el aprovechamiento eficiente del recurso.

Al respecto, Minambiente (2015) afirma que:

"Estas dificultades son ya reconocidas por el subsector forestal, que ponen en evidencia la problemática del mercado de la madera en el orden nacional, la cual constituye un factor influyente en el desarrollo social dado que conlleva a los involucrados a la busqueda de alternativas que repercutan en la dinamica del bosque y la sostenibilidad ambiental (p. 24).

Año	Madera moviliza-da bosque natural *(m^3)	Madera moviliza-da plantaciones **(m^3)	Importación de madera sólida ***(m^3)	Importación de tableros ***(m^3)	Total oferta (m^3)
2009	1.533.653,88	292.400,60	18.202,61	188.197,61	2.032.454,70
2010	1.379.542,31	1.089.500,53	35.787,24	254.283,34	2.759.113,42
2011	1.143.186,27	753.532,06	33.105,93	289.631,09	2.219.455,36
2012	763.096,64	826.860,05	52.903,65	317.742,25	1.960.602,59
2013	480.504,29	1.495.647,25	34.623,42	360.955,11	2.371.730,07

Año	Total oferta (m^3)	Total consumo (m^3)	Balance (m^3)	Subregistro (m^3)
2009	2.032.454,70	3.136.081,91	-1.103.627,22	
2010	2.759.113,42	3.325.496,16	-566.382,74	
2011	2.219.455,36	3.478.551,48	-1.259.096,13	
2012	1.960.602,59	3.603.018,47	-1.642.415,88	
2013	2.371.730,07	4.479.878,28	-2.108.148,21	-6.679.670,16

Figura 2: Oferta de madera 2009-2013 y balance de oferta y demanda. Recuperado de ***https://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Gobernanza_forestal_2/12._Uso_y_Legalidad_de_la_Madera.pdf***

Planteamiento del problema

Los proyectos de inversión para generación de energia bajo fuentes no convencionales en Colombia presentan componentes diferenciales de orden jurídico, fiscal y contable que precisan un tratamiento específico para su correcta formulación y análisis, respecto a los demás proyectos de inversión, como por ejemplo:

- Incentivos tributarios por inversión en FNCER;
- Estructura de costos (costo nivelado)
- Depreciación acelerada de activos

A la fecha, no se cuenta con una metodologia estructurada que agrupe estos factores, los cuales inciden en la utilidad final y en el concepto de viabilidad económica del proyecto de inversión, por lo que se genera la necesidad de estructurar una herramienta que incorpore estas variables, con su respectivo proceso matemático, para generar indicadores financieros acordes con la realidad económica de estos proyectos de inversión que permitan la adecuada toma de decisiones.

Desarrollo

Modelo conceptual

La metodologia implementada consiste en la generaciòn de variables que parten de entradas suministradas por el cliente, cuyo resultado final es el cálculo de indicadores financieros.

Para definir la sintaxis se definieron las operaciones matemáticas necesarias para generar variables utilizadas en los distintos modulos bajo los cuales se generará el estado de resultados, ordenados así:

- INVERSION INICIAL
- 1. Mercado
- 2. Ingresos, ventas
- 3,1 Costo Nivelado
- 3.2 Costos y Gastos
- 4. Nómina
- 5. Financiación
- INDICADORES FINALES

Se expondrán los módulos con las operaciones como paso necesario para entender su estructura, dinámica y pasos lógicos a seguir al resultado final, como objetivo principal del presente trabajo.

A. INVERSIÓN INICIAL

En el desarrollo del módulo se tomó como punto de referencia el costo de capital estimado de una planta de biomasa con la tecnologìa ORC, con capacidad de generación de 2 MW:

INVERSION INICIAL

1.1 Planta de generación de energía ORC

ENTRADAS

Tecnologia	TEC	ORC	Organic Rankine System
Tasa rep del mercado	TRM	3873.80	COP 25 Septiembre
Horas totales	HT	7,446	Horas / año
Factor de conversión	FC	1,000	KW por MW
Potencia instalada	PI	3	MW
Vida util del proyecto	T	10	años

SECCION	Variable	Descripcion Variable	Calculo matemático	Ejemplo	Unidades
Typical investment costs in ORC plant (CAPEX)	INV-USD	Inversión planta USD	(PI(2,1) * FC) * CCI(2,3)	5,400,000	USD
	CAPEX	Inversión planta COP	(PI(2,1) * FC) * CCI(2,3) * TRM	20,918,520,000	COP
			Fondos propios	18,826,668,000	90%
			Financiacion	2,091,852,000	10%

Figura 3: Mòdulo de inversión. Elaboración propia

Se han definido las tecnologìas disponibles a evaluar, así como el costo de inversión acorde con su capacidad de generación, con la variable “TEC” que es dicotómica, la cual trae al módulo los valores asociados de la tecnología escogida.

El usuario ingresa las entradas de TRM, horas totales de generación, factor de conversión, potencia y vida util del proyecto.

Se expone la presente tabla de calculo con el costo de inversión en dólares y pesos, variables definidas como INV-USD y CAPEX, sobre las cuales el usuario escoge la potencia:

POTENCIA	*Costo especifico USD / KW*
1-5 MW	1,800
5-20 MW	1,500
>20 MW	1,200

PI	**CCI**	**INV-USD**	**CAPEX**
Potencia (MW)	**Capital instalado (USD / KW)**	**Costo planta (USD)**	**Costo planta (COP)**
1	1,800	$ 1,800,000	$ 6,972,840,000
2	1,800	$ 3,600,000	$ 13,945,680,000
3	1,800	$ 5,400,000	$ 20,918,520,000
4	1,800	$ 7,200,000	$ 27,891,360,000
5	1,800	$ 9,000,000	$ 34,864,200,000
6	1,500	$ 9,000,000	$ 34,864,200,000
7	1,500	$ 10,500,000	$ 40,674,900,000
8	1,500	$ 12,000,000	$ 46,485,600,000
9	1,500	$ 13,500,000	$ 52,296,300,000
10	1,500	$ 15,000,000	$ 58,107,000,000
11	1,500	$ 16,500,000	$ 63,917,700,000
12	1,500	$ 18,000,000	$ 69,728,400,000
14	1,500	$ 21,000,000	$ 81,349,800,000
15	1,500	$ 22,500,000	$ 87,160,500,000
16	1,500	$ 24,000,000	$ 92,971,200,000
20	1,200	$ 24,000,000	$ 92,971,200,000
21	1,200	$ 25,200,000	$ 97,619,760,000
22	1,200	$ 26,400,000	$ 102,268,320,000
25	1,200	$ 30,000,000	$ 116,214,000,000

Figura 4: Costos de capital CAPEX. Elaboración propia

El cálculo matemático con el vector involucra las entradas iniciales. El costo de capital se calculó con base en el estudio realizado por ICF International, sobre los procesos WHP (waste heat to power) (ICF INTERNATIONAL, 2015):

Table 5. Waste Heat to Power Costs

Technology	Cost Characteristic	Electric Capacity for WHP Technology				
		50-500 kW	500-1,000 kW	1-5 MW	5-20 MW	>20 MW
Steam Rankine Cycle	Installed Capital Cost, $/kW	$3,000	$2,500	$1,800	$1,500	$1,200
	O&M Costs, $/kWh	$0.013	$0.009	$0.008	$0.006	$0.005
Organic Rankine Cycle	Installed Capital Cost, $/kW	$4,500	$4,000	$3,000	$2,500	$2,100
	O&M Costs, $/kWh	$0.020	$0.015	$0.013	$0.012	$0.010

Source: ICF analysis based on equipment manufacturer input.

Figura 5: Costos WHP. Fuente: ICF International, sección 3.3 de costos, página 20.

Esta información facilitó la proyección de los costos de capital, teniendo en cuenta la dificultad de encontrar los precios en dólares de las plantas de biomasa.

Esta tabla plasma el costo en USD / KW de operación y mantenimiento, calculada como un porcentaje sobre el costo de capital, ubicada en el módulo de “Costos”.

1. Mercado

MERCADO			
ENTRADAS			
Tecnologia	TEC	ORC	
Potencia	PI	3	MW
Factor de conversión	FC	1000	KW por MW
Horas	HORA	24	Horas en el dia
Dias	DIA	365	Dias en el año
Mantenimiento	MAN	15%	Margen del total de horas en mantenimiento

Variable	Descripcion Variable	Calculo matemático	Ejemplo	Unidades
HG	*Horas generación*	HORA * DIA	8,760	Horas / año
M	*Mantenimiento*	HG * MAN	1,314	Horas / año
HT	***Horas totales***	**HG - M**	**7,446**	**Horas / año**
EG	***ENERGIA GENERADA***	**PI * HT**	**22,338,000**	**kWh / año**
EG (mes)	***Capacidad de generación mensual***	***CG * vector "Part Ventas"***	***1,720,026***	***kWh / mes***

Figura 6: Modulo Mercado. Elaboración propia.

En este módulo se calcularon las horas totales de generación de energía, horas de mantenimiento, y la capacidad de generación en kWh al año. Las variables se encuentran ordenadas de tal manera que algunas entradas provienten del modulo de inversión inicial junto con las suministradas por el usuario.

Con una potencia instalada de 3 MW, la energia generada del proyecto es de 22.338.000 kWh al año. En el flujo de caja, se va a crear un vector denominado “Participación” el cual pondera un porcentaje por mes, para que el usuario visualice la generación energética acorde a su preferencia.

Vector "Part. Ventas"	
Mes 1	***7.70%***
Mes 2	7.70%
Mes 3	8.10%
Mes 4	8.20%
Mes 5	8.30%
Mes 6	8.40%
Mes 7	8.50%
Mes 8	8.50%
Mes 9	8.50%
Mes 10	8.60%
Mes 11	8.70%
Mes 12	8.80%
TOTAL	100.00%

*** : Al multiplicar por CG genera una matriz y se deben incorporar el numero de años del proyecto**

Figura 7: Vector "participacion ventas". Elaboración propia.

Estas variables permitirán generar la proyección de ingresos.

2. Ingresos

INGRESOS, VENTAS

ENTRADAS

Tecnologia	TEC	ORC	
Precio de venta	PV	450	COP / kWh
Energia generada	EG	22,338,000	kWh / año
% ventas al contado	PCON	80%	
% ventas al crédito	PCRE	20%	

Variable	Descripcion Variable	Calculo matemático	Ejemplo	Unidades
VCON	*Ventas contado*	(PV*EG)*PCON	8,041,680,000	COP al año
VCRE	*Ventas crédito*	(PV*EG)*PCRE	2,010,420,000	COP al año
VT	Ventas totales	∑ (VCON, VCRE)	10,052,100,000	COP al año

Precio de venta de $ 450 pesos por kWh

Figura 8: Modulo ingresos, ventas. Elaboración propia.

Este modulo calcula el ingreso en pesos colombianos a partir de la tecnologìa ORC , variable del módulo “A. INVERSIÓN INICIAL” y de EG, del módulo “mercado”, junto con las entradas suministradas por el usuario (precio de venta y % ventas).

Se procede a calcular el ingreso por tipo de cliente y las ventas totales, con un precio de venta estimado de $ 450 COP / kWh.

3.1 Costo nivelado

COSTO NIVELADO

ENTRADAS

Vida util del proyecto	T	10	años
Tasa de descuento	R	7%	%
Inversión planta COP	CAPEX	20,918,520,000	COP
Costo OYM	CE-OYM	1,464,296,400	COP
Energia generada	EG	22,338,000	kWh / año
Factor (1+r)^t	F	1.967	

Variable	Descripcion Variable	Calculo matemático	Ejemplo	Unidades
LCOE	Costo Nivelado (levelized costs)	$\frac{CAPEX + \frac{\sum (CE - OYM * T)}{F}}{\frac{EG * T}{F}}$	$249.77	COP / kWh

Producir cada kWh sale a 250 pesos

Figura 9: Modulo "costo nivelado". Elaboración propia.

Este módulo involucra variables definidas en A. INVERSIÓN INICIAL y en el módulo "mercado", así como la tasa de descuento suministrada por el usuario. El costo de operación y mantenimiento corresponde al 7% sobre el CAPEX al año.

El costo nivelado calcula el valor en COP / kWh, utilizado para comparar en estas unidades el costo de generación de cada tecnologia. El resultado obtenido arroja un costo de generación de $ 250 pesos por kWh tomando como referencia los valores estimados.

3.2 Costos y gastos

COSTOS Y GASTOS

ENTRADAS

COSTOS DIRECTOS	Tecnologia	TEC	ORC	Variable dicotomica. Si TEC = ORC; CE = USD / MWH al año
	Costo operación y mantenimiento	COM	7%	% del CAPEX
	Potencia instalada	PI	3	MW
	Insumos	INSUMO	500	m3 / mw al año
	Costo insumo	CINSUMO	15	USD
	Tasa representativa de cambio	TRM	3,873.80	COP 25 Septiembre
COSTOS INDIRECTOS	Acueducto, alcantarillado y aseo	AAA	3,000,000	COP al año
	Energia electrica	EE	3,000,000	COP al año
	Telefono e internet	TI	3,000,000	COP al año
	Aseo, cafeteria y papeleria	ACP	3,000,000	COP al año
	Arrendamiento	ARR	3,000,000	COP al año
	Vigilancia privada y sistema de alarmas	VP	3,000,000	COP al año
GASTOS ADMINISTRATIVOS	Honorarios personal externo (contador, sgsst)	HON	100,000	COP al año
	Recursos SGSST (examenes de ingreso, dotacion, et	SGSST	100,000	COP al año
	Licencias y programas	LP	100,000	COP al año
	Otros	OTROS	100,000	COP al año

Variable	Descripcion Variable	Calculo matemático	Ejemplo	Unidades
CE-OYM	Costo especifico OYM	CAPEX * COM	1,464,296,400	COP AL AÑO
MP	Materia prima	(CINSUMO * TRM) * INSUMO * PI	87,160,500	COP AL AÑO
CIP	Costos indirectos produccion	∑ (Costos indirectos) * vector "magnitud de costo indirecto" (2,1)	12,600,000	COP AL AÑO
CIA	Costos indirectos administrativos	∑ (Costos indirectos) * vector "magnitud de costo indirecto" (2,2)	5,400,000	COP AL AÑO
OGA	Otros gastos administracion	∑ (HON, SGSST, LP, OTROS)	400,000	COP AL AÑO

Figura 10: Modulo "costos y gastos". Elaboración propia.

Este módulo contiene los costos y gastos del proyecto, divididos por área. La estructura organizacional se compone de producción y administracion, cuyo funcionamiento implica el gasto de recursos, definidos a partir de presupuestos anuales. La distinción de costo contra gasto se realiza para su ubicación en el estado de resultados:

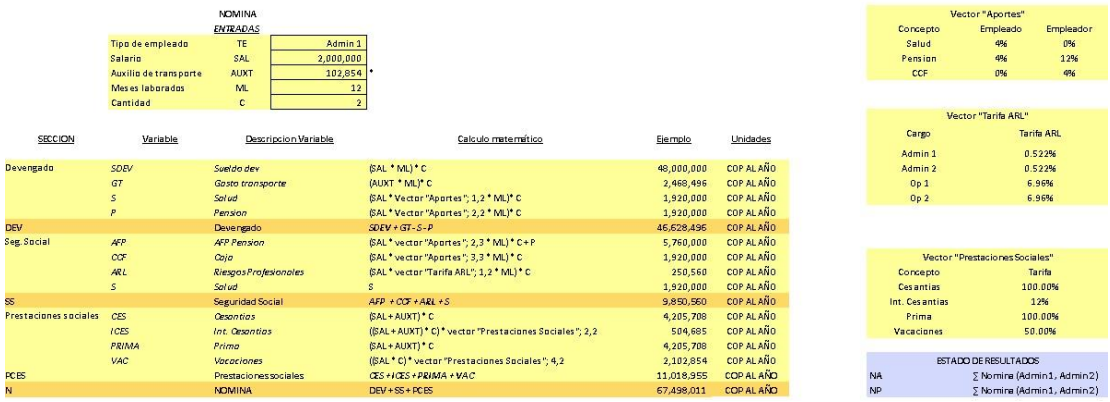
Vector "magnitud de costo indirecto"	
Produccion	70%
Administracion	30%

ESTADO DE RESULTADOS	
CPTOTAL - Costo produccion	∑ CE-OYM, MP, CIP, NP
GATOTAL - Gasto administrativo	∑ CIA, OGA, NA

Figura 11: Vectores CYG. Elaboración propia

A partir del presente vector, el usuario puede definir la magnitud de costo indirecto que corresponde a cada área.

4.Nomina



NOMINA

ENTRADAS

Tipo de empleado	TE	Admin 1
Salario	SAL	2,000,000
Auxilio de transporte	AUXT	102,854
Meses laborados	ML	12
Cantidad	C	2

SECCION	Variable	Descripcion Variable	Calculo matemático	Ejemplo	Unidades
Devengado	*SDEV*	*Sueldo dev*	(SAL * ML) * C	48,000,000	COP AL AÑO
	GT	*Gasto transporte*	(AUXT * ML)* C	2,468,496	COP AL AÑO
	S	*Salud*	(SAL * Vector "Aportes"; 1,2 * ML)* C	1,920,000	COP AL AÑO
	P	*Pension*	(SAL * Vector "Aportes"; 2,2 * ML)* C	1,920,000	COP AL AÑO
DEV		Devengado	*SDEV + GT - S - P*	46,628,496	COP AL AÑO
Seg. Social	*AFP*	*AFP Pension*	(SAL * vector "Aportes"; 2,3 * ML) * C + P	5,760,000	COP AL AÑO
	CCF	*Caja*	(SAL * vector "Aportes"; 3,3 * ML) * C	1,920,000	COP AL AÑO
	ARL	*Riesgos Profesionales*	(SAL * vector "Tarifa ARL"; 1,2 * ML) * C	250,560	COP AL AÑO
	S	*Salud*	*S*	1,920,000	COP AL AÑO
SS		Seguridad Social	*AFP + CCF + ARL + S*	9,850,560	COP AL AÑO
Prestaciones sociales	*CES*	*Cesantias*	(SAL + AUXT) * C	4,205,708	COP AL AÑO
	ICES	*Int. Cesantias*	((SAL + AUXT) * C) * vector "Prestaciones Sociales"; 2,2	504,685	COP AL AÑO
	PRIMA	*Prima*	(SAL + AUXT) * C	4,205,708	COP AL AÑO
	VAC	*Vacaciones*	((SAL * C) * vector "Prestaciones Sociales"; 4,2	2,102,854	COP AL AÑO
PCES		Prestaciones sociales	*CES + ICES + PRIMA + VAC*	11,018,955	COP AL AÑO
N		NOMINA	DEV + SS + PCES	67,498,011	COP AL AÑO

Vector "Aportes"

Concepto	Empleado	Empleador
Salud	4%	0%
Pension	4%	12%
CCF	0%	4%

Vector "Tarifa ARL"

Cargo	Tarifa ARL
Admin 1	0.522%
Admin 2	0.522%
Op 1	6.96%
Op 2	6.96%

Vector "Prestaciones Sociales"

Concepto	Tarifa
Cesantias	100.00%
Int. Cesantias	12%
Prima	100.00%
Vacaciones	50.00%

ESTADO DE RESULTADOS

NA	∑ Nomina (Admin1, Admin2)
NP	∑ Nomina (Admin1, Admin2)

Figura 11: Modulo "nómina". Elaboración propia

Este modulo agrupa los salarios, deducciones realizadas, gastos de seguridad social y prestaciones sociales. El usuario selecciona el tipo de empleado y la cantidad para calcular los valores que dependiendo del área, se clasifican entre costo y gasto. Esto tambien se relaciona con la tarifa de ARL a pagar, puesto que para el personal de producción se debe pagar el 6.96% de su salario por desempeñar actividades de alto riesgo (V), a diferencia del personal administrativo que cotiza sobre el riesgo minimo (I).

5.1 Financiación

GASTOS NO OPERACIONALES
5,1: Financiacion

ENTRADAS

Monto	2.091.852.000
TEA (Tasa Efectiva Anual)	18,00%
Plazo años	10
Plazo meses	12

Variable	Descripcion Variable	Calculo matemático	Ejemplo	Unidades
TEM	Tasa efectiva mensual	(1 + Tasa Efectiva Anual) ^ (1/12)-1	1,389%	%
C	Cuota	(Monto * (TEM x (1 + TEM) ^ n) / ((1 + TEM) ^ n) - 1	34.281.997,15	COP MENSUAL
INT	Interes	Monto * TEM	29.052.540,80	COP MENSUAL
CAP	Capital	Cuota - interes	5.229.456,34	COP MENSUAL
FI	Financiacion total	∑ (CAP, INT)	411.383.966	COP AL AÑO
S	Saldo	Monto - capital	2.086.622.544	COP MENSUAL

Se repite la misma operacion de calcular intereses y capital durante los 60 meses que dure el crédito.

Para el flujo de caja y ER se considera gasto no operacional

CAP TOTAL	∑ (matriz "financiacion" casilla capital)
INT TOTAL	∑ (matriz "financiacion" intereses)

Figura 12: Modulo "financiación". Elaboración propia

En este módulo el usuario ingresa el monto a solicitar a la entidad financiera, la tasa efectiva anual y el plazo, para calcular la tasa efectiva mensual, cuota, intereses y el saldo.

La utilidad de este modulo aporta a que el usuario pueda ver el costo total de intereses por pagar a la entidad financiera, para escoger la mas adecuada a su estructura de costos, y optimizar el recurso económico.

Este rubro hace parte de los gastos no operacionales.

5.2 Depreciación

GASTOS NO OPERACIONALES
5.2 Depreciacion

ENTRADAS

Tipo		MYE	
	VA	100.000.000	COP
	T	10	Años
	VR	15%	% valor de salvamento
	DA	20%	Según incentivo tributario de depreciar sobre el 20% anual, ley 1715 de 2014

Variable	Descripcion Variable	Calculo matemático	Ejemplo	Unidades
RES	Valor residual	(VA * VR)	15.000.000	COP
DEP	Depreciacion	(VA - RES) / T	8.500.000	COP AL AÑO
DEPA	Depreciacion Acelerada	(VA - RES) * (FDA)	17.000.000	COP AL AÑO

Figura 13: Modulo "depreciación". Elaboración propia

Este modulo incorpora la depreciación de activos en linea recta, y la *depreciación acelerada*, en la que la inversion en maquinaria para proyectos FNCER puedan amortizarse a un valor máximo del 20% anual, como incentivo tributario de la ley 1715 de 2014.

El usuario determina si su activo tiene valor residual en caso que quiera venderlo, reconociendo su valor en el proceso contable. Con esto, se calcula el valor a depreciar sobre la vida util del activo.

6. Impuestos

IMPUESTOS

ENTRADAS

Ventas totales	VT	10.052.100.000	COP
Vida util del proyecto	T	10	Años
Inversion planta	CAPEX	20.918.520.000	COP
Tarifa ICA	TICA	11,04/1000	%

Variable	Descripcion Variable	Calculo matemático	Ejemplo	Unidades
ICA	Impuesto de industria y comercio	VT * 11,04/1000	110.975.184	COP AL AÑO
INC INV	Incentivo tributario sobre la inversion deducible de renta	(CAPEX * 50%) / T	1.045.926.000	COP AL AÑO

Figura 14: Modulo "impuestos". Elaboración propia

Este modulo calcula los impuestos a pagar cuya base son las ventas totales. La generación de energía eléctrica está gravada con la tarifa ICA del 11.04/1000, para el calculo del ICA anual.

Asimismo, se calcula el incentivo tributario por la inversión en proyectos FNCER deducible del impuesto a la renta, correspondiente al 50% del CAPEX dividido durante la vida util del proyecto.

El impuesto a la renta no se calcula en este módulo puesto que la base es la **utilidad antes de impuestos.**

Resultados

ESTADO DE RESULTADOS DEL PROYECTO

Tasa de descuento		R		7%									
				Anualidad									
RUBRO	CONCEPTO	SIGNO	Variable	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
OPERATIVOS	Ventas	+	VT	10.052.100.000	10.052.100.000	10.052.100.000	10.052.100.000	10.052.100.000	10.052.100.000	10.052.100.000	10.052.100.000	10.052.100.000	10.052.100.000
	Costos	-	CPTOTAL	1.564.056.900	1.564.056.900	1.564.056.900	1.564.056.900	1.564.056.900	1.564.056.900	1.564.056.900	1.564.056.900	1.564.056.900	1.564.056.900
	Gastos	-	GATOTAL	73.298.011	73.298.011	73.298.011	73.298.011	73.298.011	73.298.011	73.298.011	73.298.011	73.298.011	73.298.011
NO OPERATIVOS	Financiacion	-	FI	411.383.966	411.383.966	411.383.966	411.383.966	411.383.966	411.383.966	411.383.966	411.383.966	411.383.966	411.383.966
	ICA Anual	-	ICA	110.975.184	110.975.184	110.975.184	110.975.184	110.975.184	110.975.184	110.975.184	110.975.184	110.975.184	110.975.184
	Depreciacion	-	DEP	17.000.000	17.000.000	17.000.000	17.000.000	17.000.000	17.000.000	17.000.000	17.000.000	17.000.000	17.000.000
	Inversión inicial	-	CAPEX	- 20.918.520.000									
	Impuestos (renta 33%)	-			2.635.499.171	2.635.499.171	2.635.499.171	2.635.499.171	2.635.499.171	2.635.499.171	2.635.499.171	2.635.499.171	2.635.499.171
	MENOS: INC INV	+		1.045.926.000	1.045.926.000	1.045.926.000	1.045.926.000	1.045.926.000	1.045.926.000	1.045.926.000	1.045.926.000	1.045.926.000	1.045.926.000
	utilidad			- 11.997.208.061	6.285.812.769	6.285.812.769	6.285.812.769	6.285.812.769	6.285.812.769	6.285.812.769	6.285.812.769	6.285.812.769	6.285.812.769

VPN	27.061.983.176,9	
TIR	51%	Proyecto viable, pdte calcular impuestos

		Inversion / utilidad año 1
Payback	3,33	Años para retorno de inversión
	39,93	Meses para retorno inversion

		LCOE * TIR
Precio de venta	377,45	Precio de venta minimo COP / kWh

Figura 15: Estado de resultados. Elaboración propia

Las variables generadas en los modulos anteriores permitirán construir el estado de resultados del proyecto, y los indicadores financieros: Valor Presente Neto, Tasa Interna de Retorno, Payback, y precio de venta en el que se incorpora la TIR hallada. La columna “signos” muestra la estructura matemática, cuyo calculo final es la **utilidad del ejercicio**. Con los valores calculados se estima que la inversión se recuperará en 3,3 años, con un precio de venta de 377 pesos por kWh , VPN positiva y TIR del 52%, siendo viable el proyecto en estas condiciones.

Conclusiones

- El proceso anteriormente descrito plasma un orden sistemático en la generación de variables que le permite al usuario entender paso a paso la estructura del cada rubro del balance, asi como del estado final de resultados y su lógica matemática.
- Este ejercicio se puede implementar para cualquier tipo de tecnologia y trasladarse a lenguajes de programación de tal manera que el usuario solamente deba insertar las entradas solicitadas y genere los informes que requiera, toda vez que el usuario tenga conocimiento previo de los presupuestos que se van a ejecutar, asi como de los datos de orden técnico que guardan relacion con la producción de energía.
- El estado de resultados generado resulta versatil en el sentido que resume la información mas relevante para la toma de decisiones, y la parametrización da la libertad de configurar y visualizar diferentes informes de series de tiempo a solicitud del usuario, tales como flujo de caja y efectivo, balance general, entre otros.
- La presente herramienta debe estar soportada del estudio tecnico previo para su respectiva implementación.

Referencias

AENE Consultoria S.A - UPME. (2003). *Potencialidades de los cultivos energéticos y residuos agrícolas en Colombia: Informe final.* Recuperado el 25 de Mayo de 2020, de Unidad de Planeación Minera y Energética: https://bdigital.upme.gov.co/handle/001/1287

Food and Agriculture Organization for the United Nations FAO. (2014). *El planteamiento sobre bioenergía y seguridad alimentaria - BEFS de la FAO. Guía de implementación.* Recuperado el 30 de Mayo de 2020, de http://www.fao.org/3/a-i3672s.pdf

ICF INTERNATIONAL. (March de 2015). *Waste heat to power market assessment.* Recuperado el 22 de Septiembre de 2020, de https://info.ornl.gov/sites/publications/Files/Pub52953.pdf

Mesa Sierra, J. (2016). *Condiciones de trabajo en dos empresas del sector forestal, ubicadas en los departamentos de Cundinamarca y Amazonas. Enero-Julio 2016.* Recuperado el 1 de Junio de 2020, de Universidad Nacional de Colombia, : http://bdigital.unal.edu.co/57412/1/35479767.2017.pdf

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). *Uso y legalidad de la madera en Colombia. Análisis parcial.* Recuperado el 25 de Mayo de 2020, de https://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Gobernanza_forestal_2/12._Uso_y_Legalidad_de_la_Madera.pdf

Ministerio Federal Alemán de Alimentación y Agricultura BMEL & Food and Agriculture Organization for the United Nations FAO. (Febrero de 2014). *Bioenergía y Seguridad Alimentaria, evaluación rápida BEFS RA. Componente madera combustible y residuos de madera. Sección 2: Presupuesto para plantaciones de madera como combustible.*

Gestión De Una Red Eléctrica De Distribución Ante Desastres A Partir De Recursos Energéticos Distribuidos

Yenni Marcela Espinosa Rico, Sebastián Camilo Becerra Cortes, Luis Alejandro Arias Barragán

Universidad Autónoma De Colombia

Recibido: 15/04/2021 Revisado: 21/05/2021 Aceptado: 26/06/2021 Publicado: 28/07/2021

Resumen

En este artículo se ha llevado a cabo una revisión de literatura científica con respecto al tema de resiliencia estableciéndose una línea de tiempo desde el año 2000 hasta 2020 abordando diferentes temas de los recursos energéticos distribuidos (DER) y su influencia en la resiliencia energética. A partir de dicha revisión, se ha realizado un análisis estadístico y una proyección probabilística de las tendencias de desarrollo a futuro sobre el tema.

Este trabajo de investigación enfoca en el desarrollo de una estrategia para fortalecer la gestión una red eléctrica de distribución de manera dinámica que se ajuste a los requerimientos funcionales como calidad de la energía eléctrica suministrada y la máxima cobertura posible a cargas de alta prioridad como hospitales y centros de atención, en periodos durante y después de la ocurrencia de un desastre natural como un movimiento telúrico. Con el fin de apoyar y afrontar la situación de un desastre, se propone utilizar recursos energéticos distribuidos apoyados en elementos de Generación Distribuida (GD), sistemas de almacenamiento y recursos de Respuesta de la Demanda generada que son gestionados mediante sistemas de control automatizado.

Palabras claves

Resiliencia, recursos energéticos distribuidos, evolución de la resiliencia en sistemas eléctricos, teoría de grafos; seccionamiento de red

Abstract

In this article, a scientific literature review has been carried out regarding the issue of resilience, establishing a timeline from 2000 to 2020 addressing different issues of distributed energy resources (DER) and their influence on energy resilience. From this review, a statistical analysis and a probabilistic projection of future development trends on the subject have been carried out.

This research work focuses on the development of a strategy to strengthen the management of an electrical distribution network in a dynamic way that adjusts to functional requirements such as quality of the electrical energy supplied and the maximum possible coverage to high priority loads such as hospitals and centers of attention, in periods during and after the occurrence of a natural disaster such as an earthquake. In order to support and face the situation of a disaster, it is proposed to use distributed energy resources supported by Distributed Generation (DG) elements, storage systems and generated Demand Response resources that are managed by automated control systems.

Keywords

Resilience, distributed energy resources, evolution of resilience in electrical systems, graph theory; network sectioning

Introducción

En el presente escrito, se ha realizado una recopilación de trabajos sobre resiliencia en sistemas energéticos ante eventos disruptivos como terremotos u otros desastres naturales, durante los años de 2000 a 2020. De igual forma, se revisa el uso que se le ha dado a los DER ante estos eventos y la evolución en procesos de integración dentro de la red eléctrica.

El análisis de tendencias de desarrollo en materia de inclusión de DER para apoyar en el mantenimiento del suministro energético en la red ante desastres naturales muestra que se da una prelación particular a las energías renovables ubicadas en usuarios puntuales a nivel residencial en viviendas multifamiliares y comerciales que puedan ser afectadas por un evento catastrófico de la red.

El presente texto se encuentra estructurado de la siguiente forma: Inicialmente, se tiene la introducción a la temática sobre la resiliencia en sistemas energéticos y la participación de los DER como soporte de suministro de energía ante contingencias; posteriormente se muestra la línea de tiempo de artículos revisados y la clasificación de acuerdo a categorías que autores han determinado como relevantes, se tiene el análisis estadísticos; se realiza una discusión de resultados obtenidos y algunas propuestas de desarrollo a futuro para sistemas resilientes que se poyen en DER; Finalmente se tienen las conclusiones del trabajo realizado.

Situación actual de la resiliencia de sistemas eléctricos y redes eléctricas

Las redes energéticas actuales dentro de sus características principales están garantizar una cobertura amplia, continuidad en el servicio y niveles admisibles de calidad en la tensión entregada a los clientes(Landau, 1937), deben ser resiliente ante fallos. El concepto de resiliencia surgió por primera vez por (holling, 1793) cuando la definió como "una medida de persistencia de los sistemas y de su capacidad para absorber cambios y perturbaciones y aún mantener las mismas relaciones entre poblaciones o variables de estado", más adelante (Gunderson,1995) agrego el concepto de capacidad de almacenamiento, (Walker,2002) amplio aún más la definición agregando el concepto de autocorregirse durante las perturbaciones, (Kendra,2003) introdujo el concepto de "recuperarse de una perturbación". (Woods, 2017) define la resiliencia como la capacidad de ser inmune para futuros eventos similares, y más recientemente (Hollnagel, 2017) la define como la capacidad de un sistema para "ajustar su funcionamiento antes o durante los eventos (cambios), perturbaciones y oportunidades) y mantener las operaciones requeridas en condiciones esperadas como inesperadas".

En el contexto energético, se define la resiliencia como "la capacidad de recuperación de un sistema de energía para tolerar perturbaciones y continuar brindando servicio de energía asequibles a los consumidores" y el sistema resiliente de energía puede recuperarse rápidamente de daños y proporcionar medios alternativos para satisfacer de energía a las necesidades de servicios en circunstancias extremas (Chaudry, 2011)(Bajwa et al., 2019).

La figura 1, describe el concepto de curva de resiliencia basados en las principales características, teniendo en cuenta al momento de presentarse un evento extremo. Para (Panteli & Mancarella, 2015) el primer estado es el estado resiliente, que representa el sistema de potencia antes de que ocurra un evento, las principales características de este estado son robustez/resistencia lo que implica que el sistema debe ser lo suficientemente confiable y robusto para soportar un daño inicial. Posteriormente, sigue el estado "degradado posterior al evento" que se da después de someter el sistema a una perturbación, se caracteriza por la flexibilidad operativa para adaptarse a las

condiciones cambiantes (ingenio, redundancia y auto-organización), ayudando a apaciguar el evento. A continuación, el sistema entra en el "estado restaurador", donde el sistema debe exhibir una respuesta rápida para asegurar una máxima recuperación en cada estado resiliente tan rápido como sea posible. Finalmente, el sistema energético entra en el "estado post-restauración", donde el nivel de la resiliencia puede o no ser tan alto como el estado pre-evento dependiendo de la robustez y resistencia posterior al evento. Esto significar que el sistema puede o no haber recuperado su capacidad máxima de operación.

Figura 1. Concepto de curva resiliente asociada a un evento.

La figura 2, muestra la tendencia entre los diferentes periodos de tiempo; la mayoría de los estudios realizados han sido sobre recursos energéticos distribuidos en periodos comprendido entre 2004 y 2008 fue de 71,4%, entre 2009 y 2012 fue de 63,63%, entre 2013 -2016 es de 61,9% y finalmente 2017 -2020 es 46,1% mientras que en términos de resiliencia y sistemas de almacenamiento fueron en menor cantidad, posteriormente por sistemas de gestión de redes ante desastres que ha ido aumentando su intervención y en el último periodo equivale a un 30,8%.

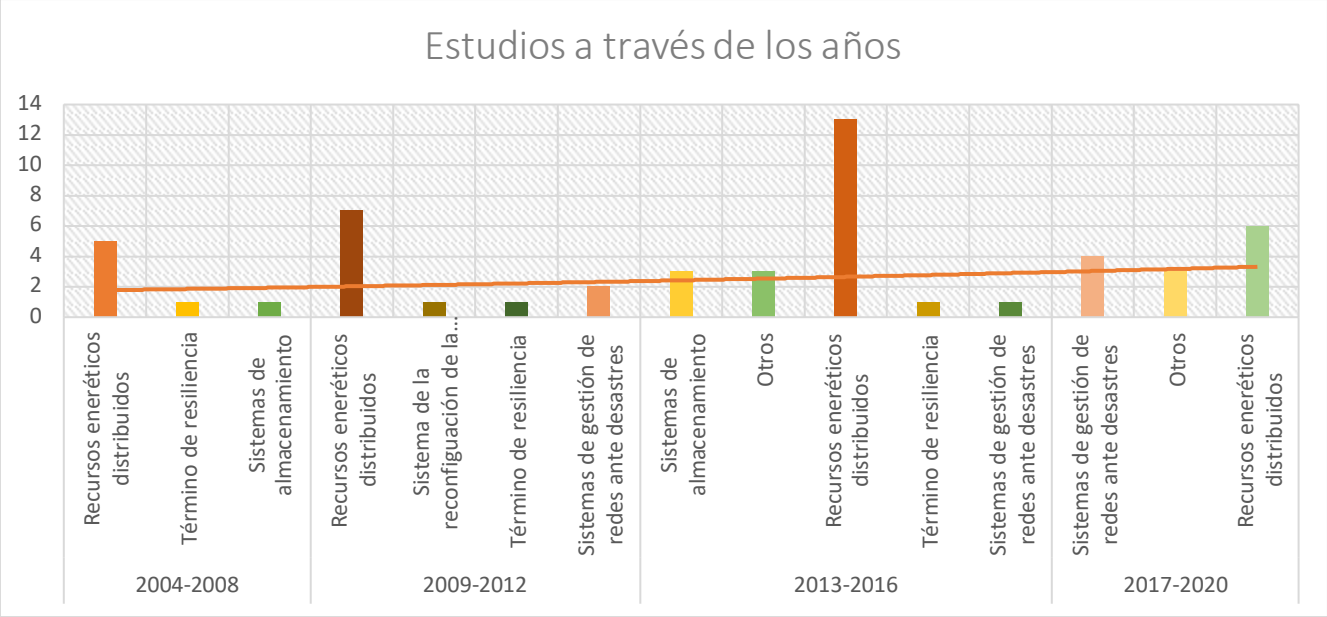


Figura 2. Estudios realizados a través de los años

Teoría de grafos y su aplicación

Un grafo G consiste de una colección de vértices V (nodos) y una colección de líneas E (aristas). Como se ve en la ecuación (ec1).

$$G = (V, E) \qquad \text{(ec1)}$$

Comparándolo a una red de distribución de electricidad, el conjunto de nodos V incluye subestaciones, transformadores de distribución, interruptores, barras de distribución y ubicaciones de los consumidores. El conjunto de líneas E, representa las conexiones físicas entre los nodos a través de cables subterráneos y segmentos de líneas aéreas de distribución.

Matriz de adyacencia: La conectividad entre nodos en un grafo está representada por una Matriz de adyacencia ‘A’. Dado que la red eléctrica puede considerarse como un grafo no dirigido, la

matriz de adyacencia de una red eléctrica se convierte en una matriz NxN simétrica. El elemento Aij se convierte en 1 si existe un enlace entre los nodos i y j, de lo contrario, Aij es igual a 0.

Matriz de Grado: El Grado de un nodo i en un gráfico que se denota como ki, es el número de líneas incidentes en ese nodo y se obtiene utilizando la matriz de adyacencia. Los valores obtenidos para el Grado de cada nodo se utilizan para construir la Matriz de Grado "K", que es una Matriz diagonal NxN.

La matriz laplaciana 'L' es útil para obtener las propiedades gráficas de las redes eléctricas y se denota con la letra “L”. Es representada en la ecuación 2 (ec2).

$$L = K - A \qquad \text{(ec2)}$$

En la figura 3, se ilustra el algoritmo inicial de seccionamiento fundamentado en la teoría de grafos.

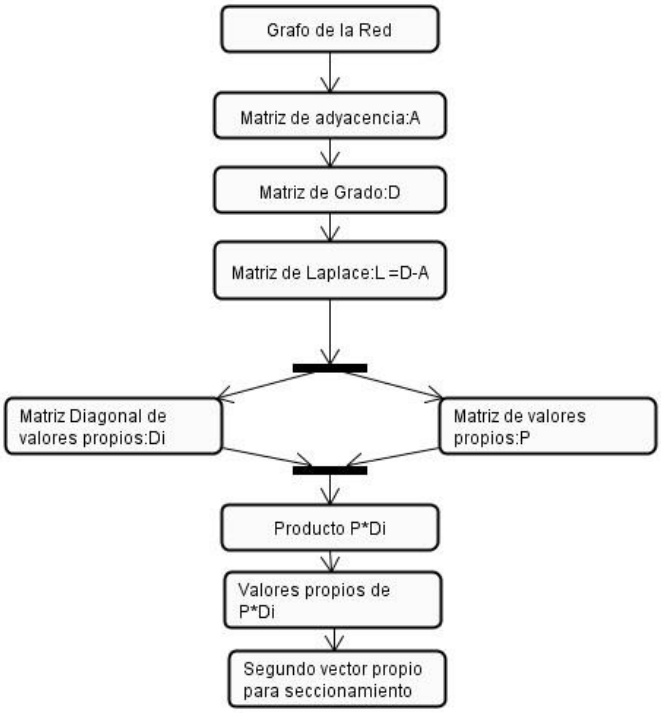


Figura 3. Algoritmo Inicial de grafos

Planteamiento del Problema y Justificación

En el estado actual de la red a nivel de distribución se observa una dispersión de los recursos energéticos distribuidos (DER) con una baja apropiación de los mismos en la gestión de los recursos energéticos por parte del Operador de Red a la par con la inexistencia de mecanismos suficientes para el restablecimiento del suministro energético en el momento de ocurrencia de desastres naturales que afecten gravemente la infraestructura eléctrica existente. En la literatura científica se evidencia que existe una estructura centralizada y vertical de la administración y de las operaciones en la red de distribución eléctrica por parte de un Operador de Red, resultando en un pobre desempeño de la red en general (Niknam, T. , Ranjbar A.M., Shirani A.R., 2005) (Bouffard & Kirschen, 2008) (Levin & Thomas, 2016).

Por otra parte, la provisión de los servicios auxiliares, tales como la cobertura de picos de demanda, la confiabilidad en el suministro eléctrico y compensación de reactivos por parte de las empresas de distribución y/o el Operador de Red se realiza mediante inversiones propias en infraestructura o bien subcontratando con otras empresas por regla general de tipo privado (CREG (Comisión de Regulación de Energía y Gas), 2010) (Quintero, 2013). De acuerdo a lo anteriormente expuesto, existe una desarticulación entre los problemas de desempeño de la red a nivel de distribución y de provisión de servicios auxiliares; y los recursos energéticos distribuidos que pueden suplir dichas necesidades, especialmente ante la ocurrencia de desastres.

La propuesta de Investigación plantea estrategias de gestión de DER apoyadas en una plataforma de acceso que se tiene en espacio de Computación en la nube, donde se realiza el almacenamiento de datos de la red, la administración de los recursos energéticos, el manejo de datos estocásticos de los DER, para el caso concreto RD, GD y sistemas de almacenamiento con el fin de atender situaciones de emergencia de desabastecimiento en el sistema energético cuando ocurre un desastre natural.

Justificación

En el contexto actual de desarrollo de los sistemas energéticos se identifican tendencias como: el mejoramiento de la operatividad del sistema, la integración de los recursos energéticos distribuidos, la inclusión de los vehículos eléctricos en las redes de distribución, la expansión de la Respuesta a la Demanda y la evolución de los mercados energéticos (Hammons, 2008) (Kassakian et al., 2011) (International Energy Agency, 2013) . Referente a la **Integración de DER en las redes de distribución** en la literatura científica se ha propuesto el desarrollo de herramientas como modelos, algoritmos y estrategias, que responden a funciones objetivo variables en el tiempo y con criterios de evaluación técnico, económicos, social, normativo y medio-ambiental (Sismotto & Hage, 2005), (Sadeghi et al., 2012) (Di Somma et al., 2015).

De igual forma se evidencia la necesidad de diseñar estrategias y mecanismos que permiten mejorar la resiliencia de los sistemas energéticos ante situaciones de desastres naturales que se apoyen en los DER que los usuarios de las redes poseen y que pueden poner al servicio de un operador de la red y en general de entidades encargadas de la gestión de desastres.

Objetivo General

Proponer estrategias para la integración de Recursos Energéticos Distribuidos en el nivel de distribución del sistema eléctrico para su participación como oferente de energía y servicios auxiliares ante la ocurrencia de desastres que permitan incrementar la resiliencia del sistema.

Objetivos Específicos

- Plantear una plataforma de acceso en el espacio de Computación en la nube para el manejo de la información de la red, las transacciones del nivel de distribución que faciliten la integración de DER y su interacción con el Operador de red y entidades que coordinan la gestión de atención de desastres.

- Diseñar estrategias para el mejoramiento de la resiliencia del sistema eléctrico ante desastres naturales apoyados en la utilización de DER.

- Plantear modelos matemáticos para la gestión de DER de manera óptima ante la ocurrencia de un desastre natural, asegurando parámetros mínimos de calidad para la red.

Metodología

Dentro de las estrategias metodológicas a utilizar se plantea la revisión de documentación especializada referente a la temática a tratar, que implica una selección, clasificación y análisis de la misma.

Posteriormente, se realizará la modelación matemática del comportamiento de componentes y de las interrelaciones entre los mismos. Las fases que se han planteado en el siguiente proyecto orientado a dar respuesta a los objetivos específicos planteados son las siguientes:

- Una fase transversal que comprende una fundamentación teórica permanente durante el desarrollo de la investigación.

    - F1: Plantear una plataforma de acceso en el espacio de Computación en la nube para el manejo de la información de la red, las transacciones del nivel de distribución que faciliten la integración de DER y su interacción con el Operador de red y entidades que coordinan la gestión de atención de desastres.

    - F2: Diseñar estrategias para el mejoramiento de la resiliencia del sistema eléctrico ante desastres naturales apoyados en la utilización de DER.

    - F3: Plantear modelos matemáticos para la gestión de DER de manera óptima ante la ocurrencia de un desastre natural, asegurando parámetros mínimos de calidad para la red.

    - F4: En esta fase se realizará el proceso de verificación y pruebas de los modelos matemáticos y estrategias de integración de DER y mejoramiento de la resiliencia de los sistemas eléctricos ante la ocurrencia de desastres.

Fundamentación teórica
Fase 1
Fase 2
Fase 3
Plantear una plataforma de acceso en el espacio de Computación en la nube
Diseñar estrategias para el mejoramiento de la resiliencia
Plantear modelos matemáticos para la gestión de DER

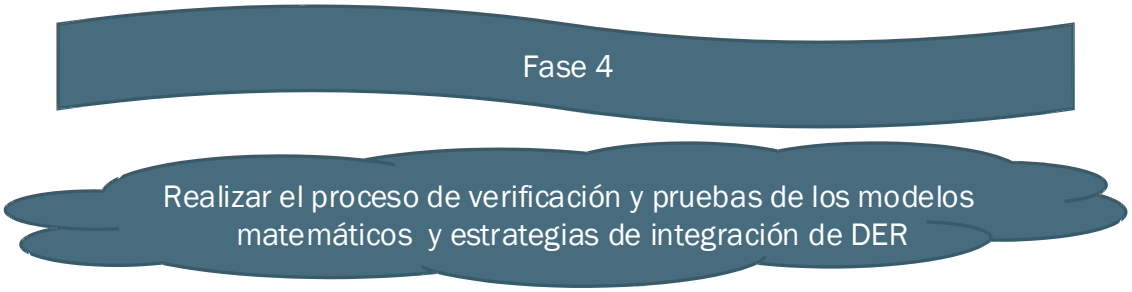


Figura 4. Fases del trabajo del desarrollo de la investigación

Resultados

El proyecto de investigación aún se encuentra en curso, no obstante, ya se tiene resultados puntuales como el diseño de una estrategia de seccionamiento de la red ante fallos, tomando como fundamentación matemática la teoría de grafos con la inclusión aleatoria de fuentes de generación distribuida. De igual forma se han realizado pruebas de los perfiles de tensión en la red momentos previos y posteriores a la ocurrencia de un eventual desastre, evaluando el comportamiento en cada los cuales se haya incluido mecanismos de control eficiente de cargas fundamentados en elementos de respuesta de la demanda.

Actualmente se desarrolla una propuesta en MATLAB, que cuenta con una interfaz gráfica para el desarrollo de la actividad de seccionamiento de la red ante fallo. Dicho programa se basa en el modelo de grafos donde los nodos representan los lugares de abastecimiento o producción de energía y usuarios conectados a la red. En caso de un desastre Natural se busca conocer los puntos más cercanos o formas más factibles para el abastecimiento de cargas sensibles del sistema como hospitales, centros de alimentos y atención entre otros con el fin de lograr la resiliencia energética de la red eléctrica afectada.

La Figura 5, muestra la primera pantalla de la interfaz, en donde todos los espacios están en blanco. La parte superior izquierda es un bloque, *Entradas, que* permite un máximo de 32 o número de nodos que se van a trabajar, una vez se ingresa el número de nodos, se le da a *SAVE* y luego *BEGIN* y en ese instante las letras *I* y *j* cambian a números, los cuales corresponden a la conexión entre nodos.

El usuario debe elegir si los nodos que se muestran están o no conectados, una vez seleccione uno, le da a *siguiente nodo* y muestra la siguiente conexión. Como aún está en desarrollo, se está trabajando en la repetición de los nodos a la hora de elegir, ejemplo si 1 y 2 están conectados, luego se vuelve a preguntar por 2 y 1, que se debe repetir según lo deseado por el usurario; también se está mirando en no mostrar los mismos nodos entre sí para evitar la obviedad, por ejemplo 1 y 1, o 2 y 2.

El bloque inferior de la derecha, *matrices,* muestra las diferentes tablas que forman la matriz; en *ADYACENCIA* se muestra la conexión entre los nodos en donde si están conectados muestra un 1 dentro de la celda correspondiente y si no es así, mostrará un 0; *GRADO* mostrará la cantidad de veces que cada nodo está conectado; *LAPLACIANA* muestra la matriz guía que se usa, como su nombre lo dice, con la trasformada de Laplace, y esta es fundamental para que el programa halle el punto que más se vería afectado y a la vez, el seccionamiento que ayudaría a una rápida resiliencia. Por último *AUTOVECTORES* da la dirección y ubicación del nodo una vez se grafique

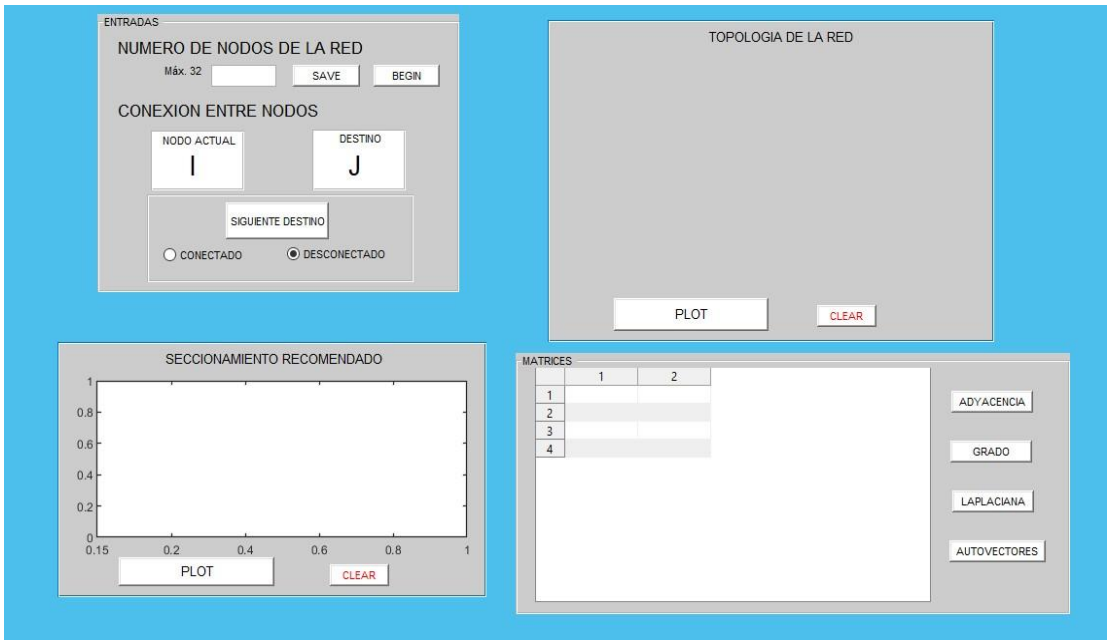


Figura 5. Estructura Inicial - Presentación Matlab

La figura 6, muestra un ejemplo del funcionamiento del programa, en este caso se trabajaron 7 nodos a los cuales se les da las siguientes conexiones:

1-2 sí; 1-3 si, 1-4 no; 1-5 no; 1-6 no; 1-7 no

2-3 sí; 2-4 sí; 2-5 no; 2-6 no; 2-7 no

3-4 sí; 3-5 no; 3-6 no; 3-7 sí

4-5 sí; 4-6 no; 4-7 sí

5-6 sí- 5-7 no

6-7 sí

Una vez se mostró la conexión 7-7, y se le da a siguiente nodo, se dejan de mostrar configuraciones, es decir se queda en 7-7, a partir de ese momento se pueden mirar las configuraciones del bloque de matrices seleccionando cualquiera de las deseadas.

La parte inferior izquierda, al darle en *PLOT* mostrará en el mismo espacio el seccionamiento recomendado, es decir, el punto la línea trasversal representa un corte en la red, por lo que los puntos superiores, se pueden conectar entre sí para mantenerse en operación, y de igual manera pasa con los puntos inferioes.

La parte superior derecha muestra la topología de la red o mapeo de nodos, en donde muestra la conexión entre los diferentes nodos, la cual coincide con la información digitada en el bloque *ENTRADAS*. Como otras operaciones del programa, aún se está trabajando en una topología de red más clara y con menos cruces entre sí.

Figura 6. Estructura Resultado Parcial - Tipología de la Red

Conclusiones

El documento presentado sintetiza aspectos globales de la investigación, presentando que se logró, el significado de resultados y trabajos futuros.

Como se puede ver la tendencia en el desarrollo de las investigaciones sobre resiliencia y su integración con recursos energéticos distribuidos muestra que el sistema de gestión redes ante desastres está tomando importancia demostrando la preocupación de una buena gestión por lo que además complementándose a los recursos energéticos distribuidos muestran el camino a seguir en tema de resiliencia a través de los años (2024)

Con el desarrollo de la aplicación en MATLAB se logra el seccionamiento de la red, pero aun vemos que existen problemas en las líneas de los nodos ya que se cruzan entre ellas, pero se está trabajando.

Bibliografía

Abeysinghe, S., Wu, J., Sooriyabandara, M., Abeysekera, M., Xu, T., & Wang, C. (2018). Topological properties of medium voltage electricity distribution networks. Applied Energy, 210, 1101–1112. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.06.113

Albert, R., Albert, I., & Nakarado, G. L. (2004). Structural vulnerability of the North American power grid. Physical Review E - Statistical, Nonlinear, and Soft Matter Physics, 69(2 2), 1–10. https://doi.org/10.1103/PhysRevE.69.025103

Andersson, G., Donalek, P., Farmer, R., Hatziargyriou, N., Kamwa, I., Kundur, P, Vittal, V.

(2005). Causes of the 2003 major grid blackouts in North America Europe, and recommended means to improve system dynamic performance. *IEEE Transactions on Power Systems*, *20*(4), 1922–1928. https://doi.org/10.1109/TPWRS.2005.857942

Bajwa, A. A., Mokhlis, H., Mekhilef, S., & Mubin, M. (2019). Enhancing power system resilience leveraging microgrids: A review. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, *11*(3), 035503. https://doi.org/10.1063/1.5066264

Bouffard, F., & Kirschen, D. S. (2008). Centralised and distributed electricity systems. *Energy Policy*, *36*(12), 4504–4508. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.09.060

Bryant, V., & Wallis, W. D. (2001). A Beginner's Guide to Graph Theory. *The Mathematical Gazette*, *85*(503), 374. https://doi.org/10.2307/3622074

CREG (Comisión de Regulación de Energía y Gas). (2010). *Comisión de Regulación de Energía y Gas*. 1–36. http://www.creg.gov.co/index.php/es/creg/quienes-somos/historia

Di Somma, M., Yan, B., Bianco, N., Graditi, G., Luh, P. B., Mongibello, L., & Naso, V. (2015). Operation optimization of a distributed energy system considering energy costs and exergy efficiency. *Energy Conversion and Management*, *103*, 739–751. https://doi.org/10.1016/j.enconman.2015.07.009

Hammons, T. J. (2008). Integrating renewable energy sources into European grids. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, *30*(8), 462–475. https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2008.04.010

International Energy Agency. (2013). World Energy Outlook 2013. *Agencia Internacional de Energía*, 7. https://doi.org/10.1787/weo-2013-en

Kassakian, J. G., Schmalensee, R., Desgroseilliers, G., Heidel, T. D., Afridi, K., Farid, a M., Grochow, J. M., Hogan, W. W., Jacoby, H. D., Kirtley, J. L., & Others. (2011). The future of the electric grid. In *Massachusetts Institute of Technology*, *Tech. Rep*. http://mitei.mit.edu/publications/reports-studies/future-electric-grid Landau, L. (Universidad A. D. O. (1937). Calidad de la energia electrica. *Zhurnal Eksperimental'noi i Teoreticheskoi Fiziki*. http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:No+Title#0

Levin, T., & Thomas, V. M. (2016). Can developing countries leapfrog the centralized electrification paradigm? *Energy for Sustainable Development*, *31*, 97–107. https://doi.org/10.1016/j.esd.2015.12.005

Niknam, T. , Ranjbar A.M., Shirani A.R., and O. A. (2005). *C i r e d 18. June*, 6–9.

Panteli, M., & Mancarella, P. (2015). The Grid: Stronger, Bigger, Smarter? *IEEE Power & Energy Magazine*, *May/June*, 58–66. https://doi.org/10.1109/MPE.2015.2397334

Quintero, S. C. (2013). *Ancillary Services Review in Electrical Power Systems in desregulated Market*.

Sadeghi, A., Larimian, T., & Molabashi, A. (2012). Evaluation of Renewable Energy Sources for Generating Electricity in Province of Yazd: A Fuzzy Mcdm Approach. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, *62*, 1095–1099. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.187

Sismotto, F., & Hage, E. L. (2005). An evolutionary algorithm for the optimisation of distributed generation dispatch. *18th International Conference on Electricity Distribution. Turin, Italy. June 6-9 2005*, *June*, 6–9.

Las Habilidades Blandas Factor Clave Para El Desempeño De Los Ingenieros

Rubén Gómez Sánchez Soto

Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú

Recibido: 15/04/2021 Revisado: 21/05/2021 Aceptado: 26/06/2021 Publicado: 28/07/2021

1. RESUMEN

El trabajo analizó los impactos de la no consideración de las habilidades blandas en los programas de formación de los nuevos ingenieros.

El diseño de la investigación fue cualitativo y correlacional teniendo como objetivo determinar la correlación de la no consideración de las diferentes habilidades blandas en el desempeño de los ingenieros, en sus diferentes facetas de trabajo.

Según James Albert Michener: "Los científicos sueñan con hacer grandes cosas; los ingenieros simplemente las hacen" (Tribuno, 2020). La investigación se inició evaluando el rol de la ingeniería en la sociedad.

A continuación, se analizó la definición de las habilidades blandas y sus aplicaciones, la necesidad de éstas en la formación de los ingenieros, el rol de éstas en el ejercicio de la gestión de proyectos, y finalmente su función en el desempeño gerencial de los ingenieros. Estas son las diferentes facetas en las cuales los ingenieros desarrollan su ejercicio profesional.

Según los resultados alcanzados la ingeniería es responsable de los avances de la sociedad, pero para responder a estos enormes retos se observó el rol de las habilidades blandas en su proceso de formación; ya que, cubriendo satisfactoriamente este reto, se podría responder mejor a los retos de la sociedad.

Palabras claves: Retos de ingeniería, Habilidades duras, Habilidades blandas, Inteligencia emocional, éxitos en los proyectos.

2. INTRODUCCIÓN

El problema que motivó el presente trabajo fue: “Analizar el papel de las habilidades blandas en el desempeño de los ingenieros” y como esta gama de habilidades podrían generar impactos en los resultados del ejercicio profesional de los ingenieros en ejercicio y de los nuevos ingenieros. Esta preocupación cobra más importancia por el rol de los ingenieros ante la sociedad.

Los objetivos de la investigación realizada podrían sustentar la revisión de los programas actuales de formación de los nuevos ingenieros, en cuanto a la necesidad de incorporación de las habilidades blandas, y como éstas podrían a mejorar el desempeño de los ingenieros. Y por supuesto establecer recomendaciones para pensar y reflexionar en mejora de tales programas de formación.

El Perú cuenta con una seria de antecedentes respecto de programas de formación de los ingenieros.

Los modelos educativos en uso y su relación directa con la problemática de desempeño de los profesionales de ingeniería, sustentaría la existencia de brechas, fortalezas, y problemática para responder a las expectativas de la sociedad, respecto del ejercicio profesional de la ingeniería.

3. METODOLOGIA

3.1. Rol de la ingeniería en la sociedad

La ingeniería es una profesión que tiene como misión el bienestar de la sociedad; por lo que, se considera necesario plantear una propuesta de misión de los ingenieros: “La ingeniería debe tomar como suyos los problemas de la sociedad, plantear soluciones, en las cuales emplea materiales y las fuerzas de la naturaleza, elige las más satisfactoria bajo todo punto de vista y principalmente el económico. Debe concretar la solución, resolver los problemas de la sociedad, y lograr la satisfacción de las necesidades humanas”. Esta propuesta deja evidencias que el ejercicio profesional de la ingeniería se sustenta en una serie de habilidades que deberían representar fortalezas para los ingenieros.

Según (Tribuno, 2020) El escritor y novelista estadounidense James Albert Michener dijo: "Los científicos sueñan con hacer grandes cosas; los ingenieros simplemente las hacen".

Una de las evidencias de lo indicado fue el diseño y construcción de la torre de Eiffel obra de Alexandre Gustave Eiffel. Según (Tribuno, 2020) Thomas Edison le escribió: "Para el

ingeniero Mr. Eiffel, el esforzado constructor de esta gigantesca y original muestra de ingeniería moderna, de alguien que tiene el mayor respeto y admiración por todos los ingenieros, incluyendo al Gran Ingeniero, el Buen Dios". Firmado Thomas Edison.

Según (Unitec, 2021) Ingenieros: no puedes vivir sin ellos, punto

Los ingenieros han dado forma al mundo que se conoce hoy, y entre sus aportes se tienen: Edificios inteligentes, Viajes espaciales, Automóviles veloces, Dispositivos electrónicos, y muchas otras cosas.

El trabajo de los ingenieros es mejorar cada uno de los procesos que realiza el ser humano en su vida diaria, así como crear nuevas opciones que antes ni siquiera pensábamos que eran posibles. (Unitec, 2021). De otro lado según (Diario, 2021) los ingenieros, según la UNESCO, trabajan en la "comprensión, diseño, desarrollo, invención, innovación y el uso de materiales, máquinas, estructuras, sistemas y procesos para fines concretos".

Para cumplir con esta misión Los ingenieros deberán estar en la capacidad de interactuar y dar respuesta a problemas económicos, medioambientales y de desarrollo científico-tecnológico, enfrentados por la sociedad contemporánea (Diario, 2021).

3.2. Definición de las Habilidades blandas y sus aplicaciones

La habilidad, es la capacidad de realizar determinadas actividades o tareas y aplicar el conocimiento técnico para resolver problemas. (Garita-González, 2020). De la misma forma según (Rao, 2014), las habilidades blandas son conocidas como habilidades para la vida, habilidades interpersonales, habilidades de empleabilidad y de inteligencia emocional.

Estas habilidades son las que contribuyen al éxito en la vida y en el mundo laboral. (Neri, Junio 2020)

Las habilidades blandas tienen que ver más con las personas que con los conocimientos que poseen. Por estas razones y otras más, las habilidades blandas deben de considerarse como una inversión. (Herrera, 2020).

Según (Neri, Junio 2020) comenta que las habilidades blandas son competencias intangibles que son complejas de medir y están vinculadas con las actitudes del individuo. Sea como fuere, son competencias que tienen una relación positiva con los niveles salariales de las personas.

Para (Patron, 2019) …las competencias son habilidades. No obstante, las habilidades blandas, también conocidas como socio emocionales o no cognitivas, están referidas a características como apertura a nuevas experiencias, trabajo en equipo, perseverancia de largo plazo, y autocontrol de corto plazo.

Según las investigaciones realizadas se presentan las Tablas siguientes:

- Tabla 1: Definiciones de competencias blandas.
- Tabla 2: Habilidades importantes según (Mark Keil, 2013).
- Tabla 3: Descripción de habilidades blandas.
- Tabla 4: Competencias blandas importantes en el gerente de proyecto según IPMA (2006).

Tabla 1.
Definiciones de competencias blandas

Autores	Definiciones
Alles (2008)	Explica que existen competencias blandas y competencias duras, distinguiendo como competencias blandas las habilidades de la personalidad, y como competencias duras, los conocimientos técnicos, prácticos, mecánicos, específicos para una tarea o actividad. Martin (2000), indica que las habilidades duras son aquellas objetivas con criterios de ciencia e ingeniería, mientras que las blandas son las subjetivas y sociales.
Beach (2011)	Afirma que el gerente de proyectos debe alcanzar el éxito de los proyectos, por ello es necesario precisar las habilidades fundamentadas en la sinergia bajo los principios intangibles de la confianza, el arte de adaptación y el cultivar las habilidades blandas ya que estos tres principios ayudarán a crear un ambiente en el cual la gente tenga la voluntad de desempeñarse a sus niveles más altos
Villar y Quiroga (2013)	Definen como competencia la capacidad de una persona para hacer un trabajo correctamente, distinguiendo en la competencia la combinación integral de conocimientos prácticos y teóricos, habilidades desarrolladas con la experiencia y actitudes reflejadas por el comportamiento y los valores que se utilizan para mejorar el rendimiento
Wallace (2014)	Destaca que las competencias en materia de gestión de proyectos abarcan actitudes, características básicas de la personalidad y liderazgo, y la capacidad de dirigir el equipo de un proyecto
Ortega (2016)	Las habilidades socioemocionales, habilidades sociales y emocionales, habilidades de carácter o rasgos de personalidad, que, aunque la literatura actual tiende a evitar deliberadamente referirse a ellos como “rasgos” puesto que se supone que los rasgos generalmente permanecen invariables, mientras que las habilidades pueden ser desarrolladas

Lledó (2017)	Asevera que el director de proyecto es como un director de orquesta, donde actúa como líder del equipo para alcanzar los objetivos del proyecto
Ortega (2017)	Las habilidades blandas son un conjunto de destrezas que permiten desempeñarse mejor en las relaciones laborales y personales. Marca que los especialistas en educación coinciden en que las habilidades técnicas se pueden enseñar mucho más fácilmente que las habilidades blandas; y enuncia que muchos empresarios, directivos y expertos en materia laboral especialmente capacitadores plantean que, si tiene trabajadores con una gran comunicación, negociación y habilidades interpersonales, éstos deben ser retenidos en su organización
Negociación y resolución de conflictos	Hace referencia a los pasos de negociación: determinar el objetivo de la negociación, identificar problemas, actitudes, estrategias, planificar la posición de negociación y decidir el plan de acción.

Fuente. (Patron, 2019).

Tabla 2.
Habilidades Importantes según (Mark Keil, 2013)

Categoría de Habilidades	Descripción	Habilidades
Gestión de equipos	Deben proporcionar liderazgo, motivar y capacitar a los miembros del equipo para que ejecuten el proyecto con éxito.	• Capacidad para motivar a los miembros del equipo • Habilidad para empoderar a futuros líderes. • Celebrando logros • Liderazgo • Colaboración • Habilidad para unir diversos equipos. • Habilidades de equipo virtual
Comunicación	La comunicación implica las habilidades necesarias para comunicarse eficazmente con los involucrados en el proyecto, incluye escuchar e identificar los problemas que surgen durante el curso del proyecto	• Comunicación verbal • Comunicación escrita • Escuchar • Habilidad para construir argumentos persuasivos.
Talentos de la gente	Se requieren habilidades personales para mantener buenas relaciones con las personas asociadas con el proyecto, incluye ejercer influencia sobre las personas.	• Construir una relación • Comprender la psicología de las personas. • Manejo de conflictos • Habilidades de la honesta • Negociación

Características personales	Características personales Características personales que pueden ser inherentes a la naturaleza, pero que aún pueden ser alimentadas	• Sentido del humor • Paciencia • Habilidad para manejar el estrés. Buscar consenso • Persistencia • Cooperación • Atención a los detalles

Fuente. Elaboración propia

La gestión de proyectos requiere de personas con determinadas habilidades según (Patron, 2019) A partir de la importancia que Swasti (2015), atribuye a las habilidades blandas en el gerente para la gestión de proyectos son presentadas en la Tabla 3 (Patron, 2019)

Tabla 3.
Descripción de las habilidades blandas.

Habilidades blandas	Descripción
Comunicación	Tono y estilo en que los comunicadores hablan a su audiencia, analizan los problemas y desafíos con colegas y clientes por igual
Motivación	Alentar el equipo de trabajo para que tome la iniciativa y trabaje positivamente, mostrando su compromiso en el proyecto
Liderazgo	Pilar de habilidad blandas, es la capacidad de comunicarse de manera efectiva y la aptitud para motivarse a sí mismo y motivar a los demás
Conciencia de sí mismo	Aceptar responsabilidades por cualquier error, demuestra la voluntad de aprender y progresar. la autoconciencia
Trabajo en equipo	Hace referencia a la planificación, cooperación y coordinación de cada persona, la capacidad de trabajar de manera eficiente con otros y el respeto saludable de las diferentes opiniones, costumbres y preferencias individuales
Capacidad de trabajar bajo la presión y la gestión del tiempo	Habilidad de mostrar una actitud decisiva, pensar con claridad, trabajar bajo presión, dentro de los plazos al priorizar las tareas
Flexibilidad	Capacidad para evolucionar, cambiar de acuerdo con la situación, capacidad de adquirir nuevas habilidades y enfrentar nuevas tareas
Negociación y resolución de conflictos	Hace referencia a los pasos de negociación: determinar el objetivo de la negociación, identificar problemas, actitudes, estrategias, planificar la posición de negociación y decidir el plan de acción.

Fuente. Elaboración propia.

De acuerdo con (Patron, 2019) Seleccionan los 15 elementos de competencia conductual del IPMA (International Project Management Association) (2006) considerando las

más importantes en la gestión de proyectos, agrupados y descritos en la tabla 4 como las competencias blandas importantes en el gerente de proyectos.

Tabla 4.
Competencias blandas importantes en el gerente de proyecto según IPMA (2006)

Competencias blandas según IPMA	Descripción
Liderazgo	Son patrones de comportamiento, así como a las actitudes sobre comunicación, resolución de conflictos, crítica, trabajo en equipo, toma de decisiones y delegación.
Compromiso y motivación	El compromiso y la motivación del gerente del proyecto y los miembros del equipo reflejan la aceptación personal de todos los individuos asociados con el proyecto
Autocontrol	El autocontrol o la autogestión reflejan un enfoque sistemático y disciplinado para enfrentar la rutina diaria y las situaciones estresantes
Asertividad	Características personales Características personales que pueden ser inherentes a la naturaleza, pero que aún pueden ser alimentadas
Relajación	Implica la capacidad de expresar puntos de vista de manera persuasiva y autoritaria teniendo en cuenta su impacto en la toma de decisiones
Apertura	Se refiere al cultivo de un clima abierto entre individuos para beneficiarse de sus aportes, sugerencias, preocupaciones e inquietudes, evitando la discriminación cultural.
Creatividad	Describe la capacidad de pensar y actuar de manera original e imaginativa para lograr el éxito del proyecto
Orientación	Describe la atención del equipo del proyecto sobre los objetivos clave para obtener el resultado óptimo para todas las partes involucradas
Eficiencia	Se refiere a la asignación y explotación eficiente de todos los recursos disponibles para el proyecto
Consulta	Se centra en la toma racional de decisiones y la presentación de argumentos sólidos para encontrar soluciones
Negociación	Se establecen los medios por los cuales las partes involucradas pueden resolver los desacuerdos hacia una solución mutuamente satisfactoria
Conflicto	Se describirse como un momento de gran dificultad, que exige un análisis de riesgos y una planificación de escenarios para manejar estos obstáculos
Confiabilidad	Capacidad de cumplir con las especificaciones de tiempo y calidad del proyecto
Valores	La apreciación de los valores se basa en el respeto mutuo y en la receptividad de las opiniones, juicios de valor y estándares éticos de los demás
Ética	Conducta moralmente aceptada que representa las libertades personales y profesionales, así como los límites

Fuente. Elaboración propia

3.3. Necesidad de las habilidades blandas en la formación de los ingenieros

Según (Neri, Junio 2020) Se concluye que las instituciones educativas requieren trabajar en la implementación de talleres que refuercen las habilidades blandas, así como mantener el

acercamiento con el sector empresarial para que los logren el fortalecimiento de las competencias interpersonales.

Según las investigaciones de (Neri, Junio 2020) Los países que prioricen las políticas educativas y brinden oportunidades para el desarrollo de competencias que son consideradas importantes para los sectores de la sociedad pueden crear el escenario para mejorar la productividad y el desarrollo económico. Este es el reconocimiento a la necesidad de contar con el talento humano capaz de insertarse y crecer profesionalmente en el mercado de trabajo coadyuvará a que las organizaciones logren progreso y bienestar para los individuos que en ellas participen

La empleabilidad de los egresados se ha convertido en un indicador de calidad para las universidades.

De acuerdo con Retnanto, Parsaei y Parsaei (2019), las escuelas que imparten programas de ingeniería requieren fortalecer las habilidades sociales en los estudiantes. No obstante, otro de los problemas que enfrentan las universidades y sus profesores es que no cuentan con una forma clara de evaluar las competencias blandas. (Neri, Junio 2020)

Particularmente, en las escuelas de ingeniería los estudiantes pasan mayor tiempo perfeccionando sus habilidades técnicas y en ocasiones dejan de lado las competencias que les permiten resolver problemas de otra índole. (Neri, Junio 2020). Ante esta problemática es necesario identificar las formas que más aprecian y las que generan mayor motivación en los estudiantes a la hora de aprender (Kumar y Hsiao, 2007).

Las habilidades sociales son cruciales para los ingenieros, ya que el entorno laboral en el que se desarrollan cada vez es más interdisciplinario y demanda mayor trabajo colaborativo. (Neri, Junio 2020)

Al respecto, Florea y Stray (2018) analizaron anuncios de empleos en 33 países y comprobaron que las empresas desean contratar ingenieros capaces de comunicarse, posean habilidades analíticas y resuelvan problemas. También determinaron que existen nuevas categorías de habilidades blandas como la ética en el trabajo, enfoque en el cliente y saber trabajar bajo presión. (Neri, Junio 2020).

Esto concuerda con lo señalado por Fadel y Groff (2019) cuando mencionan que las escuelas tienen que impulsar una educación que tenga como objetivos forjar el carácter de los nuevos ingenieros para que adquieran y fortalezcan virtudes, valores y una capacidad de tomar

decisiones para llevar una vida equilibrada, incluso se requiere enseñar lo relacionado con la salud mental, la curiosidad, la resiliencia, la ética y el liderazgo. (Neri, Junio 2020)

Siguiendo a Dell'Aquila et al. (2017) y Lennox y Roos (2017), las competencias blandas o inteligencias interpersonales son aquellas que permiten la creación y desarrollo de relaciones positivas con los demás, además de ser componentes clave en la resolución positiva de conflictos. (Neri, Junio 2020)

Según (Neri, Junio 2020) se encontró que, conforme los estudiantes avanzan por semestre, su percepción sobre la adquisición de las habilidades blandas es positiva. Otro hallazgo es que los jóvenes que percibieron que un egresado percibe los mejores ingresos al mes son los que obtuvieron más puntos en las competencias blandas, mientras que los que piensan que los egresados que perciben menores ingresos son los que obtuvieron menos puntos. (Neri, Junio 2020)

En otra investigación de (Neri, Junio 2020) Se reconoce que los estudiantes de la universidad en España, a diferencia de los estudiantes mexicanos, son los que perciben de forma más positiva las competencias blandas adquiridas.

Como parte de la misma investigación se comprobó que los estudiantes españoles son lo que mejor califican la competencia de la comunicación, el procesamiento de información, son capaces de afrontar retos con facilidad, tienen la habilidad de trabajar en equipo (habilidad claves para los estudiantes), poseen iniciativa y decisión para resolver problemas, retroalimentan de forma correcta los errores, se relacionan con facilidad, son persuasivos e influyentes en las decisiones que toman las demás personas, llevan a cabo autoanálisis y autocríticas para seguir mejorando, cuestionan ideas tanto propias como de las personas que los rodean, se mantienen informados en las tendencias de los mercados laborales, tienen la habilidad de reaccionar con calma ante situaciones de adversidad y aprovechan al máximo los medios electrónicos. Todas estas habilidades son claves para el desempeño de los nuevos ingenieros. (Neri, Junio 2020)

Complementariamente Shakir (2009) enfatiza que en los programas de estudios se deben integrar las habilidades de comunicación, pensamiento crítico, habilidades para resolver problemas, trabajo en equipo, aprendizaje permanente, gestión de la información, habilidad emprendedora, ética y moral profesional y capacidad para liderar. (Neri, Junio 2020)

Por esto, se concluye que las instituciones de educación superior deben redoblar esfuerzos para ayudar a los jóvenes a incrementar sus competencias socioemocionales. De acuerdo con lo expuesto y analizado, se recomienda hacer los estudios necesarios de las competencias socioemocionales que requieren los mercados laborales de los ingenieros con esta información se tendría que actualizar los programas de estudio y, de esta forma, tener egresados preparados para ingresar a un entorno plagado de competencia. (Neri, Junio 2020)

En consecuencia, las universidades, en tanto sistemas complejos propios del desarrollo de los individuos y de las sociedades, deben estar inmersas en estos cambios. Sin embargo, los planes de estudio de la educación superior continúan siendo rígidos e inflexibles, pues evalúan conocimiento técnico sin una visión integral de las habilidades, las destrezas y las actitudes. En consecuencia, se mantiene la evaluación memorística basada en la resolución de exámenes. (Garita-González, 2020)

Según (Garita-González, 2020) como ejes clave de la estrategia de incorporación de las habilidades blandas en el plan de estudio de los centros de formación de los nuevos ingenieros se tendría que considerar preponderantemente:

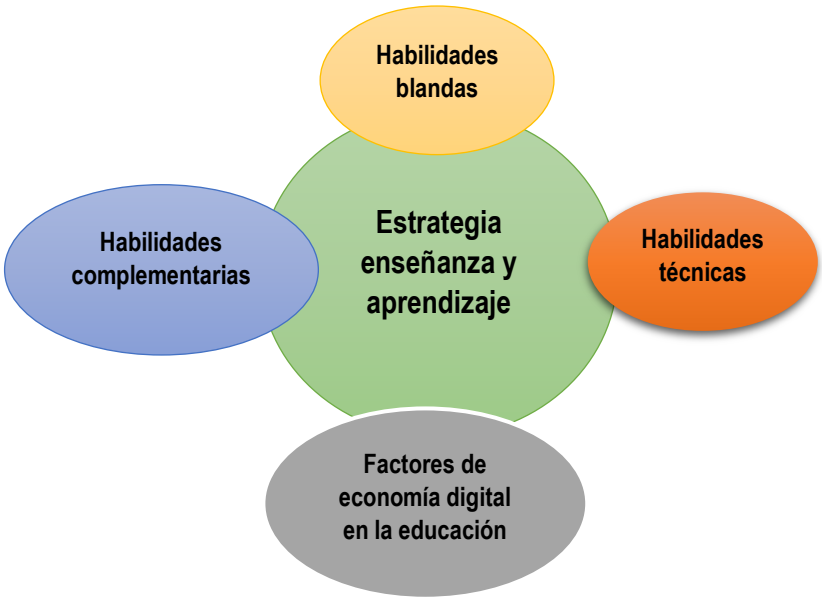
- Identificación de políticas de gestión académica que garanticen la capacidad humana y organizacional para el logro de objetivos referentes a las habilidades blandas como técnicas y complementarias en forma integral.
- Diseño de un modelo cuantificable. Es necesario considerar un proceso de mediciones de avance que determinen el grado de cumplimiento de objetivos y de fortalecimiento de las habilidades, incluso el análisis retrospectivo al final de cada ciclo lectivo.
- Necesidad de mejora continua. Se efectúa un análisis retrospectivo y de evaluación del modelo, con el fin de establecer acciones de mejora continua.
- Interrelación con el mercado laboral. Es el establecimiento de mecanismos de realimentación y de vinculación permanente con el sector industrial para tener claridad sobre el nivel de satisfacción respecto del perfil de egreso de los nuevos profesionales. (Garita-González, 2020)

Como conclusión se tiene que las escuelas tienen que reforzar los programas de estancias académicas con la industria, ya que los alumnos pueden experimentar los ambientes laborales y perder el posible miedo a resolver problemas y convivir con personas de mayor edad y experiencia. (Neri, Junio 2020)

Finalmente, se recomienda que los modelos educativos para la formación de los nuevos profesionales de ingeniería tomen en cuenta la propuesta detallada en la figura 1.

Figura 1.

Estrategia enseñanza y aprendizaje bajo la concepción holística.



Fuente. Araya-Fernández y Garita-González (2019)

3.4. Las habilidades blandas en la gerencia de proyectos

En palabras de Garrido (2006), la gerencia es un proceso que coordina la planificación, organización, dirección y control de los recursos disponibles de una organización: humanos, físicos, tecnológicos y financieros; para lograr los objetivos previamente establecidos. (Patron, 2019)

Los gerentes deben desarrollar habilidades para dirigir a los empleados, de manera tal que trabajen con eficiencia, pues la forma en que la gerencia ejerce su autoridad repercute en la productividad de la organización. (Patron, 2019)

En este sentido, Prieto (2014) afirma que la clave del éxito de la gestión de proyectos es que el director o gerente del proyecto desarrolle sus habilidades humanísticas en beneficio de los clientes o de la comunidad definida en el proyecto. (Patron, 2019)

En estudios realizados en el Perú se ha comprobado que existe una problemática clara sobre la alta frecuencia de fracasos en proyectos públicos y también privados. Esta situación genera la necesidad de analizar, estudiar la causalidad y tratar de averiguar si la falta de habilidades blandas o técnicas son las que serian que estarían generando esta problemática.

Por lo expuesto, nace una fuerte preocupación por determinar si la ausencia de habilidades blandas en la gerencia de proyectos encabezada por el equipo de supervisión es el factor que obstaculizaría el éxito de los proyectos de la institución en estudio. Los estudios de (Patron, 2019) explican que la ausencia de competencias blandas en la dirección de proyectos trae serias consecuencias. Denota un comportamiento en el que la gerencia culpa a los miembros del equipo y permite la presión de otros para cambiar objetivos, tareas o la especificación del proyecto tomando medidas correctivas de manera incorrecta

Por lo señalado por (Patron, 2019) los gerentes que no tienen las habilidades blandas gestionan el equipo como una máquina, cierra los ojos a los demás, parece a distancia, no realiza la gestión de las partes interesadas, evita los contactos con las partes involucradas y no tiene tiempo para la informalidad. La comunicación no se practica de forma fluida en ambos sentidos generando brechas entre miembros del equipo de supervisión y operadores, reflejándose en la baja motivación hacia la labor desarrollada. (Patron, 2019)

Los gerentes de proyectos de las organizaciones deben contar con habilidades blandas como el conjunto de rasgos o elementos de competencia personal como habilidades sociales, control del estrés, comunicación, motivación, entre otras cualidades para lograr el éxito en los proyectos. (Patron, 2019)

La negociación a cargo de gerentes sin competencias blandas puede bloquear la integración de los miembros de equipo para lograr acuerdos con los involucrados en el proyecto; en lo concerniente transferencia de recursos, generación de información y el cumplimiento de tareas (Patron, 2019)

Las empresas cada vez invierten más energía y recursos en la formación de habilidades de sus directivos para que su autoridad no radique únicamente en su poder adquirido sino también en sus competencias para la gestión de proyectos (Patron, 2019), esta exigencia es estratégica. En este sentido, Prieto (2014) afirma que la clave del éxito de la gestión de proyectos es que el director o gerente del proyecto desarrolle sus habilidades humanísticas en beneficio de los clientes o de la comunidad definida en el proyecto. (Patron, 2019). Por este motivo, se genera la necesidad de investigar sobre la preocupación por determinar si la ausencia de habilidades blandas en la gerencia de proyectos encabezada por el equipo de supervisión es el factor que obstaculizar el éxito de los proyectos. (Patron, 2019)

La falta de habilidades blandas genera que la gerencia hable en tiempos inapropiados, critica, no motive a sus compañeros, aparece alejado del equipo ignorando a los demás, es pesimista, se angustia ante la presión, se alinea solo con la opinión mayoritaria. (Patron, 2019)

Por lo expuesto, se hace necesario que los gerentes de proyectos cuenten con habilidades blandas como el conjunto de los rasgos de competencia personal como habilidades sociales, control del estrés, comunicación, motivación, entre otras cualidades para promover el éxito en los proyectos. (Patron, 2019)

Como es sabido y sustentado según varios autores la ausencia de habilidades blandas en los gerentes de proyecto genera debilidad en la gestión, situación que conlleva a no lograr exitosamente las tareas a través de las personas que conforman el equipo (Patron, 2019)

La ausencia de las competencias blandas en la gerencia de proyectos conduce a desviaciones con lo planificado, personas desmotivadas, pérdida de recursos, conflictos injustificados, equipos disfuncionales, atraso en los resultados y pérdida de tiempo, porque estos factores determinan la productividad del proyecto (Patron, 2019)

El-Sabaa (2001), realizó una investigación sobre las habilidades humanas de gerentes de proyecto efectivo, en la cual evalúa cómo gerentes de proyecto y funcionales difieren con respecto a los atributos, habilidades y experiencias que se asocian con el desempeño exitoso de proyectos. (Patron, 2019)

Esto significa que, la habilidad humana se ocupa principalmente de trabajar con personas, es decir, un gerente de proyecto con una habilidad humana altamente desarrollada es suficientemente sensible a las necesidades y motivaciones de otros en su proyecto. (Patron, 2019)

Finalmente, los resultados permitieron inferir las habilidades del gerente de proyectos, considerando que las habilidades de liderazgo son las más importantes pues, el gerente del proyecto debe ser un líder capaz de proporcionar una visión, demostrar carisma, y motivar a la gente hacia el logro de los objetivos del proyecto. (Patron, 2019)

Las habilidades de comunicación verbal fueron la segunda habilidad de más alto rango identificado, considerando que los gerentes de proyecto efectivos deben ser capaces de comunicarse con los diferentes grupos de interés para controlar el proyecto y resolver los problemas. (Patron, 2019).

Los resultados de esta investigación se consideran como antecedente al analizar y agrupar en orden de importancia las habilidades de liderazgo y comunicación, entre otras, en el gerente de proyecto. (Patron, 2019)

Se concluye que a nivel general los gerentes de proyectos del Instituto en estudio cuentan con las habilidades blandas (competencias personales y habilidades interpersonales) en un 45% y 52% respectivamente, que les permiten gestionar adecuadamente los proyectos asignados. (Patron, 2019)

3.5. Las habilidades blandas en los niveles de gerencia

En la actualidad, en los niveles de gerencia se evidencia algunas falencias en habilidades blandas lo cual genera problemas en decisiones y resultados.

Las organizaciones actualmente presentan debilidades en las habilidades blandas al interior de esta, como si fuera poco, la expansión de estas obliga a que los colaboradores estén en un relacionamiento constante con personas o empresas de diferentes orígenes. (Albañil, 2020)

Cuando un individuo llega a una posición que requiere de liderazgo, es donde se percatan de la necesidad de habilidades blandas, y una de las más importantes es la inteligencia emocional, ya que se tiene la formación académica, para el éxito se requiere implementar aquellas habilidades que fortalecen su proceso laboral y profesional (Albañil, 2020)

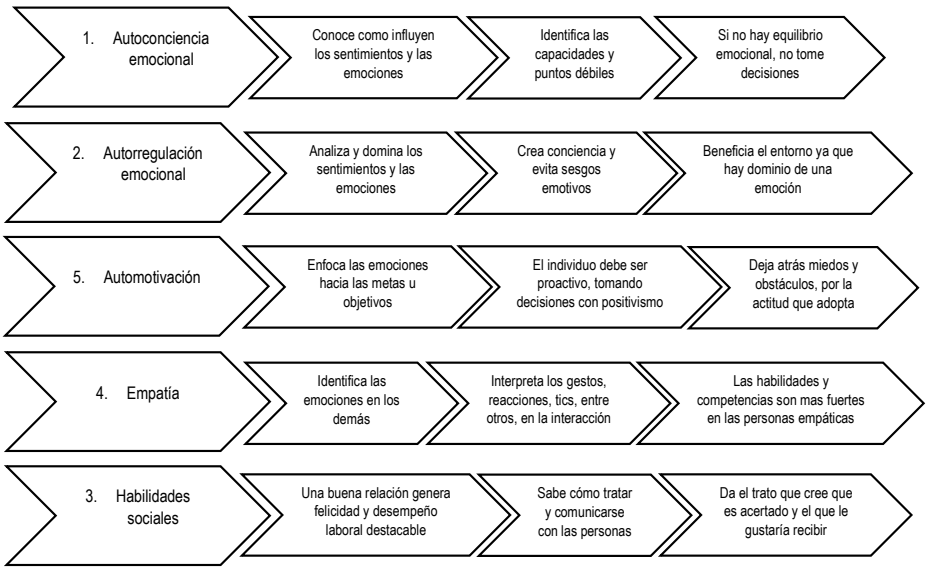
Las habilidades blandas requieren fortalecerse y se exploten de manera eficiente, ya que como lo concluye Sriruecha & Buajan (2017) en su investigación las habilidades blandas contribuyen a que se logre los objetivos de la organización. (Albañil, 2020)

Por lo que las personas en posiciones gerenciales deberían fortalecer las habilidades blandas ya que es vital en una organización, ya que, no es fácil conformar un equipo de trabajo y aún más trabajar en equipo, esto se convierte en un desafío (Albañil, 2020).

Es importante aprender a dinamizar para generar un ambiente laboral bueno, agradable y armónico, cuando no se logra es donde se originan conflictos, por la poca versatilidad que tienen algunas personas para aprender a escuchar y comunicarse con las mismas (Albañil, 2020)

Según Goleman (2010) la inteligencia emocional hace referencia a la gestión de la capacidad y habilidades psicológicas en las que se pueden ver involucradas las emociones en cuanto a sentimiento, control, modificación y manejo de las emociones propias, así como persuadir la de los demás. (Albañil, 2020). En la figura 2 se detalla la inteligencia emocional.

Figura 2.
Elementos de la inteligencia emocional



Fuente. (Albañil, 2020)

4. HALLAZGOS

De acuerdo con las investigaciones realizadas se aprecia que los ingenieros tienen un rol directo ante la sociedad. Por otro lado, los profesionales de ingeniería deben ejercer su profesión en diferentes facetas, dentro de las cuales se analizaron en primer lugar el ejercicio profesional directo como ingenieros, en segundo lugar, la gestión de proyectos, y en tercer lugar las funciones gerenciales. En todos estos roles se comprobó, no solo la necesidad de

considerar las habilidades blandas en los programas de formación de los ingenieros, sino que de no considerarlo se afectaría su desempeño de los ingenieros en favor de la sociedad.

Otro de los hallazgos importantes, es que hay una correlación entre los resultados de la formación de los ingenieros que no cuentan con habilidades blandas en los resultados del desempeño de su ejercicio profesional. Como consecuencia de este hallazgo, se deduce la necesidad de que los Centros de Formación de ingeniería evalúen en que grado viene considerando las habilidades blandas como parte de sus proyecto y planes educativos.

Los temas, definiciones y consideraciones detalladas en las tablas 1, 2, 3 y 4 muestran información suficiente para su consideración en el autoanálisis por parte de los Centros de Formación de sus programas actuales y según los resultados puedan desarrollar rediseños de proyectos de formación profesional de ingeniería.

Quizá el hallazgo de la correlación entre la incorporación de habilidades blandas en la formación de la ingeniería y su impacto en la calidad de su desempeño podría ser considerado como el mas importante ya que podría significar la mejora que tendría significativo rol en la mejora del aporte de los ingenieros a la Sociedad.

5. CONTRIBUCIONES

Los resultados alcanzados por la investigación hacen evidente la necesidad de que las habilidades blandas sean incorporada en los programas de formación de los ingenieros en las instituciones a cargo de esta notable responsabilidad.

Como una contribución interesante es la propuesta de misión de los ingenieros en la que se detallan los tipos de competencias; por un lado, las competencias duras para desarrollar los proyectos que podrían generar la solución a los problemas de la sociedad, y por el otro lado, las competencias blandas requeridas para la fase de la gerencia de proyectos, y con esto tentar a proyectos exitosos. De esta forma se incrementaría la certidumbre de éxito de los proyectos y por lo tanto se mejoraría el aporte de la ingeniería a la sociedad.

Con los resultados de la presente investigación se tendría los sustentos necesarios para iniciar nuevas investigaciones:

a. ¿Qué hacer con los centros de formación de ingeniería, que no consideran las habilidades blandas e inteligencia emocional en sus proyectos educativos?

b. ¿Qué tendrían que hacer los gremios empresariales relacionados a los proyectos en los cuales intervienen directamente los ingenieros?
c. ¿Qué tendría que hacer los gremios profesionales ante la necesidad de mejorar el desempeño de los ingenieros y la necesidad de las habilidades blandas?
d. ¿Qué preocupación tocaría a los propios ingeniería para mejorar sus habilidades como condiciones para mejorar su desempeño profesional?

6. CONCLUSIONES

Esta investigación cualitativa correlacional ha permitido validar la relación directa entre la necesidad de incorporación de las habilidades blandas, en sus diversas acepciones, detalladas en las Tablas 1, 2, 3 y 4 en la formación de los ingenieros como condición para mejorar su desempeño profesional y rol ante la sociedad.

Los ingenieros tienen tres facetas principales de aporte a la sociedad**:** trabajo como ingeniero, ejercicio profesional como gerente de proyectos, y desarrollo de puestos gerenciales para todas estas posiciones se ha validado la prioridad que representan "Las habilidades blandas, como factor clave para el desempeño de los ingenieros y mejora de aporte hacia la sociedad". Queda en responsabilidad de las personas que tengan incumbencia en la formación y dirección de las universidades la reflexión e implementación de las propuestas del presente trabajo.

7. POSIBLES LIMITACIONES DEL PROYECTO

Las limitaciones del proyecto están referidas especialmente a la conveniente de efectuar otras investigaciones relacionadas para dejar muy claramente el impacto de las propuestas en el potencial de desarrollo que se podrían generar los programas de formación de los ingenieros que consideren las propuestas señaladas en el presente trabajo.

8. REFERENCIAS

Albañil, E. A. (2020). *Estrategias de fortalecimiento en habilidades blandas en el nivel directivo.* Bogota, Colombia: Eespecializacion en alta gerencia Universidad Militar Nueva Granada Facultad de Ciencias Economicas.

Diario, E. (23 de Abril de 2021). *El peridoico de Pereira*. Obtenido de https://www.eldiario.com.co/contenido-patrocinado/el-mundo-necesita-mas-ingenieros-las-ingenierias-el-motor-que-impulsa-la-mayoria-de-los-cambios-tecnologicos-en-la-sociedad/

Garita-González, E. A.-F. (2020). Habilidades blandas: elementos para una visión holistica en la formacion de profesionales de informatica. *Trilogía Ciencia Tecnología Sociedad*, 11-36.

Herrera, C. A. (2020). Las habilidades blandas en estudiantes de ingenieria de tres instituciones publicas de educacion superior. *RIDE*.

María Elena Zepeda-Hurtado, E. O.-E.-B. (23 octubre 2018 de Octubre de 2018). *redalyc.org*. Obtenido de https://www.redalyc.org/jatsRepo/614/61458265007/html/index.html

Mark Keil, H. K. (2013). Understanding the most critical skills for managing IT projects: A Delphi study of IT project managers. *Information & Mangement*, 398 414.

Neri, C. A. (Junio 2020). Las habilidades blandas en estudiantes de ingeniería de tres instituciones públicas de educación superior. *RIDE*.

Patron, J. I. (2019). *Competencias blandas como fundamento para el exito en la gestion de proyectos en la gerencia del Instituto de Proteccion Social del Sector Publico de Cartagena.* Cartagena de Indias,.

Rao, M. S. (2014). *Enhancing employability in engineering and management students.*

Tribuno, E. (30 de Junio de 2020). *La ingeniería es clave para las soluciones a todos los desafíos*. Obtenido de https://www.eltribuno.com/salta/nota/2020-6-30-0-0-0-la-ingenieria-es-clave-para-las-soluciones-a-todos-los-desafios

Unitec. (12 de Enero de 2021). *Unitec/Blog*. Obtenido de https://blogs.unitec.mx/vida-universitaria/por-que-el-mundo-necesita-mas-ingenieros/

Vanegas, C. A. (2019). *Habilidades blandas necesarias para la formación del ingeniero de sistemas del siglo XXI.* Bogota: Universidad Piloto de Colombia Unidad Académica de Ciencias de la Educación Especialización en Docencia Universitaria.