

ISSN 2523-6792

Volumen I, Número 1 — Enero — Marzo - 2017

Revista de la Invención Técnica

ECORFAN[®]



ECORFAN-Taiwán

Indización

- RESEARCH GATE
- GOOGLE SCHOLAR
- HISPANA
- MENDELEY

ECORFAN-Taiwán

Directorio Principal

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD.

Director Regional

VARGAS-DELGADO, Oscar. PhD.

Director de la Revista

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC.

Edición Tipográfica

TREJO-RAMOS, Iván. BsC.

Edición de Logística

SERRUDO-GONZALEZ, Javier. BsC.

Revista de la Invención Técnica, Volumen 1, Número 1, de Enero a Marzo 2017, es una revista editada trimestralmente por ECORFAN-Taiwán. Taiwan, Taipei. YongHe district, ZhongXin, Street 69. Postcode: 23445. WEB: www.ecorfan.org/taiwan, revista@ecorfan.org. Editora en Jefe: RAMOS-ESCAMILLA, María. ISSN 2523-6792. Responsables de la última actualización de este número de la Unidad de Informática ECORFAN. ESCAMILLA-BOUCHÁN Imelda, LUNA-SOTO, Vladimir, actualizado al 31 de Marzo 2017.

Las opiniones expresadas por los autores no reflejan necesariamente las opiniones del editor de la publicación.

Queda terminantemente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin permiso del Instituto Nacional de defensa de la competencia y protección de la propiedad intelectual.

Consejo Editorial

BELTRÁN-MIRANDA, Claudia. PhD
Universidad Industrial de Santander, Colombia

BELTRÁN-MORALES, Luis Felipe. PhD
Universidad de Concepción, Chile

RUIZ-AGUILAR, Graciela. PhD
University of Iowa, U.S.

SOLIS-SOTO, María. PhD
Universidad San Francisco Xavier de Chuquisaca, Bolivia

GOMEZ-MONGE, Rodrigo. PhD
Universidad de Santiago de Compostela, España

ORDÓÑEZ-GUTIÉRREZ, Sergio. PhD
Université Paris Diderot-Paris, Francia

ARAUJO-BURGOS, Tania. PhD
Universita Degli Studi Di Napoli Federico II, Italia

SORIA-FREIRE, Vladimir. PhD
Universidad de Guayaquil, Ecuador

Consejo Arbitral

VGPA. MsC

Universidad Nacional de Colombia, Colombia

EAO. MsC

Universidad Nacional de Colombia, Colombia

MMD. PhD

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México

BRIIIG. PhD

Bannerstone Capital Management, U.S.

EAO. MsC

Bannerstone Capital Management, U.S.

OAF. PhD

Universidad Panamericana, México

CAF. PhD

Universidad Panamericana, México

RBJC. MsC

Universidad Panamericana, México

Presentación

ECORFAN, es una revista de investigación que publica artículos en el área de: Invención Técnica.

En Pro de la Investigación, Enseñando, y Entrenando los recursos humanos comprometidos con la Ciencia. El contenido de los artículos y opiniones que aparecen en cada número son de los autores y no necesariamente la opinión de la Editora en Jefe.

Como primer artículo está Regulación del perfil de tensión nodal de sistemas de potencia mediante el Transformador Cambiador de Taps considerando cargas dependientes de tensión por José miguel GARCÍA-GUZMÁN, Juan Daniel BIZARRO-AHEDO, Francisco Javier ORTEGA-HERRERA y María del Refugio GONZÁLEZ-PONCE, como siguiente artículo Python como una alternativa factible en el análisis de sistemas eléctricos de potencia por José Miguel GARCÍA GUZMÁN, José Reyes VARGAS-RODRÍGUEZ, F. Javier Ortega HERRERA y María del Refugio GONZÁLEZ PONCE como siguiente artículo está Caracterización de los parámetros superficiales en películas anodizadas de aluminio 1050 preparadas por método electroquímico por SALVADOR FLORES CORTEZ, JAVIER HERNÁNDEZ RIVERA, SAMUEL SANTIAGO CRUZ, ARTURO FERNÁNDEZ MADRIGAL, como siguiente artículo Elaboración de un biofungicida a base de cola de caballo (*equisetum arvense*) por medio de tres técnicas por JAVIER ARREGUIN SOTO, VICTOR ANTONINO, PEREZ, MARIBEL RAMOS AGUILAR. Como siguiente artículo Metodología para realizar análisis en condiciones extremas de los cables de guarda con fibra óptica para mejoramiento de su vida útil por JURADO PEREZ –Fernando, Jose Juan Alvarado Martinez, Nestor Gonzalez Cabrera, Jacinto Torres Jimenez, como siguiente artículo Sistema de ayuda a la gestión del mantenimiento de maquinaria y vehículos en un Distrito de Riego por ALBA NOHEMÍ FLORES CARBALLO, SERGIO PÉREZ OSUNA, BLANCA CARBALLO MENDÍVIL Y ALEJANDRO ARELLANO GONZÁLEZ como siguiente artículo Sistema de control de acceso constituido de elementos biometricos (huella dactilar), un microcontrolador (Atmel) y aplicaciones móviles en Android por Alma DELIA GONZÁLEZ RAMOS, MACÍAS GONZÁLEZ María Del Consuelo, Isabel Cecilia RUELAS CALLEJAS, David QUIROZ GONZÁLEZ, como siguiente artículo presentamos, Diseño de un sistema de evaluación del clima y cultura organizacional, por CARBALLO-MENDÍVI, Blanca, RÍOS-VÁZQUEZ, Nidia Josefina, LIZARDI-DUARTE, María Del Pilar y PORTUGAL-VÁSQUEZ, Javier, con adscripción en el Instituto Tecnológico de Sonora

Contenido

Artículo	Página
Regulación del perfil de tensión nodal de sistemas de potencia mediante el Transformador Cambiador de Taps considerando cargas dependientes de tensión GARCÍA-GUZMÁN, José Miguel, BIZARRO-AHEDO, Juan Daniel, ORTEGA-HERRERA, Francisco Javier y GONZÁLEZ-PONCE, María del Refugio	1-9
Python como una alternativa factible en el análisis de sistemas eléctricos de potencia GARCÍA-GUZMÁN, José Miguel, VARGAS-RODRÍGUEZ, José Reyes, ORTEGA-HERRERA, F. Javier y GONZÁLEZ-PONCE, María del Refugio	10-18
Caracterización de los parámetros superficiales en películas anodizadas de aluminio 1050 preparadas por método electroquímico FLORES-CORTEZ, Salvador, HERNÁNDEZ-RIVERA, Javier, SANTIAGO-CRUZ, Samuel y FERNÁNDEZ-MADRIGAL, Arturo	19-26
Elaboración de un biofungicida a base de cola de caballo (<i>equisetum arvense</i>) por medio de tres técnicas ARREGUIN-SOTO Javier, CORTÉS -PÉREZ, Víctor Antonino y RAMOS-AGUILAR, Maribel	27-31
Metodología para realizar análisis en condiciones extremas de los cables de guarda con fibra óptica para mejoramiento de su vida útil JURADO-PÉREZ, Fernando, ALVARADO-MARTÍNEZ, José Juan, GONZÁLEZ-CABRERA, Néstor , TORRES-JIMÉNEZ, Jacinto	32-41
Sistema de ayuda a la gestión del mantenimiento de maquinaria y vehículos en un Distrito de Riego FLORES-CARBALLO, Alba Nohemí, PÉREZ-OSUNA, Sergio, CARBALLO-MENDÍVIL, Blanca y ARELLANO-GONZÁLEZ, Alejandro	42-54
Sistema de control de acceso constituido de elementos biometricos (huella dactilar), un microcontrolador (Atmel) y aplicaciones móviles en Android GONZÁLEZ-RAMOS, Alma Delia, MACÍAS-GONZÁLEZ, María del Consuelo, RUELAS-CALLEJAS, Isabel Cecilia y QUIROZ-GONZÁLEZ, David	55-60
Diseño de un sistema de evaluación del clima y cultura organizacional CARBALLO-MENDÍVI, Blanca, RÍOS-VÁZQUEZ, Nidia Josefina, LIZARDI-DUARTE, María Del Pilar y PORTUGAL-VÁSQUEZ, Javier	61-75

Instrucciones para Autores

Formato de Originalidad

Formato de Autorización

Regulación del perfil de tensión nodal de sistemas de potencia mediante el Transformador Cambiador de Taps considerando cargas dependientes de tensión

GARCÍA-GUZMÁN, José Miguel*†, BIZARRO-AHEDO, Juan Daniel, ORTEGA-HERRERA, Francisco Javier y GONZÁLEZ-PONCE, María del Refugio

Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, Guanajuato, México. Carr. Irapuato - Silao, El Copal, 36821 Irapuato, Gto.

Recibido 2 de Enero, 2017; Aceptado 8 de Marzo, 2017

Resumen

En este trabajo se presenta un análisis de la regulación de tensión nodal de sistemas eléctricos de potencia mediante el Transformador Cambiador de Taps (TCT) considerando cargas dependientes de tensión. Para llevar a cabo el análisis se integra el modelo del TCT y el modelo de carga exponencial dependiente de voltaje en una formulación de flujos de potencia convencional. Los casos de estudio presentados son llevados a cabo con una sección estándar de prueba del sistema eléctrico de la Corporación de Servicio Potencia Eléctrica Americana de 30 nodos (AEPSC, por sus siglas en inglés). En estos casos de estudio se efectúa una regulación del perfil de tensión nodal mediante los TCT, sin el modelo de carga e integrando este, hasta un ancho de banda de $\pm 5\%$ equivalente a $0.95 \leq V_i \leq 1.05$ pu. Los resultados obtenidos muestran que al integrarse el modelo de carga exponencial se obtiene una mejor regulación de tensión que con carga constante, de modo que para regular el perfil de tensión nodal dentro del ancho de banda mencionado se requiere un valor menor de los taps de los TCT cuando se integra dicho modelo.

Perfil de tensión, TCT, modelo de carga exponencial, regulación de tensión

Abstract

This work presents an analysis of the nodal voltage regulation of electric power systems using the Tap Changing Transformer (TCT) considering voltage dependent loads. To carry out the analysis, the TCT model and the voltage dependent exponential load model are integrated in a conventional power flow formulation. The case studies presented are carried out with a standard test section of the electric system of the 30-node American Electric Power Service Corporation. In these case studies a regulation of the nodal voltage profile is carried out by the TCT, without the load model and integrating it, up to a bandwidth of $\pm 5\%$ equivalent to $0.95 \leq V_i \leq 1.05$ pu. The results show that when the exponential load model is integrated a better voltage regulation is obtained than with a constant load, thus, therefore, a smaller value of the taps of the TCT is required to perform the regulation of the nodal voltage profile within the bandwidth mentioned when considering such a load model.

Voltage profile, TCT, exponential load model, voltage regulation

Citación: GARCÍA-GUZMÁN, José Miguel, BIZARRO-AHEDO, Juan Daniel, ORTEGA-HERRERA, Francisco Javier y GONZÁLEZ-PONCE, María del Refugio. Regulación del perfil de tensión nodal de sistemas de potencia mediante el Transformador Cambiador de Taps considerando cargas dependientes de tensión. Revista de la Invención Técnica 2017. 1-1:1-9

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: migarcia@itesi.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

El aumento de la población y el crecimiento de la industria han provocado un incremento en la demanda de energía eléctrica, por lo que, las compañías suministradoras de energía se han visto en la necesidad de modificar e incrementar la infraestructura y topología de los sistemas de transmisión con el fin de satisfacer las necesidades de demanda y garantizar el adecuado suministro de potencia a las cargas. Esto ha dado lugar a las grandes redes de transmisión eléctrica que operan actualmente alrededor del mundo, las cuales están sujetas a variaciones continuas e impredecibles de su topología, cambios en la generación y fluctuaciones en las cargas causando variaciones en los puntos de operación (Fusco & Russo, 2007). Estas variaciones se traducen en cambios en los flujos de potencia, en los ángulos de operación de los generadores y en los perfiles de tensión de todos los nodos del sistema de potencia, entre otros. El perfil de tensión nodal es una característica muy importante que las compañías suministradoras necesitan controlar, ya que se debe suministrar potencia dentro de los límites de tensión permitidos por las regulaciones del mercado de energía eléctrica y porque se debe asegurar la estabilidad de tensión de los sistemas de potencia, ya que en las últimas tres décadas este tipo de estabilidad se ha convertido en problema importante a considerar para garantizar la operación segura de los sistemas de transmisión, de manera que muchos esfuerzos de investigación han sido dirigidos en este tópico (Fink, 1991; CIGRE, 1992; Cañizarez, 1995; Wen *et al*, 2004; Akwukwaegbu, 2013; Lomi, 2016).

A lo largo de los años se han desarrollado diversas tecnologías y dispositivos que permiten llevar a acciones de control del perfil de tensión, tales como el Compensador Estático de Vars (Acha *et al*, 2004), los Enlaces de Corriente de Directa en Alta Tensión (Acha *et al*, 2004), el Compensador Síncrono Estático (Uzunovic *et al*, 1997; Yang *et al*, 2000), el Transformador Cambiador de Fase (Acha *et al*, 2004), el Transformador Cambiador de Taps, entre otros. Este último ha sido uno de los principales componentes de las redes eléctricas por más de 90 años (Dohnal, 2013), realizando su acción de control mediante el cambio en la relación de transformación bajo condiciones de carga sin interrupción en el suministro de energía (Saadat, 2010, Pai & Chatterje, 2014). Muchos estudios se han reportado mostrando la aplicación y factibilidad del TCT en el control y regulación de la tensión nodal de sistemas de potencia (Ćalović, 1984; Bridenbaugh, 1992; Salem *et al*, 1997; Choi & Kim, 2001; Vounas & Karystianos, 2004; Viawan *et al*, 2007; Okyere *et al*, 2007; Liu *et al*, 2012).

El modelo básico del Transformador Cambiador de Taps consiste de un transformador ideal en serie con una admitancia, vista desde el lado primario o secundario del transformador, que representa las pérdidas en el TCT (Pai & Chatterje, 2014). Este modelo es representado por su equivalente π para ser integrado en el análisis de flujos de potencia. Algunas variantes del modelo básico del TCT se han llevado a cabo, entre las cuales se pueden mencionar la adición de una impedancia variable (Fan & Bo, 1998), un modelo de control híbrido (Milano, 2009) y un modelo mejorado basado en mediciones de laboratorio y teoría de estabilidad de tensión (Ferreira & Prada, 2013).

Aunado a las variantes del modelo del TCT, se han propuesto varias metodologías relacionadas con el uso de este dispositivo en el control de tensión nodal (Choi & Kim, 2001; Carvalho *et al.*, 2008; Gao & Redfem, 2011; Ishida & Nagata, 2012).

Por otro lado, el modelado de cargas dependientes de tensión en los estudios de estado estacionario de sistemas de potencia afecta los resultados del punto de operación, por lo que, se obtienen distintos perfiles de tensión nodal cuando se modelan las cargas en función de la tensión. Por esta razón, resulta importante llevar a cabo un análisis del control del perfil de tensión nodal mediante el TCT cuando se utilizan los modelos de cargas eléctricas dependientes de la tensión con la finalidad de determinar el impacto del modelado de dichas cargas en la operación del Transformador Cambiador de Taps.

Análisis en estado estacionario de sistemas eléctricos de potencia

El análisis de estado estacionario de sistemas de potencia se realiza comúnmente mediante la formulación de flujos de potencia convencional. Las ecuaciones de potencia inyectada son fundamentales para el análisis de flujos de potencia, las cuales se definen como,

$$P_i = \sum_{j=1}^n Y_{ij} V_i V_j \cos(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \quad (1)$$

$$Q_i = -\sum_{j=1}^n Y_{ij} V_i V_j \sin(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \quad (2)$$

El sistema de ecuaciones formado en base a las ecuaciones anteriores es un sistema no lineal que depende de la magnitud de tensión $|V|$ y el ángulo de fase δ de cada nodo. La solución de este sistema ecuaciones hace necesario establecer el siguiente balance energético en cada nodo i del sistema,

$$\Delta P_i = P_{Gi} - P_{Di} - \sum_{j=1}^{N_b} P_i^{iny j} = 0 \quad (3)$$

$$\Delta Q_i = Q_{Gi} - Q_{Di} - \sum_{j=1}^{N_b} Q_i^{iny j} = 0 \quad (4)$$

donde la potencia generada K_{Gi} $\{K=P, Q\}$ debe ser igual a la suma de la potencia demanda K_{Di} y la inyectada $K_i^{iny j}$ a través del elemento de transmisión j .

Modelado del Transformador Cambiador de Taps para análisis de estado estacionario

Los Transformadores Cambiadores de Taps son unos de los dispositivos más comúnmente utilizados para regular el perfil de tensión de sistemas de potencia. Cuando el TCT opera nominalmente es posible modelarlo para análisis en estado estacionario mediante una admitancia en serie Y_t y un transformador ideal cuyo valor es dado en pu, sin embargo, si el transformador no opera en la relación nominal es necesario modificar dicha admitancia en ambos lados del transformador (Saadat, 2010). Los TCT pueden ser representados mediante dos esquemas: a) una admitancia Y_t en serie con un transformador ideal y b) un transformador ideal en serie con una admitancia Y_t . El esquema b) del TCT es utilizado en este trabajo y es mostrado en la Figura 1.

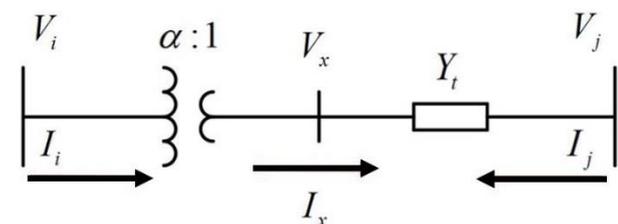


Figura 1 Representación en estado estacionario del TCT

La corriente I_i e I_j del esquema anterior se pueden representar en términos de las tensiones en ambos lados del TCT (V_i , V_j) y de la admitancia Y_t , en forma respectiva, mediante (5) y (6).

$$I_i = \frac{Y_t}{\alpha^2} V_i - \frac{Y_t}{\alpha} V_j$$

(5)

$$I_j = Y_t V_j - \frac{Y_t}{\alpha} V_i$$

(6)

Estas ecuaciones se pueden representar en forma matricial como sigue,

$$\begin{bmatrix} I_i \\ I_j \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{Y_t}{\alpha^2} & -\frac{Y_t}{\alpha} \\ -\frac{Y_t}{\alpha} & Y_t \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_i \\ V_j \end{bmatrix}$$

(7)

A partir de la Ecuación (7) es posible obtener un modelo equivalente π del TCT, el cual resulta más adecuado para llevar a cabo el análisis de estado estacionario de sistemas de potencia. Este modelo es mostrado en la Figura 2.

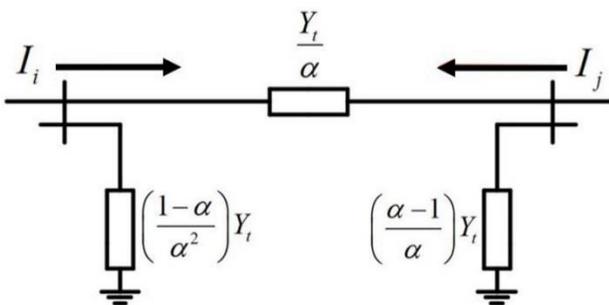


Figura 2 Modelo equivalente π del TCT.

De acuerdo con la figura anterior y con la Ecuación (7), los elementos propios de la matriz de admitancia de este circuito equivalente son,

$$Y_{ii} = \frac{Y_t}{\alpha} + \left(\frac{1-\alpha}{\alpha^2} \right) Y_t = \frac{Y_t}{\alpha^2}$$

$$Y_{jj} = \frac{Y_t}{\alpha} + \left(\frac{\alpha-1}{\alpha} \right) Y_t = Y_t$$

(8)

Mientras que los elementos mutuos son dados por (9).

$$Y_{ij} = Y_{ji} = -\frac{Y_t}{\alpha}$$

(9)

Así, las corrientes que fluyen en ambos sentidos a través del TCT son,

$$I_{ij} = \frac{Y_t}{\alpha} \left(\frac{V_i}{\alpha} - V_j \right)$$

$$I_{ji} = Y_t \left(V_j - \frac{V_i}{\alpha} \right)$$

(10)

Por lo que, las ecuaciones de flujos de potencia a través del transformador cambiador de taps son,

$$S_{ij} = V_i I_{ij}^* = \frac{V_i V_j}{\alpha} \sin(\delta_1 - \delta_2)$$

$$S_{ji} = V_j I_{ji}^* = \frac{V_i V_j}{\alpha} Y_t \cos(\delta_1 - \delta_2) - \frac{Y_t}{\alpha^2} V_i^2$$

(11)

Modelado de cargas dependientes de tensión en estado estacionario

Las cargas eléctricas conectadas a la red dependen de la tensión utilizada y de la potencia consumida, dichas cargas dan lugar a modificaciones importantes en los resultados de los análisis de estado estacionario de sistemas de potencia.

Los modelos de cargas para análisis de estado estacionario son denominados modelos estáticos y son esencialmente de dos tipos: exponencial y compuesto o ZIP. El modelo de carga exponencial es utilizado en este trabajo.

Las expresiones del modelo exponencial para la carga de potencia activa y reactiva son dadas como sigue,

$$P_{Di} = P_{Di0} \left(\frac{V_i}{V_{i0}} \right)^\alpha$$

$$Q_{Di} = Q_{Di0} \left(\frac{V_i}{V_{i0}} \right)^\beta \quad (13)$$

En estas ecuaciones las cargas con subíndice cero representan la potencia activa y reactiva demandada a tensión nominal, V_{i0} , el cual en pu es igual a 1 pu, por lo que, las Ecuaciones (12) y (13) pueden ser escritas como,

$$P_{Di} = P_{Di0} (V_i)^\alpha \quad (14)$$

$$Q_{Di} = Q_{Di0} (V_i)^\beta \quad (15)$$

donde los valores de los coeficientes α y β representan los parámetros de la carga exponencial. Estos parámetros son constantes, previamente definidos y dependen de varias condiciones bajo las cuales se consume la carga, tales como el medio ambiente, el tipo de carga, la época del año, etc.

Casos de estudio

Los casos de estudio presentados en este trabajo son llevados a cabo con una sección del sistema eléctrico de la Corporación de Servicio Potencia Eléctrica Americana, la cual consiste de 30 nodos, 4 generadores y 4 transformadores cambiadores de taps.

Esta sección de la AEPSC es ampliamente utilizada como un sistema de potencia estándar de prueba del IEEE para evaluar métodos analíticos, programas computacionales y casos de estudio relacionados con los sistemas eléctricos de potencia.

Los casos de estudio se diseñan de manera que permitan visualizar la operación del TCT en la regulación del perfil de tensión nodal de sistemas de potencia cuando se considera el modelo exponencial de carga dependiente de tensión. Para ello, en todos los casos se regula el perfil de tensión nodal mediante los TCT hasta un ancho de banda de $\pm 5\%$, lo cual equivale en pu a $0.95 \leq V_i \leq 1.05$. Sin embargo, se debe notar que en los nodos de generación 11 y 13 del sistema de potencia se tiene una magnitud de tensión de 1.082 pu y 1.071 pu, respectivamente, de modo que dichos valores de magnitud permanecen constantes durante el proceso de solución y no es posible modificarlos para que estén dentro del ancho de banda mencionado. En todos los casos de estudio presentados se considera un valor de $\alpha=1.38$ y $\beta=3.22$ para los modelos de las cargas y una tolerancia de convergencia de 1×10^{-9} .

Caso de estudio con carga constante

Los primeros casos de estudio se realizaron sin considerar los modelos de carga exponencial con el fin de tener una referencia del perfil de tensión y de la operación del TCT para posteriormente compararlos cuando se integra el modelo de carga exponencial. La Tabla 1 muestra los valores base de los taps de los TCT, así como los valores modificados de dichos taps que permiten efectuar la regulación del perfil de tensión en el ancho de banda antes mencionado. En la Figura 3 se presentan los perfiles de tensión nodal con ambos valores de los taps sin considerar el modelo de carga exponencial.

Nodos de conexión	Taps base	Taps modif.
6-9	0.978	0.99
6-10	0.969	0.98
4-12	0.932	0.947
28-27	0.968	0.978

Tabla 1 Valores base y modificados de los taps de los TCT

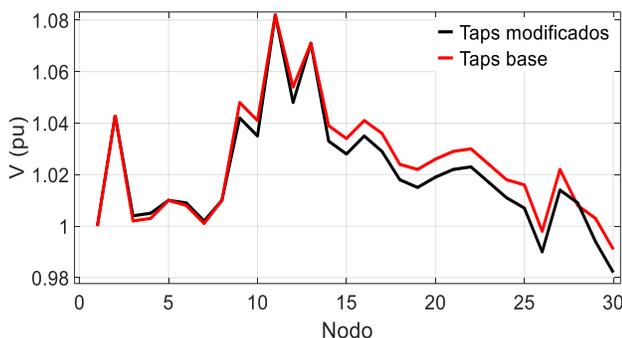


Figura 3 Perfil de tensión nodal con los valores base y modificados de los taps de los TCT

En la Tabla 1 se observa que los valores de todos los taps de los TCT aumentaron para poder efectuar la regulación de tensión en los nodos del sistema de potencia, la cual se realizó en forma correcta, tal como se muestra en la Figura 3. En esta figura se debe notar que todos los nodos están dentro del ancho de banda deseado, excepto los nodos 11 y 13 porque, como se mencionó, son nodos de generación y su tensión no puede modificarse con los taps de los TCT. Es importante mencionar que para el caso de los valores base de los taps las pérdidas de potencia activa y reactiva fueron 22.142 MW y 37.381 MVar, respectivamente, mientras que con los taps modificados dichas pérdidas fueron de 22.127 MW y 37.781 MVar. Esta variación se debe a la redistribución de los flujos de potencia en los elementos de transmisión del sistema de potencia.

Se debe notar que con el aumento de las pérdidas se incrementa la generación de potencia y viceversa, de modo que la variación de los valores de los taps de los transformadores cambia la generación de potencia activa y reactiva del sistema de potencia.

Casos de estudio con carga exponencial

Una vez que se tiene una referencia de la operación del TCT, se integra el modelo de carga exponencial para comparar y evaluar la operación del transformador en la regulación del perfil de tensión nodal cuando se considera dicho modelo. Cuando se integra el modelo exponencial las pérdidas de potencia aumentan a 22.638 MW y 39.843 MVar.

La Figura 4 muestra los perfiles de tensión con carga constante y con el modelo de carga exponencial considerando los valores base de los taps. En esta figura se observa que el perfil de tensión nodal con el modelo exponencial es mejor que con carga constante, ya que su ancho de banda es menor y por tanto, más cercano a 1 pu, de modo que para un mismo perfil de tensión los valores de los taps serán menores cuando se integra el modelo de carga exponencial dependiente de tensión, tal como se demuestra enseguida.

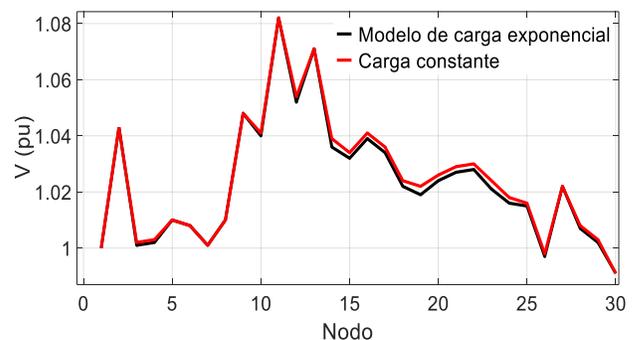


Figura 4 Perfil de tensión nodal con carga constante y con el modelo exponencial considerando los valores base de los taps

La Tabla 2 muestra una comparativa entre los valores modificados de los taps, con carga constante y con el modelo de carga exponencial, los cuales fueron necesarios para efectuar la regulación de tensión nodal a ± 0.05 pu.

Nodos de conexión	Taps base	Taps modificados	
		Carga constante	Modelo exponencial
6-9	0.978	0.990	0.984
6-10	0.969	0.980	0.975
4-12	0.932	0.947	0.938
28-27	0.968	0.978	0.974

Tabla 2 Comparativa entre los valores modificados de los taps con carga constante y con el modelo exponencial.

De acuerdo con los datos mostrados en esta tabla, es claro que para lograr la regulación de tensión deseada los valores de los taps son menores con el modelo de carga exponencial que cuando se considera la carga constante. Con el fin de reafirmar, se debe mencionar que al considerarse los valores de los taps modificados de la Tabla 2, el perfil de tensión con el modelo exponencial estará más cercano al valor nominal de 1 pu que cuando se modela la carga como un valor constante, tal como se muestra en la Figura 5.

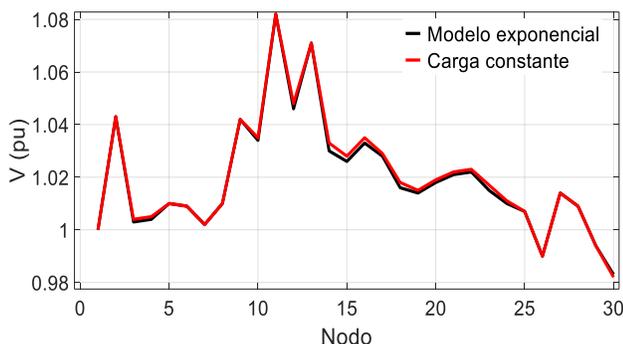


Figura 5 Perfil de tensión nodal con el modelo exponencial y carga constante considerando los valores modificados de los taps

Conclusiones

Un análisis de la regulación de tensión nodal de sistemas de potencia mediante el Transformador Cambiador de Taps considerando cargas dependientes de tensión se ha presentado.

Los casos de estudio mostraron que al aumentar el valor de los taps de los TCT se mejora el perfil de tensión nodal, ya sea con carga constante o al integrar el modelo de carga exponencial. Al variar el valor de los taps, con el fin de regular el perfil de tensión, se redistribuyen los flujos de potencia cambiando las pérdidas en los elementos de transmisión y por tanto la generación de potencia activa y reactiva.

Es importante notar que cuando se integra el modelo de carga dependiente de tensión, considerando los mismos valores de taps de los TCT, la regulación de tensión es mejor que con carga constante. De manera similar, para obtener un mismo perfil de tensión nodal el valor de los taps de los transformadores es menor con el modelo de carga dependiente de tensión que con carga constante. En este sentido, el modelado de las cargas dependientes de tensión afecta directamente la operación de los transformadores cambiadores de taps, ya que con los modelos de las cargas se modifica la tensión de las subestaciones, las pérdidas en el sistema y por tanto la generación de potencia, así como el costo de la misma. De esta manera, es muy importante proponer una metodología, tema de trabajos futuros, que permita modificar el valor de los taps para operar el sistema de potencia de forma óptima desde una perspectiva económica y de seguridad.

Referencias

- Acha E., Fuerte, C. R., Ambriz, H. & Ángeles, C. (2004). *FACTS: Modelling and Simulation in Power Networks*. Nueva Jersey: John Wiley and Sons.
- Akwukwaegbu, I. & Okwe, G. (2013). Concepts of Reactive Power Control and Voltage Stability Methods in Power System Network, *Journal of Computer Engineering (IOSR-JCE)*, 11(2), pp. 15-25.
- Bridenbaugh, C. J., DiMascio, D. A. & D'Aquila, R. Voltage Control Improvement Through Capacitor Transformer Tap Optimization, *Transactions on Power System*, (7)1, pp. 222-227.
- Ćalović, M. S. (1984). Modeling and Analysis of Under-Load Tap-Changing Transformer Control Systems, *IEEE Power Engineering Review*, pp. 1916-1922.
- Cañizarez, C. (1995). On bifurcations, Voltage Collapse and Load Modeling, *IEEE Transactions on Power Systems*, (10)1, pp. 512-522.
- Carvalho, P., Correia, P. & Ferreira L. (2008). Distributed Reactive Power Generation Control for Voltage Rise Mitigation in Distribution Networks, *IEEE Transactions on Power Systems*, (23)2, pp. 766-772.
- Choi, J. & Kim, J. (2001). Advanced Voltage Regulation Method at the Power Distribution Systems Interconnected with Dispersed Storage and Generation Systems, *IEEE Transactions on Power Delivery*, (15)2, pp. 691-696.
- CIGRE. (1992). *Modelling of Voltage Collapse Including Dynamic Phenomena*, CIGRE Report, Task Force 38-02-10, Draft.
- Dohnal, D. (2013). On-load tap changers for power transformers. *Mr Knowledge Base*.
- Fan, J. & Bo, Z. (1998). Modelling of on-load tap-charger transformer with variable impedance and its applications, *IEEE Catalogue No. 98EX137*.
- Ferreira, C. & Prada, R. (2013). Improved model for tap-changing transformer, *IET Generation, Transmission and Distribution*, (7)11, pp. 1289-1295.
- Fink, L. (1991). Bulk Power System Voltage Phenomena-Voltage Stability and Security, *ECC/NSF Workshop*.
- Fusco, G. & Russo, M. (2007). *Adaptive Voltage Control in Power Systems*. Londres: Springer.
- Gao, C. & Redfern, M. (2011). Automatic compensation tension control strategy for on-load tap changer Transformers with distributed generations, *2011-The international Conference on Advanced Power System Automation and Protection*, pp. 737-741.
- Ishida, M. & Nagata, T. (2012). Power System Voltage and Reactive Power Control by means of Multi-agent Approach, *Energy Procedia-2011 2nd International Conference on Advances in Energy Engineering*, pp. 705-710.
- Lomi, A. & Yudi Limpraptono, F. (2016). Implementation of Expert System for Power System Voltage Stability Improvement, *2016 9th International Conference on Computer and Electrical Engineering (ICCEE 2016)*.
- Liu, X. Aichhorn, A., Liu, L. & Li, H. (2012). Coordinated Control of Distributed Energy Storage System With Tap Changer Transformers for Voltage Rise Mitigation Under High Photovoltaic Penetration, *IEEE Transactions on Smart Grid*, (3)2, pp. 897-906.

Milano, F. (2009). Hybrid Control Model of Under Load Tap Changers, *IEEE Transactions on Power Delivery*, (1)1, pp. 1-8.

Okyere, H., Nouri, H., Moradi, H. & Zhenbiao, L. (2007). Statcom and load tap changing transformer (LTC) in Newton Raphson Power Flow: Bus Voltage Constraint and Losses, *UPEC 2007*, pp. 1013-1018.

Pai, M. A. & Chatterje, D. (2014). *Computer Techniques in Power System Analysis*. Nueva York: McGraw-Hill.

Saadat, H. (2010). *Power System Analysis*. USA: PSA Publishing LLC.

Salem, M. R., Talat, L. A. & Soliman, H. M. (1997). Voltage control by tap-changing transformers for a radial distribution network, *IEE Proc.-Gener. Transm. Distrib.*, (144)6, pp. 517-520.

Uzunovic, Cañizarez, C. & Reeve, J. (1997). Fundamental frequency model of static synchronous compensator, *North American Power Symposium (NAPS), Laramie, Wyoming*, pp. 49-54.

Viawan, F., Sannino, A. & Daalder, J. (2007). Voltage control with on-load tap changers in medium voltage feeders in presence of distributed generation, *Electric Power System Research*, pp. 1314-1322.

Vounas, C. & Karystianos, M. (2004). Load Tap Changers in Emergency and Preventive Voltage Stability Control, *IEEE Transactions on Power Systems*, (19)1, pp. 492-499.

Wen, J., Wu, Q., Turner, D., Cheng, S. & Fitch, J. Optimal Coordinated Voltage Control for Power System Voltage Satability, *IEEE Transactions on Power Systems*, (19)2, pp. 1115-1122.

Yang, Z, Shen, C., Crow, L., & Zhang, L. (2000). An improved STATCOM model for power flow analysis, *IEEE Trans. Applcat.*, pp. 1121-1126.

Python como una alternativa factible en el análisis de sistemas eléctricos de potencia

GARCÍA-GUZMÁN, José Miguel†, VARGAS-RODRÍGUEZ, José Reyes, ORTEGA-HERRERA, F. Javier y GONZÁLEZ-PONCE, María del Refugio

Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, Guanajuato, México. Carr. Irapuato - Silao, El Copal, 36821 Irapuato, Gto.

Recibido 3 de Enero, 2017; Aceptado 2 de Marzo, 2017

Resumen

En este trabajo se presentan implementaciones y casos de estudio de algunos modelos utilizados en el análisis de los sistemas eléctricos de potencia utilizando Python y Matlab, con el fin de mostrar las bondades del primero para ser utilizado como una alternativa factible en el análisis de estado estacionario y transitorio de sistemas eléctricos de potencia. Los análisis empleados en este trabajo son el Despacho Óptimo de Generación con pérdidas y sin pérdidas, así como el análisis de flujos de potencia convencional con el modelo del Transformador Cambiador de Taps. El algoritmo computacional empleado en estos análisis es el mismo tanto en Python como en Matlab, ya que la finalidad es determinar el tiempo de cómputo hacia la convergencia de ambos lenguajes de programación con dichos algoritmos. Diversos casos de estudio son llevados a cabo con los sistemas de potencia de 3, 5, 30 y 39 nodos. Los resultados y gráficas obtenidas de estos casos de estudio muestran que Python requiere menor tiempo de cómputo para converger a la solución y que es equiparable con Matlab en la generación de gráficos utilizados en el análisis de los sistemas eléctricos de potencia.

Python, Matlab, sistemas eléctricos de potencia

Abstract

In this work several implementations and study cases of some models used in power systems analysis are presented by using Python and Matlab, in order to show the capabilities of Python to be used as feasible alternative in steady-state and transient power system analysis. The analyzes used in this work are Optimal Dispatch with losses and without losses, as well as the conventional power flow analysis including the Tap Changing Transformer model. The computational algorithm used in these analyzes, both in Python and Matlab, is the same because the purpose is to determine the computation time towards the convergence of both programming languages with these algorithms. Several study cases with the power systems of 3, 5, 30 and 39 nodes are carried out. The results of these cases show that Python requires lower computation time to find the solution, in addition, the Optimal Dispatch of the power system of 39 nodes and the nodal voltage profile of the system of 30 nodes are plotted in Python and these graphics are compared with Matlab, in order to visualize the potential of Python to generate graphics that can be used in the power system analysis.

Python Matlab, electric power systems

Citación: GARCÍA-GUZMÁN, José Miguel, VARGAS-RODRÍGUEZ, José Reyes, ORTEGA-HERRERA, F. Javier y GONZÁLEZ-PONCE, María del Refugio . Python como una alternativa factible en el análisis de sistemas eléctricos de potencia. Revista de la Invención Técnica 2017. 1-1:10-18

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Los sistemas eléctricos de potencia (SEPs) consisten principalmente de generadores, transformadores, compensadores y cargas, los cuales están interconectados mediante líneas de transmisión. La interacción entre estos elementos hace que el modelado matemático de los SEPs sea complejo y dependiente de una gran cantidad de variables. Además, la cantidad de variables depende de manera directa del tamaño de los SEPs, que varía desde sistemas de prueba del IEEE con pocos nodos hasta sistemas reales de gran escala con gran cantidad de nodos. En ambos casos, los modelos matemáticos asociados con los SEPs son resueltos, en su mayoría, en forma iterativa mediante métodos numéricos implementados en algoritmos computacionales desarrollados en distintos lenguajes de programación o mediante toolboxes de paquetes computacionales comerciales, por lo que, actualmente el análisis de los SEPs depende de manera importante de las técnicas computacionales, el análisis numérico y los lenguajes de programación (Pai & Dheeman, 2014; Saadat, 2010, Arrillaga *et al*, 1991). Alrededor del mundo, Matlab® es el paquete computacional más comúnmente utilizado por ingenieros, investigadores, empresas y académicos de prácticamente todas las áreas, ya que es un ambiente amplio de cómputo científico y numérico, así como un lenguaje de programación (MathWorks, 2017, Pyzo, 2017). Sin embargo, la principal desventaja de Matlab es que es un software comercial y su licencia tiene un costo, lo cual puede representar un problema para estudiantes o incluso académicos e investigadores que no cuenten con el recurso económico para adquirir el licenciamiento.

En las décadas recientes Python se ha convertido en una alternativa altamente viable de utilizarse como software de cómputo científico y de ingeniería, ya que es un lenguaje multiparadigma que permite desarrollar programación orientada a objetos, imperativa e incluso funcional, lo que le ha valido la confianza de ser utilizado por grandes empresas a nivel internacional como Youtube.com, Google, IronPort, Industrial Light & Magic, entre otras (PSF, 2017). A diferencia de Matlab, Python posee una licencia de código abierto denominada Python Software Foundation License, por lo que, es fácil de conseguir de manera gratuita (PSF, 2017). Python por definición es un lenguaje de programación, pero es posible adicionar una extensa variedad de paquetes, módulos o librerías como NumPy (NumPy developers, 2017), SciPy (SciPy developers, 2017), matplotlib (Hunter, *et al*, 2017), Pyomo (Hart, *et al*, 2012), entre otras, que convierten a Python en un software de cómputo científico comparable con paquetes comerciales como Matlab u Octave. Incluso con estas librerías Python puede sustituir a estos paquetes comerciales en aplicaciones donde se requiera el uso del cómputo científico.

Lo anterior, le ha permitido a Python ganar terreno en el gusto de los investigadores, ingenieros y académicos de las distintas áreas del conocimiento alrededor del mundo, sin embargo, en el análisis de los sistemas eléctricos de potencia el software más utilizado es Matlab y el uso de Python es muy escaso, probablemente debido al uso histórico de Matlab y a la poca difusión de la utilidad, facilidad y confiabilidad de Python en el análisis de los SEPs, al grado de que solo muy pocas paquetes computacionales como Dome (Milano, 2016) y PyPSA (FRESNA, 2017) enfocados a esta área están desarrolladas en este lenguaje.

En este contexto, en el presente trabajo se presentan implementaciones y casos de estudio de diversos modelos utilizados en el análisis de los SEPs, hechas en Python y Matlab, con el fin de mostrar las bondades del primero que le permitan ser considerado como una alternativa factible para ser utilizado en el análisis de los sistemas eléctricos de potencia, tanto en estado estacionario como transitorio.

Python como software de cómputo científico

Como se mencionó antes, Python es esencialmente un lenguaje de programación fácil de aprender y leer, el cual puede ser utilizado en aplicaciones de cómputo científico mediante la adición de librerías numéricas especializadas. Cuando se instala Python estas librerías no se incluyen implícitamente en dicha instalación y por tanto es necesario instalarlas, circunstancia que se traduce en una desventaja de Python frente a otros paquetes comerciales. Sin embargo, con el paso de los años se han desarrollado algunas distribuciones de Python que incluyen, además del mismo lenguaje de programación, diversas librerías orientadas al cómputo científico y que están, por mencionarlo de alguna manera, listas para usar. Estas distribuciones siempre incluyen las librerías base como NumPy, Scipy y Matplotlib en determinados ambientes de programación como Spyder u otro ADI (Ambiente de Desarrollo Integrado) (Rodríguez, 2014).

Algunas de las distribuciones más comunes son: Python(x,y) (Raybaut, P. & Davar, G., 2015), Enthought Canopy (ENTHOUGHT, 2016), WinPython (Raybaut, P., 2014) y Anaconda (Continuum Analytics, 2017).

De estas, Anaconda es la más completa, es posible instalarla junto con otras distribuciones de Python, tiene un administrador de librerías denominado Conda que permite instalar, crear y actualizar paquetes y librerías de manera muy sencilla (Rodríguez, 2014).

Con las librerías adecuadas Python puede sustituir al lenguaje de programación y los toolboxes de Matlab, excepto Simulink. NumPy es una librería que permite realizar operaciones con vectores y matrices en forma similar a Matlab, mientras Scipy es una librería que contiene herramientas de fácil uso para el usuario, con las cuales es posible llevar a cabo integración numérica, optimización, procesamiento de señales, cálculo simbólico, entre otras. Esta librería que Python ofrece es equivalente a algunos de los toolboxes de Matlab. Por otro lado, Matplotlib es la librería de Python que permite obtener gráficas en 2D y 3D, en un ambiente visual similar a Matlab. Además de estas librerías, existen otras más especializadas que se pueden instalar a través de Anaconda. Algunas de las librerías que se pueden mencionar son a) Pyomo: optimización compleja, similar con AMPL (KNITRO, 2017) y GAMS (Drud, 1996), b) DEAP: programación evolutiva (Fortin, *et al*, 2012), c) Pandas: análisis y estructura de datos (McKinney, 2012), d) Kivy: desarrollo de apps para Android (DO, 2017), e) PyWheater: recolección y análisis de datos meteorológicos (PSF, 2017), f) PyQt: Interfaces gráficas multiplataforma (PyQt, 2016), además las mencionadas PyPSA y Dome y muchas más librerías disponibles manejadas también como software libre.

Lo antes expresado muestra que Python puede ser utilizado de manera satisfactoria para llevar a cabo estudios relacionados con el análisis de SEPs.

Breve comparativa entre Python y Matlab

En este trabajo se compara Python con Matlab, ya que este último es el paquete computacional más utilizado en el análisis de los sistemas de potencia y se pretende mostrar el potencial de Python para ser considerado como un paquete computacional alternativo en el análisis de los SEP. Algunas de las diferencias y semejanzas entre tales paquetes se describen enseguida.

La principal diferencia entre ambos paquetes es que la licencia de Python es de código abierto y, por tanto, gratuita, mientras que el licenciamiento de Matlab tiene costo. Otra de las diferencias muy marcadas entre ellos es que Matlab ofrece, en una sola instalación, un paquete completo de cómputo científico que incluye toolboxes, lenguaje de programación y de un ADI. Mientras que en el caso de Python es necesario instalar una a una, además del lenguaje de programación, las librerías para tener un software de cómputo científico, aunque se tienen distribuciones en las que en una sola instalación se incluyen la mayoría de librerías de Python, pero no se incluye el ADI, de modo que también es necesario instalarlo de manera independiente. En lo que respecta al lenguaje de programación ambos son fáciles de leer; Python utiliza palabras en lugar de símbolos, por ejemplo, los operadores lógicos se escriben como tal “and”, “or”, “nor”, mientras que en Matlab se escriben como &&, ||, !, respectivamente. Los dos paquetes pueden manejar matrices, vectores y variables dinámicas, pero en Python los índices de los arrays comienzan en cero y no en uno como en el caso de Matlab.

El código de Python tiende a ser más compacto y legible (Feldman, 2016), aunque para el usuario es un poco más sencillo implementar código en Matlab, ya que Python es un lenguaje de propósito general (Mathworks, 2017), esto último hace que las estructuras de datos en Python sean superiores a las de Matlab y brinda la posibilidad de tener un mejor control y mantenimiento del código (Feldman, 2016). En cuanto a las librerías, en Python se trabaja con interfaces distintas dependiendo de la utilizada y, en su naturaleza, cada librería es independiente entre sí, aunque pueden enlazarse para trabajar juntas sin mayor problema. Mientras que en Matlab se tiene una interfaz común y los toolboxes son diseñados para trabajar juntos entre sí (Mathworks, 2017). En cuanto a simulaciones numéricas, se debe mencionar que Python ejecuta estas en un menor tiempo de cómputo que Matlab, lo cual es importante en aplicaciones donde se requiere resolver modelos que implican un esfuerzo computacional considerable. En caso de que desee profundizar en las similitudes y diferencias entre ambos paquetes es recomendable revisar a detalle en la bibliografía indicada anteriormente.

Análisis de sistemas eléctricos de potencia

La solución de flujos de potencia convencional y el Despacho Óptimo de Generación son unas de las herramientas más utilizadas por los investigadores, empresas y académicos alrededor del mundo para llevar a cabo el análisis de los sistemas eléctricos de potencia, motivo por el cual se utilizan estos para ser implementados en Python.

Análisis de flujos de potencia convencional

El análisis de FP se basa en las ecuaciones de inyección de potencia siguientes (Saadat, 2010),

$$P_i = \sum_{j=1}^n Y_{ij} V_i V_j \cos(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \quad (1)$$

$$Q_i = -\sum_{j=1}^n Y_{ij} V_i V_j \sin(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \quad (2)$$

Estas ecuaciones forman un sistema de ecuaciones no lineales dependiente del ángulo de fase δ y de la magnitud del voltaje $|V|$, el cual es resuelto mediante el método de Newton-Raphson. Al resolver este sistema se debe establecer el siguiente balance de potencia activa y reactiva en el nodo i .

$$\Delta P_i = P_{Gi} - P_{Di} - \sum_{j=1}^{N_b} P_i^{inj j} = 0 \quad (3)$$

$$\Delta Q_i = Q_{Gi} - Q_{Di} - \sum_{j=1}^{N_b} Q_i^{inj j} = 0 \quad (4)$$

donde el subíndice G y D representan la potencia generada y demandada respectivamente, y el término de la sumatoria representa la potencia inyectada.

El proceso iterativo se ejecuta n -veces hasta que el balance de potencia activa y reactiva dado por (3) y (4) sea menor a una tolerancia de convergencia especificada.

Despacho Óptimo de Generación

El Despacho Óptimo de Generación (DOG) consiste en asignar un valor de potencia de generación a cada generador de un SEP, de manera que la suma de estas potencias satisfaga la demanda de potencia con el mínimo costo de generación. Este problema se formula matemáticamente como un problema de optimización como sigue (Saadat, 2010),

$$\min F(P_{Gi}) = \sum_{i=1}^{ng} (a_i + b_i P_{Gi} + c_i P_{Gi}^2) \quad (5)$$

$$\text{sujeto a } \sum_{i=1}^{ng} P_{Gi} = P_D + P_L \quad (6)$$

$$P_{Gi}^{\min} \leq P_{Gi} \leq P_{Gi}^{\max} \quad (7)$$

Las Ecuaciones (5), (6) y (7) representan el costo de generación, el balance de potencia activa entre potencia demandada y generada, y los límites de generación, respectivamente.

Casos de estudio

Con el fin de ilustrar la factibilidad del uso de Python en el análisis de sistemas eléctricos de potencia se llevan a cabo diversos casos de estudio en los que se a) determina el costo mínimo de operación cuando se satisface la demanda de potencia y b) el punto de operación de estado estacionario de sistemas de potencia. Los casos de estudio son llevados a cabo con el sistema de prueba de 3 y 5 nodos (Stagg & El-Abiad, 1968; Saadat, 2010), el sistema de 30 nodos del IEEE, el cual es una sección de la Corporación de Servicios de Potencia Eléctrica Americana (CSPEA, por sus siglas en inglés) (Saadat, 2010) y el sistema de Nueva Inglaterra de 39 nodos y 10 generadores (Pai, 1989). Todos casos de estudio presentados en este trabajo son llevados a cabo con una tolerancia de convergencia 1×10^{-9} .

Casos de estudio para el DOG

En la Tabla 1 se presenta una comparación de resultados del DOG sin pérdidas y con pérdidas, ambos considerando los límites de generación, utilizando Python y Matlab. Para el caso de estudio sin pérdidas se utiliza el sistema de Nueva Inglaterra de 39 nodos y se satisface una demanda de 6,097.10 MW, mientras que para el caso con pérdidas se utiliza el sistema de prueba de 3 nodos y se satisface una demanda de 150 MW.

Parámetro	Python [®] (MW)	Matlab [®] (MW)
Sistema de 39 nodos (sin pérdidas)		
Costo (\$/MWhr)	15.8668	15.8668
Costo (\$/hr)	60171.52	60171.52
Tiempo (seg)	0.001052	0.022847

Sistema de 3 generadores (con pérdidas)		
Pérdidas	2.6687	2.6687
Costo (\$/MWhr)	7.7678	7.7677
Costo (\$/hr)	1599.98	1599.98
Tiempo (seg)	0.003591	0.033418

Tabla 1 Comparación de resultados del DOG considerando y sin considerar pérdidas.

Los resultados muestran que los valores obtenidos con ambos lenguajes son idénticos, ya que estos dependen directamente del algoritmo de solución y no del lenguaje de programación utilizado. Sin embargo, en la tabla anterior se muestra que el tiempo de cómputo requerido para converger a la solución del problema de DOG es menor en Python que en Matlab. Se debe notar que en este caso, el tiempo de cómputo empleado por ambos lenguajes no es significativo porque el problema de DOG no es un problema complejo, sin embargo, en algunos análisis de SEPs de gran escala el tiempo de cómputo es considerable y se convierte en un parámetro importante a tomarse en cuenta por los investigadores, empresas y académicos que trabajan con los sistemas de potencia. En este sentido, de acuerdo a los resultados obtenidos en este trabajo, al parecer Python ofrece la ventaja de alcanzar la convergencia en un menor tiempo de cómputo que Matlab.

Por otro lado, en las Figuras 1 y 2 se muestran las gráficas de barras del DOG del sistema de 39 nodos obtenidos utilizando Python y Matlab, respectivamente. Se debe notar que Python ofrece un potencial similar para graficar que puede ser comparado con Matlab y que lo vuelve factible para obtener cualquier tipo de gráfico empleado en el análisis de sistemas de potencia.

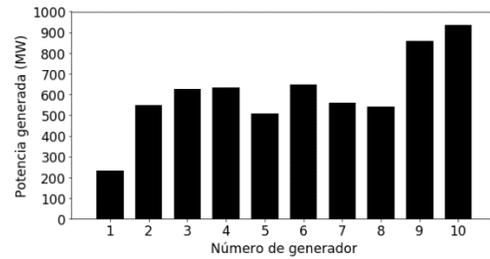


Gráfico 1 DOG del sistema de 39 nodos obtenido con Python.

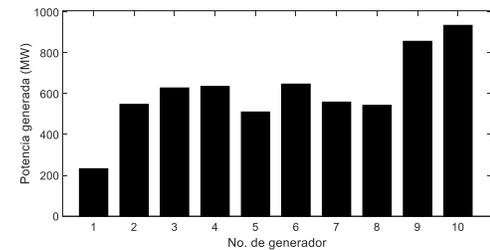


Gráfico 2 DOG del sistema de 39 nodos obtenido con Matlab

Casos de estudio para el análisis de flujos de potencia

En los casos de estudio de flujos de potencia convencional se utiliza el sistema de prueba de 5 nodos y una sección del sistema de la CSPEA de 30 nodos. En este sistema están instalados seis generadores, dos bancos de compensación y cuatro transformadores cambiadores de taps, cuyo modelo es considerado en la formulación de flujos de potencia, mientras que en el sistema de 5 nodos no hay transformadores. La Tabla 2 muestra los resultados de flujos de potencia obtenidos mediante Python y Matlab. De igual manera que en el caso del DOG, el tiempo de cómputo requerido para encontrar la solución de flujos de potencia es menor en Python.

Como se observa, en este caso el tiempo de cómputo comienza a incrementarse, ya que el análisis de flujos de potencia es un problema que involucra más ecuaciones y variables, lo que lo hace más complejo desde una perspectiva computacional.

Parámetro	Python®	Matlab®
Sistema de 5 nodos		
Generación (MW)	171.122	171.122
Generación (MVAR)	29.223	29.223
Demanda (MW)	165	165
Demanda (MVAR)	40	40
Pérdidas (MW)	6.122	6.122
Pérdidas (MVAR)	-10.777	-10.777
Tiempo (segundos)	0.015703	0.176936
Sistema de 30 nodos		
Generación (MW)	300.999	300.999
Generación (MVAR)	125.144	125.144
Demanda (MW)	283.400	283.400
Demanda (MVAR)	126.200	126.200
Pérdidas (MW)	17.599	17.599
Pérdidas (MVAR)	22.244	22.244
Tiempo (segundos)	0.084653	0.228167

Tabla 2 Resumen de resultados del punto de operación obtenido del análisis de flujos de potencia para el sistema de 5 y 30 nodos.

Los gráficos 3 y 4 muestran los perfiles de voltaje del sistema de potencia 30 nodos mediante Python y Matlab, en forma respectiva.

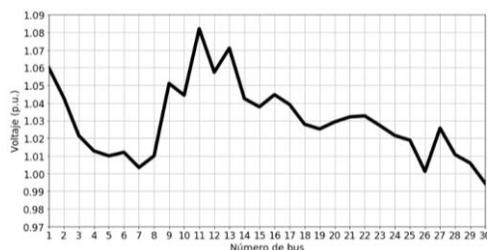


Gráfico 3 Perfil de voltaje nodal del SEP de 30 nodos obtenido con Python

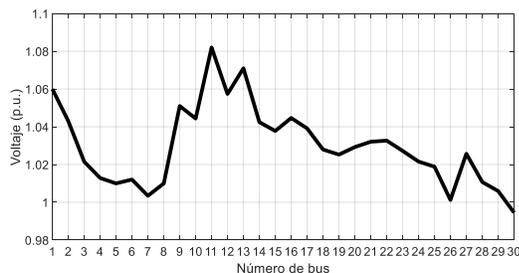


Gráfico 4 Perfil de voltaje nodal del SEP de 30 nodos obtenido con Matlab.

Se debe mencionar que los casos de estudio se llevaron a cabo utilizando una computadora personal marca Dell con procesador Intel (R) Core i7-5500U CPU a 2.40 GHz y una memoria RAM de 6 GB en un sistema operativo de 64 bits.

Conclusiones

En este trabajo diversos casos de estudio relacionados con el análisis de sistemas eléctricos de potencia han sido presentados utilizando Python y Matlab como lenguaje de programación, con la finalidad de mostrar la factibilidad del uso de Python en el análisis de los SEPs. Una de las características más importantes que presenta Python respecto a Matlab es la de ser un software de cómputo científico completamente gratuito, mientras que la licencia de Matlab tiene costo. Por otro lado, el lenguaje de programación utilizado en Python tiende a ser más compacto y legible, sin embargo, resulta un poco más sencillo implementar código en Matlab. Los resultados obtenidos en los casos de estudio muestran que el tiempo de cómputo requerido por el lenguaje de programación de Python es menor que el requerido por el lenguaje de Matlab.

En los análisis de sistemas de potencia presentados el tiempo de cómputo no resultó significativo, debido a que dichos análisis no son numéricamente complejos y los SEPs utilizados no son de gran escala. Esta condición cambia cuando se trabaja, por ejemplo, con sistemas de gran escala o cuando se realiza análisis transitorio, en donde el tiempo de cómputo se convierte en un parámetro de gran importancia para ser considerado por los investigadores, empresas y académicos que trabajan con los sistemas de potencia.

Por ultimo, es importante resaltar que Python ofrece una librería denominada Matplotlib que brinda un potencial similar a Matlab que permite obtener cualquier tipo de gráfico en dos y tres dimensiones que resultan muy útiles en el análisis de sistemas de potencia.

Referencias

- Arrillaga, J., Arnold, C. P. & Harker, B. J. (1991). *Computer Modelling of Electrical Power Systems*. Nueva Dehli: John Wiley & Sons.
- Continuum Analytics. *ANACONDA Leading Open Data Science Platform Powered by Python*. (2017). Recuperado de <https://www.continuum.io/anaconda-overview>
- Digital Ocean (DO). *Kivy - Open source Python library for rapid development of applications that make use of innovative user interfaces, such as multi-touch apps*. (2017). Recuperado de <https://kivy.org/#home>
- Drud, A. *S.GAMS/CONOPT (1996)*, Bagsvaerd: Denmark. ARKI Consulting and Development. Recuperado de <http://www.gams.com/>
- ENTHOUGHT. *Enthought Canopy - Proven Scientific Python Distribution Plus Integrated Analysis Environment*. (2016). Recuperado de <https://www.enthought.com/products/canopy/>
- Feldman, P. M. *Eight Advantages of Python Over Matlab*. (2016). Recuperado de http://phillipfeldman.org/Python/Advantages_of_Python_Over_Matlab.html
- FIAS - Renewable Energy System and Network Analysis: RESNA (FRESNA). *PyPSA: Python for Power System Analysis*. (2017). Recuperado de <https://www.pypsa.org/>
- Fortin, F. A., De Rainville, F. M., Gardner, M. A., Parizeau, M. & Gagné, C. (2012). DEAP: Evolutionary Algorithms Made Easy, *Journal of Machine Learning Research*, 13(1), pp. 2171-2175.
- Hart, E. W., Laird, C., Watson, J. P. & Woodruff, A. L. (2012). *Pyomo – Optimization Modeling in Python*. Nueva York: Springer.
- Hunter, J., Dale, D., Firing, E., Droettboom, M. & Matplotlib development team. (2017). *Matplotlib User's Guide*.
- KNITRO. (2017). En *Composants Numériques de Artelys Tools*. Recuperado de http://www.artelys.com/index.php?page=knitro&hl=en_EN
- Mathworks Inc. *MATLAB vs. Python: Top Reasons to Choose MATLAB*. (2017). Recuperado de https://es.mathworks.com/products/matlab/matlab-vs-python.html#comparison_table
- McKinney, W. (2012). *Python for Data Analysis*. Massachusetts: O'Reilly Media.
- Milano, F. *Dome*. (2016). Recuperado de <http://faraday1.ucd.ie/dome.html>
- NumPy developers. *NumPy*. (2017). Recuperado de <http://www.numpy.org/#>
- Pai, M. A & Dheeman, C. (2014). *Computer Techniques in Power System Analysis*. India: McGraw-Hill.
- Pai, M. A. (1989). *Energy Function Analysis for Power System Stability*. Norwell: Kluwer Academic Publishers.
- Python Software Foundation (PSF). *Documents of Python*. (2017). Recuperado de www.python.org.

Python Software Foundation (PSF). *Documents of Python*. (2017). Recuperado de <https://docs.python.org/3/license.html>

Python Software Foundation (PSF). *PyWeather 0.7.0: Weather related functions, console readers, and service publishers*. (2017). Recuperado de <https://pypi.python.org/pypi/PyWeather>

Pyzo. *Python vs Matlab*. (2017). Recuperado de http://www.pyzo.org/python_vs_matlab.html

Raybaut, P. & Davar, G. *Python(x,y) - the scientific Python distribution*. (2015). Recuperado de <http://python-xy.github.io/>

Raybaut, P. *WinPython*. (2014). Recuperado de <http://winpython.github.io/>

Riverbank Computing Limited (RCL). *PyQT*. (2016). Recuperado de <https://riverbankcomputing.com/news>

Rodríguez O. A. *Cómputo científico con Python y Anaconda*. (2014). Recuperado de <http://gatomontez.com/articulo/2014/02/16/computo-cientifico-con-python-y-anaconda/#.WUfzu1U1-Um>

Saadat, H. (2010). *Power System Analysis*. USA: PSA Publishing LLC.

SciPy developers. *SciPy: Scientific Computing Tools for Python*. (2017). Recuperado de <https://scipy.org/about.html>

Stagg, G.W. & El-Abiad A. H. (1968). *Computer Methods in Power System Analysis*. USA: McGraw-Hill.

Caracterización de los parámetros superficiales en películas anodizadas de aluminio 1050 preparadas por método electroquímico

FLORES-CORTEZ, Salvador†, HERNÁNDEZ-RIVERA, Javier, SANTIAGO-CRUZ, Samuel y FERNÁNDEZ-MADRIGAL, Arturo

Ingeniería en Metal Mecánica, Universidad Tecnológica de Huejotzingo, Real San Mateo 36B, Segunda Secc, 74169 Santa Ana Xalmimilulco, Pue

Instituto de Energías Renovables, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Xochicalco, Azteca, 62588 Temixco, Mor.

Recibido 6 de Enero, 2017; Aceptado 9 de Marzo, 2017

Resumen

Se prepararon y caracterizaron películas de Al_2O_3 poroso sobre sustratos de aluminio 1050 (99.5% Al) mediante la técnica de anodizado con voltaje de corriente directa y variación de 15-30 VCD, tiempos fijos de 20 min en un electrolito de H_3PO_4 2M 18°C. Se presenta la cinética de formación de la película porosa que se describe a través de los cuatro estados de formación. En los análisis de composición atómica (EDS) antes y después proceso de anodizado se muestra el aumento del contenido de oxígeno debido a la formación del óxido de aluminio en la superficie del sustrato. Usando Microscopia Electrónica de Barrido se presentan los resultados de los efectos del voltaje en los parámetros superficiales y transversales como espesores de, diámetros de poro y espesor de capa barrera.

Anodizado, Aluminio 1050 EDS, VCD

Abstract

In this work heat transfer in a compact finned tube heat exchanger is experimentally and numerically analyzed. Porous Al_2O_3 films were prepared and characterized on 1050 aluminum substrate (99.5% Al) using the anodization technique with voltage of direct current and a variation of 15-30 Direct Current-Voltage (DCV), 20 min. fixed time intervals in an H_3PO_4 electrolyte 2M 18°C. The Kinetics of grow of porous film formation is presented, which is described throughout the four stages of formation. In the analysis of atomic composition (EDS) before and after the anodization process, it is shown an increase on the oxygen content due to the formation of aluminum oxide on the substrate surface. By using the Scanning Electron Microscopy (SEM) the results on the voltage effects on cross and superficial parameters, the thickness and diameter of pore and the thickness of the barrier layer are all presented.

Anodized, Aluminum 1050 EDS, DCV

Citación: FLORES-CORTEZ, Salvador, HERNÁNDEZ-RIVERA, Javier, SANTIAGO-CRUZ, Samuel y FERNÁNDEZ-MADRIGAL, Arturo. Caracterización de los parámetros superficiales en películas anodizadas de aluminio 1050 preparadas por método electroquímico. Revista de la Invención Técnica 2017. 1-1:19-26

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Las propiedades del aluminio que lo hacen un metal tan aprovechado de los no ferrosos, son por sus características tales como poca resistencia mecánica, un peso liviano y una resistencia natural a la corrosión, debido principalmente a su potencial normal (-1.66V), que le confieren en su superficie al estar en contacto con el aire se recubre naturalmente de una capa de óxido de aluminio (Al_2O_3), de espesores entre 30 y 100 Å. Esta capa le confiere cierto grado de protección, debido a que la alúmina (Al_2O_3) es un material cerámico, por tanto no se oxida y se adhiere sobre el sustrato de una manera compacta [1]. Las películas porosas de alúmina han llamado la atención en la fabricación de varios tipos de herramientas a nivel nanométrico tanto electrónicas, optoelectrónicas como magnéticas [2], por ello se estudian permanentemente para conocer mejor sus características y así poder mejorarlas.

El método utilizado para la formación de películas de Al_2O_3 poroso sobre sustratos de aluminio es la oxidación anódica del metal en electrolitos acuosos.

A través del Detector de Energía Dispersiva (EDS) se realizó un estudio a las muestras de Al 1050 antes (con pretratamiento) y después del proceso de anodizado (película porosa de Al_2O_3), con un microscopio electrónico de barrido de emisión de campo SEM Hitachi S-5500, equipado con un detector EDS. El objetivo fue identificar los cambios en el contenido atómico de los elementos presentes en las muestras después del proceso de anodizado.

Para la densidad de corriente se utilizó un amperímetro (Steren MUL-600) con interface conectada a una computadora.

Consideraciones Teóricas

El método más ampliamente utilizado para la formación de películas de Al_2O_3 poroso sobre sustratos de aluminio es la oxidación anódica del metal en electrolitos acuosos o más comúnmente conocido como anodizado electroquímico del aluminio. El nombre del método se deriva del hecho de que el sustrato a tratar está conectado al ánodo de la celda electroquímica y que forma el circuito eléctrico, en el que, una placa de aluminio está conectada a la terminal positiva de una fuente de voltaje y una placa de grafito que se utiliza como contraelectrodo conectado a la terminal negativa.

La aleación de aluminio 1050 (99,5% Al) se utiliza como sustrato de los recubrimientos de Al_2O_3 , con aplicaciones a la intemperie, en intercambiadores de calor, conductores eléctricos, utensilios de cocina e iluminación entre otros, ya que posee una excelente resistencia a la corrosión. La composición de la aleación dada en la hoja de datos del fabricante (Haomei Aluminum Co. Ltd) y utilizada en la investigación se muestra en la Tabla 1.

% masa	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Cr	Ti	Otros	Al
Min										
Max	0.25	0.40	0.05	0.05	0.05	0.07	0	.05	0.03	99.5

Tabla 1 Composición química de la aleación de aluminio 1050

En la Tabla 2 se presenta un resumen de las propiedades físicas típicas (a temperatura de 20 °C) de la aleación de aluminio 1050.

Densidad gr/cm ³	Rango de Fusión °C	Módulo de elasticidad Mpa	Conductividad térmica W/mK	Resistividad μΩcm	Calor específico J/Kg °C
2.7	645-658	69000	229	2.8	945

Tabla 2 Propiedades físicas típicas de la aleación de Aluminio 1050

La celda electroquímica se formó con una placa de aluminio conectada a la terminal positiva de una fuente regulable de VCD (Marca Escort modelo EPS6030T 3 Amperes de salida) y una placa de grafito como contraelectrodo conectado a la terminal negativa. Se utilizaron dos multímetros digitales uno fue conectado en serie (Stereon MUL-600 con puerto RS232) conectado a una computadora personal para monitorear la corriente que fluye en el circuito a través de la celda y otro multímetro (GW modelo GDM-8034) en paralelo para medir la diferencia de potencial entre los electrodos.

Detalles Experimentales

Se describe detalladamente la metodología experimental del proceso de preparación de los recubrimientos de óxido de aluminio poroso.

El desarrollo y preparación de los recubrimientos de Al_2O_3 requiere dos pasos consecutivos:

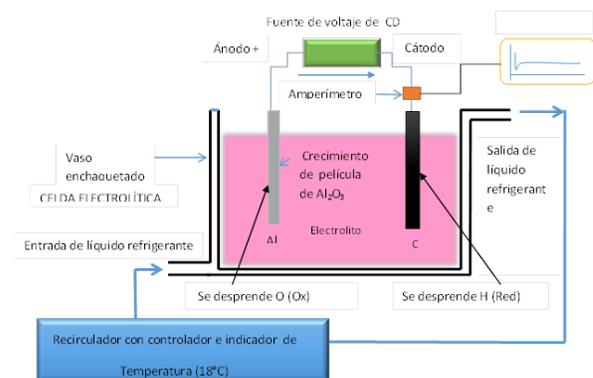
- 1) Pretratamiento superficial del aluminio
- 2) Anodizado del aluminio con VCD

El crecimiento de las películas de Al_2O_3 en Aluminio 1050 (99.5 Al), se realizó en un electrolito de H_3PO_4 2M según lo reportado por Salmi y Bonino [3].

En la oxidación anódica del aluminio existen diferentes variables implicadas en el proceso, como son, la concentración de electrolito, la magnitud del voltaje de CD, la temperatura del electrolito, el tiempo de anodizado, entre otros. Éstos modifican los parámetros superficiales y transversales de las películas como son el espesor de la película, espesor de la capa de barrera, diámetro de poro, distancia entre poros y espesor de pared.

Se llevó a cabo una investigación detallada de los efectos del voltaje y el tiempo en los parámetros superficiales y transversales de la película de Al_2O_3 y que también garantizara una morfología homogénea de la película, para lo cual, se fijó la concentración del electrolito a 2 M ($\text{pH} = 0,4$) y la temperatura 18 ± 2 °C, el VCD se varia de 10-40 V y el tiempo de 10-40 min. La distancia entre los electrodos fue de 2 cm, la densidad de corriente durante el proceso de anodizado fue de 32 mA/cm^2 min para 15 V y 15 min, después de anodizar las muestras se lavaron con agua desionizada y se secaron con aire caliente a 90 °C durante 3 min.

La celda electroquímica se formó con una placa de aluminio conectada a la terminal positiva de una fuente regulable de VCD (Marca Escort modelo EPS6030T 3 Amperes de salida) y una placa de grafito como contraelectrodo conectado a la terminal negativa. Se utilizaron dos multímetros digitales uno fue conectado en serie (Stereon MUL-600 con puerto RS232) conectado a una computadora para monitorear la corriente que fluye en el circuito a través de la celda y otro multímetro (GW modelo GDM-8034) en paralelo para medir la diferencia de potencial entre los electrodos. En la Figura 1 (a), (b) y (c) se muestran un esquema y una fotografía del arreglo experimental de la celda.



(a)



(b)



(c)

Figura 1 (a), (b) y (c). Esquema y fotografías del arreglo experimental de la celda para el anodizado del aluminio 1050

Resultados y Discusiones

Densidad de corriente en el proceso de anodizado

La densidad de corriente se calculó a partir de la medición de corriente durante el tiempo que dura el proceso, se midió y registró con un amperímetro (Steren MUL-600) con interface conectada a una computadora en la que los datos son almacenados y después graficados.

En la tabla 3 se muestran los valores de la densidad de corriente para el proceso de anodizado a condiciones de 20 VCD/20 min y 15 VCD/15 min para muestras de 20 x 30 x 0.5 mm y muestras de 60 mm de Ø x 0.5 mm, en ella se puede observar que la densidad de corriente a condiciones de 20 VCD/20min es de 32.9 mA/cm, sin embargo, para condiciones de 15VCD/15 min la densidad de corriente es muy similar para los dos tamaños de muestra, lo que significa que la densidad de corriente depende del potencial y del área, además, el potencial de 15VCD crea el mismo efecto en los dos tamaños de muestras. Si se decidiera imponer corriente en el sistema, bastarían 31 mA/cm² para crear el mismo efecto en los parámetros de las películas porosas de Al₂O₃.

Muestra	Tamaño de muestra (mm)	Área bajo la curva (mA)	Área efectiva de anodizado (cm ²)	Densidad de corriente (mA/cm ²)
20VCD/20 min	20x30x0.5	434.46	13.2	32.9
15VCD/15 min	20x30x0.5	418.49	13.2	31.7
15 VCD 15 min	60 Ø x 0.5	1017	38.48	30.4

Tabla 3 Densidad de corriente para el anodizado de aluminio preparado a 20 VCD/20 min y a 15VCD/15min en H₃PO₄ 2M 18±2°C para muestras de diferente tamaño.

Cinética de formación de la película de Al₂O₃ poroso

En la Figura 2 se muestra una gráfica Corriente Vs. tiempo durante el proceso de crecimiento de la película porosa de Al₂O₃ crecida a voltaje constante, las condiciones bajo las cuales crecieron fueron de 15 VCD/15 min en un electrolito de H₃PO₄ 2M, 18±2 oC para un tamaño muestra de 60 mm de Ø x 0.5 mm de espesor.

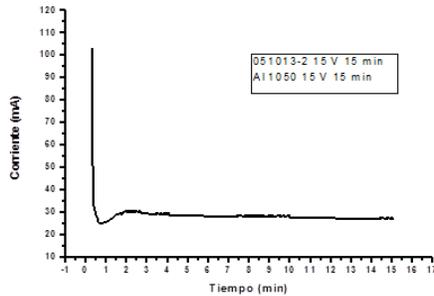


Figura 2 Curva Corriente Vs. tiempo registrada durante el proceso de anodizado de Al 1050, 15 VCD/15 min en H_3PO_4 2M, 18 ± 2 °C.

En la Figura 3 se muestra una gráfica Corriente Vs. tiempo durante el proceso de crecimiento de la película porosa de Al_2O_3 crecida en un sustrato de Al 1050, mediante anodizado, las condiciones bajo las cuales se crecieron fueron de 20 VCD/20 min en un electrolito de H_3PO_4 2M, 18 ± 2 °C para un tamaño muestra de 60 mm de \varnothing x 0.5 mm de espesor

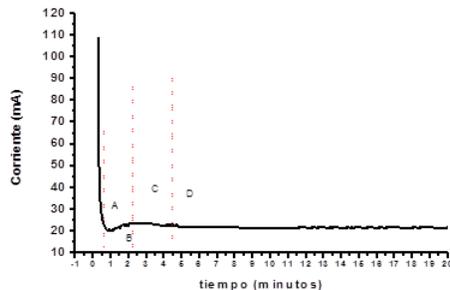


Figura 3 Gráfica de Corriente Vs. Tiempo durante el proceso de anodizado de Al 1050 20 VCD/20 min en H_3PO_4 2M 18 ± 2 °C

Podemos notar que las gráficas de las figuras 1 y 2 tienen un comportamiento muy similar por lo que podemos deducir que durante el proceso de creación de anodizado la variación de voltaje de 5 VCD no afectan dicho comportamiento.

La cinética de formación de una película de Al_2O_3 poroso sobre un sustrato de Al, mediante anodizado con voltaje de corriente directa constante, se puede describir en 4 estados (ver Figura 2, 3) descritos de la siguiente manera:

1. Estado A, incremento lineal de la corriente debido a una baja resistencia de la superficie, asociada al crecimiento de una película de óxido de alta resistencia (capa barrera) con irregularidades en su espesor.
2. Estado B, luego la corriente disminuye debido a la propagación de caminos individuales (poros precursores) provocados por la disolución local asistida por el campo eléctrico.
3. Estado C, la corriente aumenta debido al rompimiento de la capa barrera y al inicio de la construcción de una estructura porosa ondulada.
4. Estado D, después de alcanzar el máximo la corriente decrece ligeramente y luego permanece casi sin cambios (densidad de corriente de estado estacionario) en esta etapa la formación de la película de Al_2O_3 poroso se lleva a cabo.

Según Hoar y Yahalom [4], la relación entre la densidad de corriente y el tiempo bajo potencial de anodizado constante es la superposición de 2 procesos, como se muestra en la Figura 4. En el primer proceso se da un decrecimiento exponencial de la corriente (llamada corriente de película barrera) asociada con el crecimiento de la película barrera y el segundo proceso asociado con el proceso de formación de la estructura porosa (llamada corriente de poro).

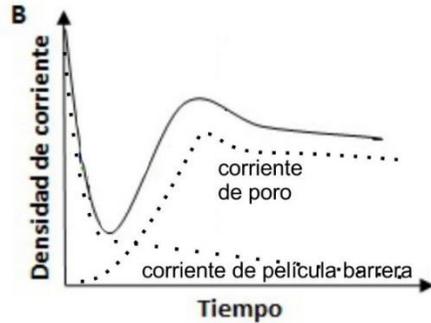


Figura 4 Diagrama esquemático de la superposición de los procesos que ocurren durante el crecimiento del Al_2O_3 poroso bajo condiciones de anodizado de potencial constante [333].

Efecto del voltaje de anodizado en los parámetros superficiales y transversales de las películas de Al_2O_3 poroso

Se realizaron varios experimentos con el propósito de investigar el efecto del voltaje en los parámetros superficiales y transversales de las películas de Al_2O_3 poroso, el tiempo se mantuvo constante 20 min y voltaje se varió de 15-30 VCD utilizando un electrolito de H_3PO_4 2M a $18 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2$. Mediante las micrografías de SEM tomadas a las muestras se realizaron las mediciones de los parámetros. Los resultados de las mediciones se presentan en la Figura 5.

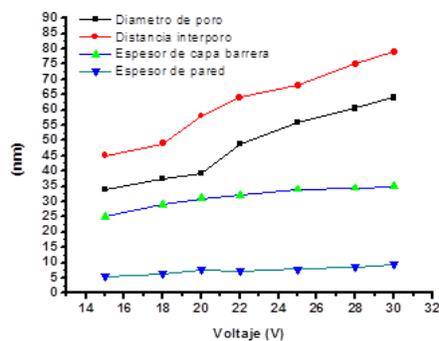


Figura 5 Efecto del voltaje en los parámetros superficiales y transversales de las películas de Al_2O_3 poroso preparadas a 15, 18, 20, 22, 25, 28 y 30 VCD ($t_{\text{cte}}=20$ min) en un electrolito de H_3PO_4 2M $18 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2$.

De la figura 5 se observa que el voltaje modifica directamente todos los parámetros de la película en mayor o menor proporción, el diámetro de poro cambio significativamente desde los 34 a los 64 nm y es linealmente proporcional al voltaje de anodizado [5]. En las primeras etapas de las investigación de la estructura anódica porosa en los años sesentas, se creía que el diámetro de poro era independiente del potencial de formación [6], sin embargo, estudios recientes han reportado que el diámetro de poro depende del potencial de anodizado o la densidad de corriente [7]. La distancia interporo tiene un comportamiento similar en crecimiento al diámetro de poro, crecen linealmente [8]. Esto es de esperarse pues al crecer el poro en diámetro la distancia de centro de poro a centro de poro también crece. El espesor de pared no se ve afectado significativamente en sus valores que van desde 5 a 9 nm, lo mismo que el espesor de la capa barrera que va de los 25 a 35 nm, se observa que tienen un comportamiento similar, los dos crecen linealmente casi en la misma proporción, de acuerdo con O'Sullivan and Wood [5].

En la figura 6 se presenta una gráfica del efecto del voltaje de anodizados en el espesor de la película, en ella se puede observar que el espesor de la película depende directamente del voltaje de anodizado, es decir, a mayor potencial el espesor crece.

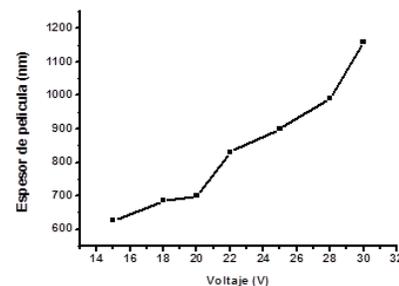


Figura 6 Efecto del voltaje en el espesor de las películas porosas de Al_2O_3 preparadas a 15, 18, 20, 22, 25, 28 y 30 VCD ($t_{\text{cte}}=20$ min) en un electrolito de H_3PO_4 2M $18 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2$.

Caracterización de composición química por EDS antes y después del proceso de anodizado

El estudio de EDS que se realizó a las muestras de Al 1050 antes (con pretratamiento) y después del proceso de anodizado (película porosa de Al_2O_3) para identificar los cambios en el contenido atómico de los elementos presentes en las muestras después del proceso de anodizado.

En la Tabla 4 se muestran los resultados obtenidos del análisis de composición de una muestra de Al 1050 antes y después del proceso de anodizado, se observa que el elemento presente en la muestra con mayor contenido atómico antes del proceso de anodizado es el Aluminio (Al), esto corresponde con la hoja de datos del fabricante, sin embargo, después del proceso de anodizado, se puede observar un aumento considerable en el contenido de Oxígeno (O) comparado con el que había antes del proceso, esto como consecuencia de la formación de película de Al_2O_3 poroso en la superficie del sustrato, la presencia de una gran cantidad de O se explica porque el anodizado es un proceso de oxidación electrolítica que crea de manera artificial una capa de óxido en la superficie del Al, también, se observa la presencia de Carbono (C) y de Fósforo (P), se cree que el C está presente debido a una contaminación ambiental de la muestra y la presencia de P se explica por qué el anodizado se realiza en una solución de H_3PO_4 , por lo que se deduce que algunos iones de ácido fosfórico son incorporados a la microestructura externa de la película de Al_2O_3 .

Es aceptado generalmente que las especies de electrolitos utilizados para el anodizado se incorporan en forma de aniones a la microestructura de las películas de óxido derivado del electrolito ácido utilizado para el anodizado [9].

Se puede ver que el fósforo ocupa casi el 1 % de los átomos totales, esto es, algunos de los iones del ácido que forman el electrolito que se utiliza para el anodizado se incorporan a la película de óxido.

sustrato de Al	Elementos (% Atómico)							Total
	O	Mg	Ti	Al	Mn	Ag	P	
Antes del anodizado	6.52	0.1	0.02	93.22	0.01	0.13		100
Después del anodizado en H_3PO_4 2M	65.65	-	-	28.71	-	-	0.96	4.68
Después del anodizado en H_3PO_4 2M sin considerar P y C	75.81			24.19				100

Tabla 4 Valores de composición atómica de un sustrato de Al 1050 antes y después del anodizado a 15 VCD/15 min, en una solución de H_3PO_4 2 M a $18 \pm 2^\circ$

Conclusiones

Se ha logrado caracterizar la formación de películas porosas de Al_2O_3 al variar el voltaje de anodizado mismo que modifica los parámetros de una manera lineal y proporcional, se hallaron impurezas que se debió a la solución utilizada para el anodizado y a una contaminación ambiental. Se determinaron las etapas de formación de la película con voltaje de corriente directa determinando la densidad de corriente aplicada, donde se observa una rápida formación de la capa barrera y el resto del tiempo se utiliza para la formación de la capa porosa.

Referencias

- Fedotiev, N.P. and Grilijes S.Y. (1972). Electropulido y anodización de metales, p.188, 189.
- Masuda, H., Yamada, H., Satoh, M., Asoh, H., Nakao, M. and Tamamura, T. Appl. Phys. Lett. 71 (1997) 2770.

Salmi, J.P. and Bonino, R. S. Best Nickel pigmented anodized aluminium as solar selective absorbers *Journal of Materials Science* 35 (2000) 1347 – 1351.

Hoar, T.P. and Yahalom, J. (1963) *J. Electrochem. Soc.*, 110, 614–621.

O'Sullivan, J.P. and Wood, G.C. (1970). *Proc. Roy. Soc. Lond. A*, 317, 511–543.

Keller, F., Hunter, M.S. and Robinson, D. L. (1953). *J. Electrochem. Soc.*, 100, 411–419.

Paolini, G., Masaero, M., Sacchi, F. and Paganelli, M. (1965) *J. Electrochem. Soc.*, 112, 32–38.

Nielsch, K., Choi, J., Schwirn, K., Wehrspohn, R.B. and Gösele, U. (2002). *Nano Lett.*, 2, 677–680.

Thompson, G.E. and Wood, G.C. (1983). *In Treatise on Materials Science and Technology*, (ed. J.C. Scully), Academic Press New York, Vol. 23, pp. 205–329.

Elaboración de un biofungicida a base de cola de caballo (*equisetum arvense*) por medio de tres técnicas

ARREGUIN-SOTO Javier*†, CORTÉS-PÉREZ, Víctor Antonino y RAMOS-AGUILAR, Maribel

Instituto Tecnológico Superior De Salvatierra, Carrera de Innovación Agrícola Sustentable, Calle Manuel Gómez Morín 300, Colonia Janicho, Salvatierra, Guanajuato, México. C.P 38933

Recibido 7 de Enero, 2017; Aceptado 16 de Marzo, 2017

Resumen

de caballo (*Equisetum arvense*) ya que es una hierba perenne, rizomatosa, robusta y áspera al tacto, debido a la presencia de incrustaciones de sílice. Los tallos son erectos, de hasta 3-4 m. de altura, de color verde o verde grisáceo, con estrías longitudinales; de ellos emergen ramificaciones verticiladas. Esta hierba puede ser encontrada en zonas húmedas como orillas de ríos, arroyos y arenosas de nuestro territorio (Santana, 2014). La *E. arvense* contiene una Saponina toxica para los hongos llamada equisetonina y acido silícico, que favorece la estructura de la planta.

Equisetonina, *Equisetum arvense*, fungicidas

Abstract

The following research focuses on horsetail (*Equisetum arvense*) as it is a perennial herb, rhizomatous, robust and rough to the touch, due to the presence of silica inlays. The stems are erect, up to 3-4 m. Tall, green or greyish green, with longitudinal grooves; From them emerge verticillated branches. This herb can be found in moist areas such as river banks, streams and sandy areas of our territory (Santana, 2014). *E. arvense* contains a fungal saponin called equisetonin and silicic acid, which favors the structure of the plant.

Equisetonina, *Equisetum arvense*, fungicides

Citación: ARREGUIN-SOTO Javier, PÉREZ-CORTÉS, Víctor Antonino y RAMOS-AGUILA, Maribel. Elaboración de un biofungicida a base de cola de caballo (*equisetum arvense*) por medio de tres técnicas. Revista de la Invención Técnica 2017. 1-1:27-31

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: jaarreguin@itess.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Santana (2014) nos dice que muchas especies de plantas tienen la capacidad de repeler o tolerar el ataque de algunas plagas, pues su constitución genética, el ambiente en que ellos se desarrollan y algunas sustancias químicas internas así lo permiten. Cuando se extraen esas sustancias de las plantas, ya sea utilizando agua o alcohol, se obtienen extractos que pueden ser utilizados para el combate de algunas plagas. Además de estos componentes posee también flavonoides los cuales son isoquercitósido, galuteolina o equisetina. Cabe destacar su riqueza en determinados ácidos orgánicos siendo estos la nicotina, palustrina o dimetilsulfona. Todos estos componentes hacen que la cola de caballo sea uno de los fungicidas más eficaces en agricultura ecológica. Incluso se le reconoce cierta acción insecticida contra pulgones y araña roja (Anónimo, 2013). La FAO en el 2013 expresa que los biopreparados pueden ser usados en programas de manejo integrado de plagas (MIP) en complemento con otras prácticas culturales debido a esto los biopreparados que se presentan incluyen, biofertilizantes (abonos), biofungicidas (para control de enfermedades) y bioinsecticidas para el manejo de insectos plaga, ya que los biopreparados pueden ser preparados por los agricultores, utilizando insumos sencillos con procedimientos caseros.

Justificación

Considerando los efectos negativos de los plaguicidas sintéticos sobre la calidad del ambiente; plantas, suelo y agua, y a manera de dar nuevas propuestas en la elaboración de fungicidas empleados en el control de fitopatógenos (ejemplo, royas, tizones y carbones) se propone la generación de un extracto orgánico a base de cola de caballo para su control.

Problema

Hoy en la actualidad el uso de fungicidas de origen no orgánico en la agricultura, es una de las principales fuentes de contaminación dentro de los agroecosistemas, los cuales llegan a degenerar drásticamente la microbiota de los suelos en sistemas agrícolas. El uso constante de estos productos causa la contaminación del agua con algunos compuestos carcinógenos y otros venenos que afectan al ser humano y a muchas formas de vida. Con el uso de nuevas tecnologías dentro de la agricultura como lo es la agricultura orgánica, se ayuda a remediar la contaminación de agua y suelos, así como a la sustitución gradual de fungicidas no orgánicos.

Hipótesis

De los tres métodos: destilación, cocción y maceración; para la extracción de Equisetonina a partir de cola de caballo (*Equisetum arvense*) el que da mayor rendimiento de extracción es el de destilación.

Objetivos

Objetivo General

Desarrollar y comparar tres métodos: destilación, cocción y maceración; para la extracción de Equisetonina a partir de cola de caballo (*Equisetum arvense*) que sirvan como posibles fungicidas para la prevención y erradicación en el crecimiento de hongos foliares.

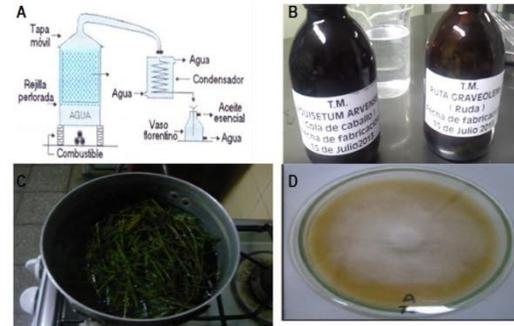
Objetivos específicos

- Desarrollar y comparar tres métodos: destilación, cocción y maceración; para la extracción de Equisetonina a partir de cola de caballo (*Equisetum arvense*) que sirvan como posibles fungicidas para la prevención y erradicación en el crecimiento de hongos foliares.
- Determinar cuál de los tres métodos aporta una mayor concentración de Equisetonina.
- Probar la eficiencia en la prevención y erradicación con *Equisetum arvense* en hongos foliares en el cultivo de calabaza (*Cucurbita pepo*).

Metodología de Investigación

El método de extracción e investigación de la Equisetonina, se llevara a cabo en las instalaciones del laboratorio de química del Instituto Tecnológico Superior de Salvatierra, en los meses de septiembre y octubre del presente año, comprendidos por el medio de destilación el cual fue utilizado por Flórez (2014) y modificado para el presente trabajo (ver figura A). En el método de maceración utilizado por Cordero (2013) y modificada para el presente trabajo consiste en colocar la cola de caballo a reposar en agua destilada por 48 horas (ver figura B). Y por último el método de cocción utilizado por Humpire (2012) y modificada para el presente trabajo consiste en picar las hojas de cola de caballo y ponerla a reposar por 12 horas para posteriormente hervirla por 10min (ver figura C). Posteriormente se prepararan los medios de cultivos en el cual se colocaran las esporas dentro del medio de cultivo, el cual será PDA (Agar Dextrosa Papa), de acuerdo a la técnica propuesta por Sosa-Moss (1997), y modificada para el presente trabajo (ver figura D).

Concluido estos pasos se procede a hacer las pruebas de efectividad del extracto el cual se llevara a cabo con la extracción de los hongos del medio de cultivo haciendo una solución en la cual se agregara una parte el extracto de *Equisetum arvense* y la otra no se aplicara ningún inhibidor.



A= Destilación, B= Macerado, C= Cocción, D= Cultivo

Figura 1

Resultados

El método de maceración fue el más viable debido a que fue el método en el cual se extrajo un compuesto oleaginoso el cual tuvo una relación de 128 gr de macerado se extrae 2.5 gr (Ver tabla 1). Siendo constante la recuperación de extracto en las posteriores repeticiones.

Destilación	Solvente	fuelle de calor	gr de solución	gr de extracto	Tiempo
D1	Alcohol	Mechero de alcohol	128 gr	2.5 gr	45 min
D2	Alcohol	Mechero de alcohol	128 gr	2.5 gr	45 min
D3	Alcohol	Mechero de alcohol	128 gr	2.5 gr	45 min
D4	Alcohol	Mechero de alcohol	128 gr	2.5 gr	45 min

Destilación	Solvente	fuelle de calor	gr de solución	gr de extracto	Tiempo
D1-1	Alcohol	Baño maria	128 gr	1.1 gr	45 min
D2-2	Alcohol	Baño maria	128 gr	0.9 gr	45 min
D3-3	Alcohol	Baño maria	128 gr	1.0 gr	45 min

Tabla 1

Maceración	Solvente	fuelle de calor	gr de solución	gr de extracto	Tiempo
M1	Agua destilada	Mechero de alcohol	128 gr	0	4.5 Horas
M2	Agua destilada	Mechero de alcohol	128 gr	0	4.5 Horas
M3	Agua destilada	Mechero de alcohol	128 gr	0	4.5 Horas

Tabla 2

Cocción	Solvente	fuelle de calor	gr de solución	gr de extracto	Tiempo
C1	Agua destilada	Mechero de alcohol	128 gr	0	4.5 Horas
C2	Agua destilada	Mechero de alcohol	128 gr	0	4.5 Horas
C3	Agua destilada	Mechero de alcohol	128 gr	0	4.5 Horas

Tabla 3

Temperatura (°c)	Harina (gr)	Solvente	N. de repeticiones
Ambiente	28	Etilico	2
Ambiente	30	Etilico	2
Ambiente	32	Etilico	2
25	28	Etilico	2
25	30	Etilico	2
25	32	Etilico	2
30	28	Etilico	2
30	30	Etilico	2
30	32	Etilico	2
Ambiente	28	Propilico	2
Ambiente	30	Propilico	2
Ambiente	32	Propilico	2
25	28	Propilico	2
25	30	Propilico	2
25	32	Propilico	2
30	28	Propilico	2
30	30	Propilico	2
30	32	Propilico	2

Tabla 4

Debido a los resultados nulos (ver tabla 2 y 3) que se obtuvieron en las extracciones con agua siendo este el solvente. Se determinó a utilizar alcohol etílico de 96° como lo marca Santana (2014) para hacer el método de extracción siendo este solvente más efectivo el cual lograba extraer el color de la *Equisetum* dentro de la solución (ver figura 1).

Se aconseja pulverizar la cola de caballo para tener una mejor manipulación para hacer el pesaje y los métodos de extracción.

Conclusiones

Dentro de los tres métodos utilizados no se tuvo una extracción con ninguno de los métodos debido a que el solvente (agua tridestilada) a utilizar no logra extraer ningún ingrediente activo, debido a esto se optó por utilizar el alcohol etílico de 96° con el método de maceración el cual logra extraer compuestos oleaginosos. Los cuáles serán analizados para determinar si se encuentra la saponina (*Equisetonina*) dentro del extracto

Referencias

- FAO. 2013. Los biopreparados para la producción de hortalizas en la agricultura urbana y periurbana. 37p.
- Santana Mayorga R. 2014. Tesis para la obtención de grado. Evaluación de métodos de extracción y dosis de aplicación de cola de caballo (*equisetum arvense*) para el control ecológico de roya (*puccinia* sp.) en el cultivo de cebolla blanca (*Allium fistulosum*). Universidad Técnica De Ambato. 94p.
- Hernández Rodríguez T. 2016. Fungicida a base de cola de caballo (*Equisetum arvense*). Universidad del Valle de México, Campus Hispano. 18p.
- Anónimo. 2013. Manual de insecticidas, fungicidas y fitofortificantes ecológicos. EcoTenda. 23p.
- Humpire Mendoza A. 2012. Guía técnica de asistencia técnica dirigida en manejo integrado de plagas en el cultivo de orégano. UNALM. 28p. Flórez A. et al. 2014. Introducción a la industria de los aceites esenciales extraídos de plantas medicinales y aromáticas. Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA). 33p.

Cordero Ceballos M. 2013. Cuadernillo No. 5 Control alternativo control alternativo de hongos. Asociación el bálsamo. 23p.

Sosa-Moss C. et al. 1997. Técnicas para el diagnóstico de enfermedades de las plantas. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). 215p. Santana Mayorga R. 2014. Evaluación de métodos de extracción y dosis de aplicación de cola de caballo (*equisetum arvense*) para el control ecológico de roya (*puccinia* sp.) en el cultivo de cebolla blanca (*allium fistulosum*). Universidad Técnica De Ambato: Facultad de ciencias agropecuarias. 94p.

Metodología para realizar análisis en condiciones extremas de los cables de guarda con fibra óptica para mejoramiento de su vida útil

JURADO-PEREZ, Fernando†, ALVARADO-MARTÍNEZ, José Juan, GONZÁLEZ-CABRERA, Néstor, TORRES-JIMÉNEZ, Jacinto.

Instituto Tecnológico Superior de Irapuato. Carretera Irapuato - Silao Km. 12.5, C.P. 36821 Irapuato, Gto.

Recibido 7 de Enero, 2017; Aceptado 15 de Marzo, 2017

Resumen

En la presente investigación se visualiza una revisión del desarrollo y del estado del arte de las condiciones extremas a las que son sometidos los cables de guarda con fibra óptica en los que se determina su desgaste ante las inclemencias climáticas. El cable está diseñado para ser instalado en las líneas de alta tensión y debido a sus características debe cumplir dos funciones indispensables, primero actuar como blindaje protegiendo las líneas que transmiten la energía eléctrica de descargas atmosféricas así como de eventuales cortocircuitos y la segunda que está constituido en un medio de comunicación a alta velocidad a través de las fibras ópticas. Derivado del desprendimiento de los hilos del cable lo cual es asociado a las descargas atmosféricas incidentes en las líneas de transmisión comúnmente ubicadas en las zonas montañosas.

Descargas atmosféricas (DA). Corto circuito CC Normativa IEC – NOM

Abstract

In the present investigation a review of the development of the extreme conditions to which the guard cables with fiber optics are subjected in which their wear is determined against the inclemency climatic. The cable is designed to be installed in the high voltage lines and due to its characteristics must fulfill two indispensable functions, first act as shielding protecting the lines that transmit the electrical energy of lightning as well as of eventual short circuits and the second that is constituted in a medium of communication at high speed through the optical fibers. Derived from the detachment of the cable wires which is associated to the atmospheric discharges incident on the transmission lines commonly located in the mountainous areas.

Atmospheric releases (DA). Short DC circuit IEC standard - NOM

Citación: JURADO-PEREZ, Fernando, ALVARADO-MARTÍNEZ, José Juan, GONZÁLEZ-CABRERA, Néstor, TORRES-JIMÉNEZ, Jacinto. Metodología para realizar análisis en condiciones extremas de los cables de guarda con fibra óptica para mejoramiento de su vida útil. Revista de la Invención Técnica 2017. 1-1:32-41

† Investigador contribuyendo como primer autor

Introducción

El cable de guarda con fibra óptica OPGW (por sus siglas en inglés) está diseñado para ser instalado en líneas de alta tensión y debido a sus características cumple dos funciones: Actuar como blindaje protegiendo a las líneas que transmiten la energía eléctrica de descargas atmosféricas y de eventuales cortocircuitos además se constituye en un medio de comunicaciones a alta velocidad a través de la fibra óptica.

La problemática o daño que se presenta en este tipo de cable es el desprendimiento de los hilos del cable generalmente asociado con la presencia e impacto de descargas atmosféricas que inciden en el cable lo cual se puede apreciar en la Fig. I y en especial en las líneas de transmisión cuyas trayectorias se ubican en zonas montañosas.

Los daños presentan características de altas concentraciones de energía localizadas en puntos específicos del cable, capaces de generar fusión y desprendimiento de hilos, la Fig. II muestra este efecto en el cable de guarda, para ello el fenómeno asociado posee una elevada energía en tiempos cortos o en menor energía en tiempos más largos. Se ha determinado que el primer caso está asociado con descargas atmosféricas y el segundo está asociado con condiciones de corto circuito (CC).



Figura 1 Efectos del desprendimiento de hilos del cable en las Líneas de alta tensión.



Figura 2 Efectos de la inducción de rayos, descargar atmosféricas y o bien cortocircuitos en los cables de guarda

Como se ha mencionado es necesario realizar el análisis y estudio del cable considerando la aplicación del fenómeno relacionado con descargas atmosféricas sobre el cable de guarda bajo condiciones controladas, con el fin de determinar en lo posible las causas de daño y medidas de solución.

Se sabe que las descargas atmosféricas representan un número considerable de las fallas que ocasionan las salidas de líneas de transmisión, por lo tanto es prioridad conocer el efecto que causa las descargas atmosféricas sobre el blindaje del cable en las torres de transmisión.

A nivel nacional las descargas atmosféricas representan el 45 % de fallas en los niveles de tensión 69 kV a 400 kV por lo tanto el uso de un buen blindaje en los sistemas eléctricos ayuda reducir significativamente los daños causados por las descargas atmosféricas.

La intención de utilizar la luz como soporte de una transmisión propuesta en 1880 por Alexander Graham Bell, el cual utilizó un haz de luz en el que pretendía llevar información, pero se dedujo que la transmisión de ondas de luz por la atmosfera de la tierra no era práctica debido al vapor de agua, oxígeno y partículas de aire absorben y atenúan las señales en la frecuencias de luz.

Los sistemas de comunicación óptica tienen un primer referente hacia 1970, cuando se detectó lo ineficiente que sería el cable de cobre ante el cable de fibra óptica para redes de comunicación. De tal forma que la industria de las telecomunicaciones invirtió en la investigación que derivó en la fibra óptica. Siendo una atractiva opción en las líneas de transmisión alámbricas tal cual es el cable de par trenzado y coaxial.

Así por lo tanto se ha investigado la forma de transmitir usando una línea de transmisión de alta confiabilidad que sea capaz de soportar perturbaciones desde el exterior, una guía llamada fibra óptica la cual transmite información.

A continuación se describe algunas de las investigaciones referentes al desarrollo del cable de guarda con fibra óptica.

Revisión del estado del arte

(Meya & V. Chatziathanasioub, 2012) Propone una fórmula teórica simple para el cálculo de la conductividad térmica eficaz. El método se verifica mediante simulaciones numéricas y resultados experimentales.

(Peres, Guerreiro das Neves, Almeida, & Maló Machado, 2013) Propone un método preciso, ya que se tienen en cuenta los efectos de proximidad entre los conductores. La validación del método se realiza mediante la comparación experimental con un software profesional y los resultados analíticos con los obtenidos utilizando el método numérico propuesto. Un condensador no concéntrico cilíndrico se utiliza para la validación analítica y un cable de alimentación trifásica se utiliza en las pruebas experimentales.

(Dmitriev & Gonzalez, 2013) Presenta un análisis térmico-eléctrico de cables de alambre de tierra óptico en régimen de cortocircuito.

La investigación se realiza por medio de las ecuaciones acopladas, es decir, los efectos eléctricos y térmicos se analizan simultáneamente. Este análisis eléctrico se basa en la teoría del campo electromagnético donde se tienen en cuenta el efecto pelicular y de proximidad. Así como para el análisis térmico, se utilizan los principios de transferencia de calor por conducción y el equilibrio térmico. El análisis se realiza para tres tipos de cables, Uno de ellos es un cable existente y los dos cables propuestos son modificaciones del existente. La densidad de corriente y la distribución de la temperatura en las secciones transversales de estos cables se presentan y analizan.

(Lu, Liang, Binglin, & Guo, 2014) Propone un sistema de prueba con un ánodo eléctrico con alta corriente pulsada y un electrodo negativo se adopta para formar el sistema de impulso de rayo con el tiempo de duración de 200 ms para la simulación. Se considera un proceso de liberación de calor en la posición de rayo, y un sensor de temperatura de fibra óptica distribuida (DOFTS por sus siglas en inglés) se emplea para localizar el rayo. En el experimento, el rayo simulado con 100 C y 200 C de descarga eléctrica, pero en la parte interior del OPGW el aumento de la temperatura captada por el DOFTS es de sólo varios grados Celsius y el límite de la resolución espacial de los DOFTS. Los resultados experimentales demuestran que DOFTS tiene un excelente potencial para el mantenimiento de línea de transmisión de energía eléctrica y es importante para mejorar la resolución espacial para aplicaciones adicionales de DOFTS en ingeniería.

(Jie & Gang, 2009) Propone un algoritmo de integración para analizar las propiedades térmicas de compuestos de cables de tierra de fibra óptica OPGW.

Este método puede resolver el efecto piel por la función de distribución y estado inicial por cálculo numérico, y el rendimiento de intercambio de calor durante el corto circuito de impulso de corriente. Los resultados del experimento muestran que el método propuesto es preciso y eficaz. Aplicando el método propuesto para varios cables tipo tierra el cual se utiliza a menudo, la relación entre sus propiedades de estructura, material y térmicas se analiza en detalle. Los resultados del análisis muestran que el análisis de la propiedad térmica es importante en la elección del tipo de productos OPGW y su operación y mantenimiento.

(Nassereddine, Hellany, & Rizk, 2014) Presentan un cable de tierra óptico en el cual combinan las funciones de conexión a tierra y de comunicaciones para la línea de transmisión de energía. Las piezas de conexión a tierra lo exponen a la tierra potencialmente de aumento. Las partes de comunicaciones requiere la unión de la fibra óptica para garantizar la continuación de la señal entre los extremos. Además analizan la mitigación para asegurar cumplimientos de seguridad.

(Martin Regalado Josep, Bertaina, & Provost, 2014) Este trabajo presenta una solución al OPGW adecuada para las condiciones de instalación extremas donde se requiere una atenuación baja y una alta longitud extraordinaria de cable de fibra. El diseño de cable se basa en un tubo con orificio pequeño centrado en el PBT con fibras ópticas insensibles 24 G.652D de plegado dentro de un tubo de aluminio extruido. Una longitud de fibra en exceso (EFL) de 0,9% permite conseguir el requisito de tensión cero fibra (<0,05%) a 95% de la resistencia a la rotura del cable. Las fibras cableadas muestran coeficientes de atenuación por debajo de 0,20 / 0,22 dB / Km @ 1550/1625 nm.

(Kang, Jing Jing , & Gang Qian, 2013) Presentan un enfoque a mejorar las propiedades geométricas de la fibra óptica durante la fabricación de gran tamaño pre-forma de la fibra óptica. Analizan el proceso de sintonización de OVD. Basado en las propiedades térmicas de vidrio de cuarzo, la relación de la temperatura de sintonización y la transición vítrea a la par se estudió la temperatura (Tg). Mediante la mejora de los equipos de sintonización y el proceso de sintonización, las propiedades geométricas de la fibra óptica se han optimizado, y finalmente verifican el resultado de la fibra óptica.

(Lu, Binglin , & Jinghong , 2014) Presentan un cable de tierra de fibra óptica el cual utilizan como la línea de tierra para proteger los instrumentos de energía eléctrica y también como una línea de transmisión de información para la comunicación del sistema de energía eléctrica. De tal modo visualizar una manera eficaz de supervisar el estado del OPGW, a fin de evitar algunos de los peligros posibles que pueden conducir fallo de alimentación o proporcionar la recuperación de energía rápida después de que ocurre la falla. Por lo tanto proponen sensores de fibra óptica distribuidos a lo largo del cable para un mejor mantenimiento del cable, debido a que se puede controlar la confiabilidad de la transmisión de fibra óptica lineal y detectar la temperatura y / o la tensión a lo largo del cable.

(Nishimura, D. Cicarelli, & Rudy Arellano, 2006) Presenta la puesta en marcha de la instalación del OPGW en la línea de transmisión existente en la cual se desarrolla una metodología llamada "Carrier" la cual consiste en el uso de un portador autopropulsado que se desliza sobre el alambre de conexión a tierra existente, mientras es jalado de una cuerda y apoyado con posicionamiento de varias poleas dobles.

El OPGW se encadena mediante poleas y luego reemplaza el cable de tierra existente en su caso. En este trabajo se describe la experiencia de varios encordados OPGW, incluyendo la metodología y herramientas utilizadas, las ventajas y los principales resultados obtenidos. Además, se muestra cómo se llevó a cabo la formación del equipo y las medidas de seguridad emprendida.

(Aguiar & Soteldo Pérez, 2006) Presenta el historial de CVG EDELCA que ha construido líneas aéreas de transmisión que emplean cables similares en lugar del cable de tierra convencional, y hoy en día, representa la tarea de reemplazar el cable de tierra convencional por cable OPGW en aproximadamente 1.366 kilómetros de líneas de transmisión en vivo por encima. Es importante revisar las normas, recomendaciones de los fabricantes, las configuraciones de cable OPGW, selección de materiales y pruebas de criterios de aceptación, con el fin de tenerlas en cuenta para la realización de especificaciones de ingeniería del cable de tierra óptico, y de esta manera, para asegurar la calidad de la transmisión de datos y el comportamiento electromecánico del cable, de acuerdo a los requisitos ópticos, físicos, eléctricos y mecánicos del proyecto.

(Du, Zhang, & Wenbo, 2006) Presenta la utilización de un OPGW como un pararrayos para líneas de transmisión de energía eléctrica, en donde la caída de rayos son inevitables, ya que a menudo causan el deshila-miento del OPGW o bien se rompan. Estos accidentes son graves amenazas para la transmisión de información normal. Basado en el fenómeno de la caída de rayos incidentes en el OPGW, este documento confirma que la alta temperatura del arco y de las formas de trueno es la razón principal de roturas de alambre, que analiza los factores del efecto de rotura de hilo en diferentes condiciones y las medidas de protección de cables eléctricos.

(Ali & Ahmad Alvi, 2008) Presenta un enfoque industrial referente a KESC empresa de servicios eléctricos involucrados en Generación, Transmisión y Distribución de Energía Eléctrica en Karachi, Pakistán. El número total de consumidores de KESC hasta la fecha es de alrededor de 2,0 millones de dólares. KESC comenzó a instalar OPGW para proporcionar datos al sistema SCADA en 1998 y hasta el año 2006 se instala alrededor de 151 kilómetros OPGW. Estos cables OPGW conectan el sistema SCADA de 8 centrales de generación, incluyendo las estaciones de generación de KESC y 56 estaciones de la red de productores independientes. En el curso de la prueba y la vigilancia de la OPGW instalado, se reveló que el OPGW instalado en varias líneas de transmisión ha sido dañado.

(Günday & Eser Karlık, 2013) Presentan el OPGW que se utiliza generalmente para proteger a los conductores de fase de los cables de tendido eléctrico de altas corrientes de descarga, debido a la caída de rayos y aumento de corriente instantánea debido a cortocircuitos o averías, así como para proporcionar la transmisión de datos para fines de telecomunicaciones. Cables OPGW expuestos a efectos de los factores ambientales como el viento, la lluvia, la humedad y la nieve así como los efectos de refrigeración / calefacción de cortocircuitos y aumenta la corriente instantánea que ocurren en el conductor de fase. Cuando el cable OPGW está expuesto a esos efectos, las deformaciones se producen en el aislamiento del cable, por él, en el tiempo de exposición al disturbio de temperatura. El estudio se referencia en el efecto Raman basado (DTS), que implica los tópicos de la temperatura y las variaciones térmicas de deformación que se producen a lo largo de la OPGW.

(Yuqing, Xi, & Chen, 2015) Presentan el campo de aplicación de la forma compuesta del OPGW el cual ayuda a evitar los desastres y reducir las pérdidas, y a operar la seguridad de la línea de transmisión. En este trabajo presentan un esquema de fusión del hielo, logrado a través de la combinación de un nuevo cable de tierra OPGW y la tecnología de medición de temperatura de fibra óptica distribuida, Investigaron como resolver el problema de la fusión del hielo y control de la temperatura del cable de tierra. Primeramente se introdujo la estructura básica de OPGW esquema de fusión del hielo, y luego se centra en las características de distribución y variación de la temperatura de fusión del hielo del nuevo cable de tierra OPGW. Y en tercer lugar, a través de un análisis exhaustivo de los elementos de convección de calor en el campo de temperatura de fusión de hielo y los elementos de tiempo de la fusión del hielo, por encima de estos, se ha propuesto un esquema bien diseñado en combinación con la tecnología con enfoque en la temperatura de fibra óptica distribuido mediante medición y la estructura OPGW incrustada, que puede adaptarse para controlar con eficacia el proceso de fusión del hielo del cable a tierra, para ajustar las estrategias de fusión en tiempo real, y para acortar el tiempo de fusión.

(Xie Shu-Hong, Ri-Sheng, & Yong-Jun, 2013) Proponen en esta investigación la capacidad de soportar la caída de rayos por cables OPGW utilizando ultra alto voltaje (UHV) de líneas de transmisión de energía. Con los mismos días de tormenta promedio anual, el promedio de la carga eléctrica transferida a 1000 kV de mayor magnitud que la de 500 kV. y se determino un mejoramiento del rendimiento del OPGW contra la caída de rayos es utilizar un alambre trenzado estructural todo de acero revestido aluminio, y para aumentaron el diámetro de los alambres de la capa exterior tanto como sea posible.

Hay tres tipos de cables OPGW con diferentes estructuras las cuales han sido diseñadas y fabricadas para líneas de transmisión UHV. Las pruebas arco de potencias simuladas al relámpago en ambos casos con 200 y 250 Coulomb (C) las transferencias de carga se llevan a cabo en tres tipos de muestras. Después de todas las pruebas, casi no hay aumentos de atenuación de la fibra monomodo en longitud de onda de 1550 nm.

(Iwata, Ohtaka, & Kuzuma, 2012) Presentan que algunos hilos metálicos del OPGW a veces se funden y se rompen por la caída de rayos. De tal manera, se han realizado pruebas de arco de corriente continua que simulan la caída de rayos para obtener su fusión y características de ruptura. Se realizó una investigación sobre los cálculos con respecto a estas características de fusión y realizan teniendo en cuenta el calor transferido y su área desde el arco a los hilos. Las características de fusión de hilos se calculan con una corriente de arco de 0,1 a 100 kA, teniendo en cuenta la corriente prescrita en la norma IEC y la corriente de rayo real medida. Los resultados del cálculo de la duración de fusión de los hilos en función de la corriente de arco muestran un buen acuerdo con los valores experimentales obtenidos en pruebas de arco de CC.

(Karabay, 2013) Propone una nueva generación de OPGW para soportar fallas en las pruebas de rayos y la superación de sus efectos destructivos. La estructura compuesta diseñada para líneas de transmisión de Turquía se compone de seis alambres de acero galvanizado, un tubo de acero inoxidable con fibras de vidrio y 12 múltiples alambres de aluminio AA6101 aleación. Las muestras de prueba de prototipo OPGW logran pasar con éxito los requisitos de cortocircuito, pero no en las pruebas de caída de rayos.

En consecuencia, una modificación material se aplica por la alimentación 3% aleación madre AIB2 como una varilla de 9,5 mm en el metal fundido cuando el metal fluye desde el horno de fusión en el registro vertical del molde de fundición.

(Iwata, Ohtaka, & Kuzuma, 2013) Presenta una deducción que algunas de las cadenas de cable de tierra de fibra óptica compuesta (OPGW) a veces se funden y se rompen por la caída de rayos de alta energía. Se han realizado pruebas con arco de corriente continua que simulan la caída de rayos para obtener la fusión y características de rotura de los hilos de alambre del OPGW. Las pruebas tienen que ser realizadas bajo muchas condiciones relativas a la del arco (por ejemplo, la duración, la polaridad, longitud de hueco de corriente) y el caso del OPGW (por ejemplo, el tamaño, el tipo y número de hilos) para aclarar la fusión y las características de ruptura de los hilos. Asu vez presenta, los cálculos sobre las características de fusión de las cadenas se llevan a cabo teniendo en cuenta el calor transferido y su área desde el arco potencia en los hilos con las condiciones previamente mencionadas. Las características de fusión de los hilos se calculan con una corriente de arco de 1-100 kA teniendo en cuenta la corriente medida de un rayo real. Los resultados del cálculo de la duración de la fusión de los hilos de alambre del cable muestran estar en acuerdo con los valores experimentales obtenidos en las pruebas de arco de corriente continua.

(Mikimasa Iwata, Ohtaka, & Goda, 2014) Mencionan que algunos hilos metálicos de cable de tierra (GW) y el cable de tierra de fibra óptica compuesta (OPGW) a veces se funden y se rompen por la caída de rayos de alta energía. Así, se han realizado pruebas de corriente directa (DC) de arco simulando la caída de rayos de alta energía para obtener la fusión y características de ruptura de los hilos.

En este trabajo, los cálculos con respecto a estas características se realizan teniendo en cuenta el calor transferido y su área desde el arco de las de potencia enfocado en el cable. La fusión/rompimiento característica de los hilos metálicos es calculado para corrientes de arco de 0,1 a 100 kA, teniendo en cuenta la actual prescrito en la norma IEC y la corriente del rayo real medida.

Normativa

El análisis de condiciones extremas debido a las descargas atmosféricas en las que se inmersa la incidencia del cable de guarda OPGW que es un tipo de cable que está diseñado para ser instalado en líneas de alta tensión y que por sus características cumple funciones de blindaje en las líneas de transmisión y comunicación. El uso de un buen blindaje en los sistemas eléctricos de potencia es de suma importancia dado que se busca reducir los daños que causan las descargas en el sistema de transmisión, por lo tanto este tipo de protección ayuda a contemplar aspectos constructivos los cuales deberán estar dentro de la normativa y de este modo obtener una línea de transmisión segura y flexible.

En la protección de un sistema referente a las líneas de transmisión es conveniente conocer las variaciones del clima, debido a la presencia de sobretensiones inducidas por las descargas o sobretensiones por apertura y cierre de interruptores. De tal modo en las líneas de transmisión se logra por medio de los hilos de guarda que son conductores desnudos generalmente cables de acero que protegen de descargas atmosféricas los cuales son conectados a la red de tierra. El cálculo de la tensión a la que es inducida en los cables de fase, por una descarga atmosférica se desarrolla de la siguiente forma:

$$V = \frac{ZcIc}{2} \quad (1)$$

Dónde:

Z_c = impedancia característica del conductor

I_c = corriente de rayo captada a partir de la curva de distribución de la corriente.

Sin embargo aun contando con un buen blindaje existe la probabilidad de que un rayo incida en un cable conductor en una de las tres fases de las líneas de transmisión lo cual se debe a:

- El tipo de magnitud de la descarga
- La topología del terreno
- Diseño del blindaje

El mecanismo de ruptura del aislamiento de los conductores asociado a la incidencia directa de la descarga en la línea, es lo que coloquialmente se conoce como descarga disruptiva (Flameo) en la Figura III se puede apreciar el tendido de un hilo de guarda con protección tipo OPGW.

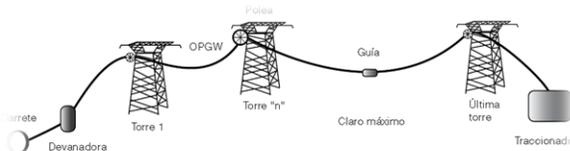


Figura 3 Esquema del tendido de una línea de transmisión

Según datos de investigaciones el 40 % de los impactos incidentes de un rayo se puede clasificar como descargas en el punto medio del claro y un 60 % inciden sobre las torres de transmisión.

Las corrientes críticas que producen la descarga disruptiva o flameo en este punto medio del claro que exceda al valor I_{cs} producirá descarga disruptiva en la cadena de aisladores de una torre adyacente el valor crítico del flameo se puede obtener de la siguiente forma:

$$I_{cs} = 2V_{cf} / Z \quad (2)$$

Dónde:

V_{cf} = Tensión crítica del flameo o bien voltaje al 50% de Probabilidad de flameo

Z = Impedancia característica de la línea

Por lo tanto el valor de V_{cf} o $V_{50\%}$ se determina como:

$$V_{cf} = NBI / 0.961 \quad (3)$$

Los métodos aplicados a las líneas de transmisión indican que captara todas las descargas eléctricas dentro de un ancho W dado por la ecuación siguiente:

Para un tramo 100 km.

$$A = 0.1W \text{ km}^2 \quad (4)$$

Siendo el ancho W

$$W = b + 4H \text{ (m)} \quad (5)$$

b = distancia de separación de cables de guarda

$$H = H_g - \frac{2}{3}(H_g - H_{gm}) \quad (6)$$

H_g = Altura del cable a la torre (m)

H_{gm} = Altura del cable de guarda en el punto medio del claro

Si la densidad del rayo a tierra en la región, es N_g rayos/ km^2 , entonces el índice de líneas de salidas de la línea para descargas en el punto medio es por lo tanto

$$N_{ms} = 0.04 N_g W P(I_{cs}) \quad (7)$$

$P(I_{cs})$ = probabilidad de exceder a la corriente I_{cs} .

N_g = Densidad de rayos a tierra

Así N_g representa

$$N_g = 0.04 DT^{1.25} \quad (8)$$

Donde

DT .- Nivel cerámico

N_g –Densidad de rayos a tierra

Los datos anteriores se pueden obtener de los mapas cerámicos. En la Figura IV se observa cómo impacta un rayo en la fase de una línea de transmisión.

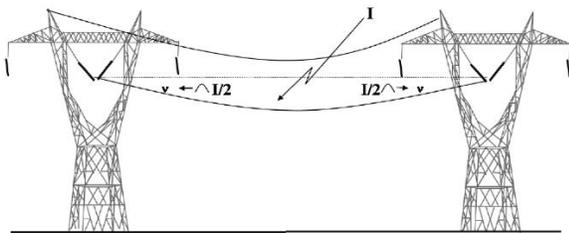


Figura 4 Impacto de rayo en una fase

Dentro de la normativa se analiza la revisión de las pruebas en laboratorio para valoración del cable OPGW antes de su puesta en servicio.

Definición del arreglo de pruebas de laboratorio que considere la aplicación de prueba al desempeño de la tensión y con corriente directa que sea suficiente para generar las condiciones de energía requeridas por la normalización internacional y reproducción de daño en el cable OPGW.

Un análisis de datos obtenidos en las pruebas de laboratorio, que permitan dilucidar el fenómeno físico que ocasiona el daño en el OPGW, presentado bajo condiciones de actividad atmosférica. En la segunda sección se abordarán los tópicos que determinarán y fortalecerá el análisis de las condiciones extremas de los cables de guarda.

Referencias

Aguiar, A. M., & Soteldo Pérez, M. (2006). Experience in OPGW Cables Selection for Overhead Transmission Live Lines. *Transmission & Distribution Conference and Exposition: Latin America. IEEE/PES*, 1-6.

Ali, S. A., & Ahmad Alvi, B. (2008). OPGW – Our Experience in KESC. *IEEE Electrical Power & Energy Conference*, 1-6.

Dmitriev, V., & Gonzalez, L. (2013). Electrical and thermal analysis on optical ground wire cables in. *Electric Power Systems Research, ELSEVIER*, 80-87.

Du, T., Zhang, Y., & Wenbo, X. (2006). Study on the Problem of Lightning Strike. *International Conference on Power System Technology*, 1-4.

Günday, A., & Eser Karlık, S. (2013). Optical Fiber Distributed Sensing of Temperature, Thermal Strain and Thermo-Mechanical Force Formations on OPGW Cables under Wind Effects. *Electrical and Electronics Engineering*

Iwata, M., Ohtaka, T., & Kuzuma, Y. (2012). Analytical investigation on OPGW strands melting due to DC arc discharge simulating lightning strike. *Lightning Protection (ICLP), 2012 International Conference IEEE*, 1-5.

Iwata, M., Ohtaka, T., & Kuzuma, Y. (2013). Development of a Method of Calculating the Melting. *IEEE TRANSACTIONS ON POWER DELIVERY*, 1314-1321.

- Jie, L., & Gang, L. (2009). Study on the thermal stability of OPGW Under Large Current Condition. *IEEE COMPUTER SOCIETY*, 629-635.
- Kang, X., Jing Jing, C., & Gang Qian, Y. (2013). Study on Influence of Optical Fiber Preform Manufacturing. *Proceedings of the 62nd IWCS Conference*, 438-441.
- Karabay, S. (2013). Modification of Conductive Material AA6101 of OPGW. *Journal of Mechanical Engineering*, 451-461.
- Lu, L., Liang, Y., Binglin, L., & Guo, J. (2014). Experimental study on location of lightning stroke on OPGW by means. *Optics & Laser Technology*, 79-82.
- Lu, L., Binglin, L., & Jinghong, G. (2014). Maintenance of the OPGW Using a Distributed. *International Conference on Power System Technology*, 1251-1256.
- Martin Regalado Josep, Bertaina, A., & Provost, L. (2014). Low Attenuation and High Excess-Fiber Length OPGW. *Proceedings of the 61st IWCS Conference*, 329-334.
- Meya, G. d., & V. Chatziathanasioub. (2012). A theoretical model for effective thermal conductivity of multicore power cables. *Electric Power Systems Research, ELSEVIER*, 70-78.
- Mikimasa Iwata, Ohtaka, T., & Goda, Y. (2014). Calculation of melting/breaking of GW and OPGW strands struck by DC arc discharge simulating high energy lightning. *Electric Power Systems Research, ELSEVIER*, 70-78.
- Nassereddine, M., Hellany, A., & Rizk, J. (2014). Optical Ground Wire (OPGW) Jointing and Safety. *Power Engineering Conference (UPEC), IEEE*, 1-5.
- Nishimura, F., D. Cicarelli, L., & Rudy Arellano, R. (2006). OPGW Installation in Energized. *Transmission & Distribution Conference and Exposition: Latin America IEEE/PES*, 1-8.
- Peres, J., Guerreiro das Neves, M., Almeida, M., & Maló Machado, V. (2013). Accurate numerical method to evaluate the capacitances of. *Electric Power Systems Research*, 184-191.
- Xie Shu-Hong, Ri-Sheng, Y., & Yong-Jun, X. (2013). Study of OPGW performance against lightning strikes for 1000 kv AC transmission line in China. *Journal International Association on Electricity Generation, Transmission and Distribution*, 26-31.
- Yuqing, L., Xi, C., & Chen, L. (2015). Study On a New and High Efficient OPGW Melting. *2nd International Conference on Information Science and Control Engineering*, 480-484.

Sistema de ayuda a la gestión del mantenimiento de maquinaria y vehículos en un Distrito de Riego

FLORES-CARBALLO, Alba Nohemí*†, PÉREZ-OSUNA, Sergio, CARBALLO-MENDÍVIL, Blanca y ARELLANO-GONZÁLEZ, Alejandro

Instituto Tecnológico de Sonora. Calle 5 de Febrero 818, Centro, Urb. No. 1, 85000 Cd Obregón, Son.

Recibido 11 de Enero, 2017; Aceptado 16 de Marzo, 2017

Resumen

Se muestran los resultados de un proyecto de mejora en un distrito de riego del estado de Sonora, donde detectó un bajo desempeño del proceso de mantenimiento de maquinaria pesada y vehículos de transporte que utiliza para prestar sus servicios. Se utilizó una metodología de diseño que a partir de una conceptualización ideal del sistema de gestión del mantenimiento, permite la incorporación de buenas prácticas de modelos teórico-prácticos reportados en la literatura, para la creación de sistemas de ayuda que facilitan el monitoreo y control a través de una toma de decisiones basadas en datos obtenidos en tiempo real. El sistema de ayuda desarrollado en hojas de cálculo de Excel, además de incluir las funciones básicas de registro de operación y fallas como dato histórico, permite la programación del mantenimiento preventivo y el monitoreo del estado de indicadores de eficiencia y costo, representándolos de manera visual en gráficas dinámicas. El uso de este sistema permitirá la mejora de la gestión del mantenimiento, reduciendo tiempos de captura de datos y facilitando su interpretación para apoyar la toma de decisiones a nivel operativo y táctico.

Gestión del mantenimiento, Sistemas de soporte a decisiones, Metodología de Sistemas Suaves

Abstract

The results of an improvement project in an irrigation district in Sonora are shown, where it was detected a low performance of the maintenance process of heavy machinery and transportation vehicles used to provide its services. A design methodology was used that, based on an ideal conceptualization of the maintenance management system, allows the incorporation of good practices of theoretical-practical models reported in the literature, for the creation of support systems that facilitate the monitoring and control to Through decision-making based on data obtained in real time. The support system developed in Excel spreadsheets, in addition to the basic operations log and fault functions as historical data, allows the programming of preventive maintenance and monitoring of the status of indicators of efficiency and cost, visually representing them in dynamic graphs. The use of this system will allow the improvement of the management of the maintenance, reducing times of data capture and facilitating its interpretation to support the decision making at the operational and tactical level.

Maintenance management, Decision support systems, Soft Systems Methodology

Citación: FLORES-CARBALLO, Alba Nohemí, PÉREZ-OSUNA, Sergio, CARBALLO-MENDÍVIL, Blanca y ARELLANO-GONZÁLEZ, Alejandro. Sistema de ayuda a la gestión del mantenimiento de maquinaria y vehículos en un Distrito de Riego. *Revista de la Invención Técnica* 2017. 1-1:42-54

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: davd_francom@hotmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor

Introducción

El agua es un tema prioritario en todo el mundo ya que únicamente el 2.5%, es decir 35 billones de hm³, es agua dulce, y casi el 70% no está disponible para consumo humano porque se encuentra en glaciares, nieve y hielo; se estima que solamente el 0.77% es agua dulce accesible al ser humano. (Comisión Nacional del Agua - CONAGUA, 2016).

Entre los países del mundo con mayor extracción de agua para uso agrícola, industrial y de abastecimiento público, México se ubica en el séptimo lugar con una extracción total de 85.66 miles de hm³/año, de los cuales el 76.3% es de uso agrícola, principalmente para riego. Asimismo, ocupa el séptimo lugar a nivel mundial en superficie con infraestructura de riego.

Según CONAGUA (2014), el área con infraestructura para riego es de 6.5 millones de hectáreas aproximadamente, de las cuales 3.3 millones corresponden a 86 distritos de riego (DR) y los 3.2 millones restantes a más de 40 mil unidades de riego (UR).

Particularmente, los DR son proyectos de irrigación desarrollados por el Gobierno Federal desde 1926, año de creación de la Comisión Nacional de Irrigación, e incluyen diversas obras, tales como vasos de almacenamiento, derivaciones directas, plantas de bombeo, pozos, canales y caminos, entre otros (CONAGUA, 2016).

La capacidad productiva real de los DR depende directamente del estado físico de su infraestructura (2010). Por ello, más de la mitad del presupuesto de los DR se destina a la conservación y el mantenimiento de la infraestructura para realizar el control de la maleza en canales, drenes y caminos, principalmente mediante el método mecánico.

Sin embargo, en muchos casos, estos recursos económicos resultan insuficientes para sostenerla en condiciones óptimas, lo que se traduce en una baja en la eficiencia global del manejo del agua.

Uno de los DR establecidos en México, objeto de este estudio, está localizado en el estado de Sonora y presta servicios de operación, conservación y mantenimiento a la red mayor de canales, red de drenaje, caminos, a infraestructura complementaria, maquinaria y equipo que le fue permisionado por el gobierno federal a través de la CONAGUA para asegurar la entrega del agua a sus usuarios, los agricultores de la zona.

Estructuralmente hablando, este DR se compone tres divisiones organizacionales: administración, operación y conservación. Particularmente el área de conservación, que se encarga de mejorar y conserva la infraestructura hidráulica, cuenta con tres áreas funcionales: supervisión y obras, obras y proyectos, y maquinaria y taller, esta última relacionada intrínsecamente con la producción y la productividad de los DR, ya que tiene como fin asegurar el funcionamiento integral, no sólo de las unidades, sino de la maquinaria necesaria para dar servicio de conservación a los canales, caminos y sistemas de drenaje.

Este sistema de gestión del mantenimiento debe ser visto como un factor para mejorar la competitividad de la organización, asumiendo el reto es evolucionar del paradigma de la corrección a la práctica de la prevención, ya que el mantenimiento debe verse como un elemento clave de la competitividad en lugar de un mal necesario, al servir de soporte a la gestión de operación, lo cual tendrá un efecto de reducción de costos.

En el DR objeto de estudio, actualmente este sistema se encuentra en un estado de maduración tardío, comparándolo a modelos de gestión de mantenimientos propuestos por Viveros, Stegmaier, Kristjanpoller, Barbera y Crespo (2013) y García, González y Cortés (2009), donde en cada etapa del proceso de gestión puede aplicarse una herramienta de mejora distinta.

El modelo ideal para la gestión del mantenimiento indica que en una etapa de planeación se deben realizar análisis de la situación actual, jerarquización de equipos (RCM), análisis de puntos débiles en equipos y diseño de planes y recursos. La situación actual del DR objeto de estudio refleja que no existen indicadores que midan la efectividad de la gestión, la maquinaria clasificada por productividad, existe un desconocimiento de las fallas más comunes, y una planeación que se realiza sobre la marcha, con desconocimiento de recursos necesarios.

Por su parte, en la fase del hacer, el modelo ideal indica que se debería incluir una programación de las actividades y optimización de los recursos. En el DR objeto de estudio se hace una programación a corto plazo y se tiene un desconocimiento de la eficiencia en el uso de recursos.

Respecto a la mejora, el modelo ideal indica que se debe realizar una evaluación y control de la ejecución, y que debería de partir de un análisis del ciclo de vida de la maquinaria para establecer acciones de mejora. La realidad del DR estudiado indica que sólo se captura la información de actividades realizadas en el taller, pero no se utiliza para la toma de decisiones, como por ejemplo para saber cuándo se debe reemplazar la maquinaria que ya se encuentra depreciada.

Planteamiento del problema

Actualmente, en este sistema de gestión del mantenimiento en el DR objeto de estudio se identifican una serie de brechas respecto a los modelos ideales sobre esta actividad. Primeramente, se detectó que la planeación de las actividades se realiza sobre la marcha, por lo que la programación de limpiezas, cambios de aceite y componentes simples es a corto plazo, sin embargo, no existen planes de contingencia en caso de averías. Al no estar estandarizado ni documentado el proceso, un mantenimiento puede tardar desde unas horas (en caso de ser preventivo), y de entre uno y dos días hasta 15 o 30 días (mantenimientos correctivos).

Asimismo, se depende del operador como el encargado de verificar y reportar las condiciones de la maquinaria, y en algunas ocasiones esta tarea pasa desapercibida, lo que puede retrasar las actividades de mantenimiento correspondientes a la maquinaria asignada, lo que ocasiona que el gerente de mantenimiento tenga que ir por cuenta propia a hacer verificaciones pertinentes.

Por su parte, para dar evidencia de la ejecución de las actividades y el uso de recursos empleados en cada turno de trabajo en formatos de Microsoft Excel propuestos por el ingeniero de mantenimiento. Sin embargo, estos no son procesados ni utilizados en la toma de decisiones.

Respecto a los indicadores, se mide la eficiencia de la maquinaria, que indica las horas productivas por día, contemplando el tiempo en que la máquina está en condiciones para trabajar, lo cual permite identificar cuánto tiempo se encuentra detenida. No obstante, no se ha establecido algún otro indicador dentro del taller que evalúe la efectividad de las actividades de mantenimiento que ahí se realizan.

Dado lo anterior se plantea la siguiente pregunta: ¿Qué acciones deben implementarse para mejorar la gestión de las actividades del taller de mantenimiento y facilitar la toma de decisiones?

Objetivo

Desarrollar un sistema de ayuda con apoyo en la tecnología que permita la mejora de la gestión de las actividades de mantenimiento a la maquinaria y vehículos de transporte del Distrito de Riego.

Justificación

Para que un DR pueda realizar una entrega oportuna y suficiente de agua a los usuarios, y estos puedan desarrollar la actividad agrícola, se requieren adecuadas condiciones de su infraestructura hidroagrícola. Actualmente, para realizar estas actividades el DR objeto de estudio destina más de la mitad de su presupuesto a la conservación de canales, drenes y caminos, ya que la productividad depende directamente del mantenimiento de la maquinaria y el equipo utilizado en la realización de sus actividades. Con este proyecto se pretende empaquetar una solución que apoye a la organización en la gestión de este proceso de mantenimiento, considerando modelos de referencia y las buenas prácticas en esta actividad, lo cual permitirá obtener una mejora en la gestión y eficiencia de las operaciones del proceso de conservación en canales, drenes y caminos.

Desarrollar este proceso en un ambiente empírico como se ha venido ejecutando a la fecha, no sólo tiene un efecto directo con los costos de conservación, los cuales seguirán manteniéndose elevados o incluso podrían incrementarse, sino que repercute en los costos de servicio que se les da a los usuarios (agricultores), incrementando directamente los costos de producción de alimentos en la región e impactando de manera negativa en las familias, la competitividad de otras empresas que participan en el clúster agrícola, y para la economía en general.

Marco Teórico

A continuación, se presentan algunos aspectos teórico-metodológicos relacionados a la gestión del mantenimiento, así como algunos estudios referenciales realizados sobre el tema en diferentes sectores económicos.

La función del mantenimiento

De acuerdo con lo expuesto por Hernández, Carro, Montes de Oca y Fernández (2008), la función del mantenimiento ha cambiado a través de los años, a la par de la evolución de otras disciplinas, enfoques y requerimientos, sobre todo los relacionados con la calidad y competitividad, así como por los nuevos requerimientos asociados a la confiabilidad, disponibilidad, seguridad del personal y costos de operación.

Hoy en día el mantenimiento debe asegurar que todo activo físico continúe desempeñando las funciones deseadas (García-Monsalve, González-S., & Cortés-M., 2009). Para ello, diversos autores encontrados en la literatura concuerdan que se deben implementar las siguientes tres estrategias principales, independientemente del sector que se refiera (Shkiliova & Fernandez Sanchez, 2011).

Corregir: reparar la falla después que esta se haya presentado para restituirle al equipo su capacidad de trabajo. El sistema correctivo incluye también cierto tipo de actividades de tipo predictivo, como la limpieza y lubricación.

Prevenir: realizar acciones para preservar o proteger los equipos de las posibles fallas y/o disminuir su aparición, de acuerdo a un plan. Ejemplo: limpieza, lubricación, ajustes, reaprietes, cambios de elementos y hasta reparaciones planificadas previamente.

Predecir: realizar monitoreo, programado o de manera continua, para conocer el estado técnico actual del equipo y su remanente de vida útil o estado límite, con el fin de poder identificar la conveniencia o no de acciones correctoras.

Por otro lado, Ortiz-Useche, Rodríguez-Monroy e Izquierdo (2013) agregan a esta trilogía un sistema de mantenimiento adicional, que consiste en la detección o búsqueda de fallas a través de dispositivos de protección bajo condiciones controladas, para asegurarse que estos sean capaces de brindar la protección requerida cuando sean necesarios.

Factores críticos de éxito para la implantación del mantenimiento integral

De acuerdo a la investigación realizada por Hernández-Gómez, Escobar-Toledo, Larios-Prado y Noriega-Morales (2015) son nueve los factores críticos que contribuyen al éxito de un programa de mantenimiento:

1) Alineación estratégica del mantenimiento, lo cual conlleva a contar con un plan de propio que contenga una declaración de misión y propósitos, indicadores de desempeño, metas, tiempos de implantación, responsabilidades y un plan de reconocimientos del desempeño, para reducir la resistencia al cambio.

2) Integración con prácticas de mejora continua, al implementar herramientas de Administración Total de la Calidad y Justo a Tiempo.

3) Distribución de planta o diseño de instalaciones para la adecuada operación del equipo y para que el mantenimiento sea fácil de efectuar.

4) Mantenimiento Autónomo, el cual implica asignarle al operario la responsabilidad del mantenimiento preventivo.

5) Alineación de un equipo de trabajo multidisciplinario enfocado al despliegue del plan de mantenimiento.

6) Integración con clientes para identificar sus necesidades y con proveedores de refacciones.

7) Aplicación de tecnología de vanguardia en la producción, lo que ofrece mejores niveles de mantenibilidad.

8) Comunicación entre áreas o departamentos.

9) Desarrollo de equipo propio que tome en cuenta requisitos de mantenibilidad.

Gestión del mantenimiento

Según lo establecido en la Norma Internacional ISO 9001 (2015), la gestión de los procesos puede alcanzarse utilizando el ciclo Planificar-Hacer-Verificar-Actuar (PHVA) como un enfoque global de pensamiento basado en riesgos dirigido a aprovechar las oportunidades y prevenir resultados no deseados. Este puede describirse brevemente como sigue:

Planificar: establecer objetivos del sistema y sus partes, y recursos necesarios para obtener los resultados de acuerdo que espera el cliente.

Hacer: implementar lo planificado.

Verificar: monitorear el proceso para identificar brechas respecto a lo planificado.

Actuar: tomar acciones para mejorar el desempeño.

La moderna gestión del mantenimiento incluye actividades destinadas a determinar objetivos y prioridades, estrategias y responsabilidades, que faciliten la planificación, programación y control de la ejecución del mantenimiento orientado hacia la mejora continua (Viveros, Stegmaier, Kristjanpoller, Barbera, & Crespo, 2013).

Para lo anterior, es imprescindible contar con indicadores de desempeño definidos que permitan evaluar la efectividad de mantenimiento, que según García-Monsalve, González-S. y Cortés-M. (2009) puede medirse a través de indicadores asociado con: eficiencia y productividad, organización y recursos humanos, servicios externos, costos, calidad y percepción del cliente y resultados técnicos.

Es por ello que según Ortiz, Rodríguez e Izquierdo (2013) el mantenimiento desarrolla técnicas y métodos para la detección, control y ejecución de actividades que garanticen el buen desempeño de la maquinaria. Lo anterior resulta imposible sin productos informáticos que garanticen de forma automatizada el procesamiento de toda la información relacionada con la gestión de mantenimiento y la evaluación del mismo.

Metodologías y modelos aplicables

Algunas metodologías a considerar cuando se desea diseñar el sistema de gestión de mantenimiento son las siguientes.

Metodología 5QS. Propuesta por García Monsalve, González-S., Cortés-M. (2009) para diseñar e implementar el plan de mantenimiento.

Consta de cinco etapas: a) diagnóstico (evaluación organizacional y de recursos a destinar para el mantenimiento); b) diseño (definición de estrategias apropiadas, según sea el caso: prevenir, corregir, predecir o combinar las anteriores); c) implementación (ejecución de estrategias y documentación, incluyendo la elaboración de procedimientos e instructivos); d) medición (definición de indicadores de gestión, eficiencia y costos); y e) mejoramiento (evaluación global y ajustes).

Modelo de gestión del mantenimiento.

Modelo avanzado para la gestión integral del mantenimiento en un ciclo de mejora continua, diseñado por Viveros, Stegmaier, Kristjanpoller, Barbera y Crespo (2013) con base en otros 17 modelos realizados por expertos. Este modelo define siete etapas: a) análisis de la situación actual (definición de objetivos, estrategias y responsabilidades de mantenimiento); b) jerarquización de equipos (análisis de criticidad); c) análisis de puntos débiles en equipos de alto impacto (causa raíz); d) diseño de planes de mantenimiento y recursos necesarios (mantenimiento centrado en fiabilidad); e) programación del mantenimiento y optimización en la asignación de recursos (programación detallada de todas las actividades de mantenimiento); f) evaluación y control de la ejecución del mantenimiento (controlar desviaciones para perseguir continuamente los objetivos de negocio y los valores estipulados para los KPIs); y g) análisis del ciclo de vida y de la posible renovación de equipos (cálculo del costo global de mantenimiento). **Metodología para el diseño de sistemas (MEDS).** Es una metodología de referencia de utilidad cuando se desea diseñar un sistema de apoyo a la gestión de cualquier aspecto organizacional; aplica el pensamiento de sistemas y su aplicación en las organizaciones a través del enfoque de por procesos y la filosofía de mejora continua PHVA.

Propuesta por Arellano-González, Carballo-Mendívil y Ríos- Vázquez (2017), no sólo orienta en la descripción general del objeto bajo estudio, la conceptualización de modelos de referencia para el análisis del sistema, el análisis de su situación actual, la documentación de la propuesta de mejora, sino que propone una serie de pasos para el diseño del sistema pertinente, basándose en la Metodología de Sistemas Suaves (SSM) de Checkland y Scholes (1994), y el desarrollo de sistemas de ayuda utilizando herramientas tecnológicas para apoyar la implementación de los cambios necesarios y su describir en procedimientos.

Metodología de investigación

Para elaborar el sistema de ayuda para la gestión del mantenimiento de maquinaria y vehículos en el DR objeto de estudio, se utilizó como soporte la estructura de la metodología MEDS, apoyándose además en los requerimientos de información específicos que según la metodología 5QS y el modelo de gestión del mantenimiento son fundamentales en el diseño del proceso de gestión del mantenimiento. Esta metodología se dividió en las dos etapas que se describen a continuación.

Etapas I: Diseñar el Sistema pertinente

Primeramente, se elaboró un mapa de la realidad del proceso de gestión de mantenimiento, considerando la lógica del modelo de “caja negra” para representar el proceso, sus entradas y salidas, siguiendo el enfoque a procesos como lo sugiere la versión más reciente de la norma ISO-9001 (2015). Una vez mapeada la realidad del proceso, se describió el proceso de manera idealizada, partiendo de su definición raíz que describe los Clientes del sistema, Actores, actividades de Transformación, dueño (*Owner*), propósito (*Weltanschauung*), y restricciones del Entorno,

Es decir, aplicando la técnica CATOWE. Posteriormente se elaboró el modelo conceptual representando el proceso idealizado de manera esquemática, utilizando de referencia la filosofía del PHVA.

Etapas II: Desarrollar sistema de apoyo a la implementación del proceso rediseñado

Una vez ha construido el modelo conceptual, se identificaron los cambios que se requerían implementar en la realidad para acercarlo al ideal establecido en dicho modelo, y se identificaron necesidades de sistemas de información de apoyo a la gestión del proceso. Estos sistemas se diseñaron en hojas de cálculo de Excel, en conjunto con un lenguaje de programación Visual Basic que se incluye en el programa, que permitieran la captura y procesamiento de información requerida para la toma de mejores decisiones, de acuerdo a lo establecido por la literatura. Por último, se documentó el sistema de ayuda desarrollado en un manual para facilitarle al usuario su implementación como personal involucrado a dos ingenieros y cuatro operadores: mecánico, tornero, soldador y el operador del camión orquesta. Los ingenieros son los encargados de programar y reprogramar las actividades de mantenimiento para cada maquinaria y comunicar a los operadores sobre dichas actividades; enviar al mecánico a realizar inspección técnica; contactar a proveedores; hacer solicitud de requerimiento de material y de compra, así como documentar las actividades realizadas.

Después de haber mapeado el proceso, se describió el proceso idealizado, construyendo el siguiente enunciado de definición raíz:

“Sistema de gestión basado en el registro de información de las actividades de mantenimiento, que permita la planeación de los servicios preventivos, programando las actividades que se realizarán en el taller, administrado por el ingeniero de mantenimiento y que podrá utilizarse para la identificación de las fallas históricas de la maquinaria y posteriormente para determinar las necesidades mínimas de materiales en el almacén, lo cual permitirá agilizar las actividades e incrementar la disponibilidad de la maquinaria para el área de operaciones, considerando las restricciones actuales de la organización, tales como las habilidades del encargado del taller y las condiciones de la maquinaria de conservación.”

Partiendo de esta idealización del proceso, la figura 2 muestra el modelo conceptual que representa las actividades de planear, hacer, verificar y actuar, que asegura un enfoque de procesos y mejora continua.

En el modelo conceptual de la figura 2 inicia con actividades de planeación (color verde), al determinar los indicadores de desempeño clave, considerando las metas en las cuales está interesada en alcanzar la dirección. A su vez, se deberá evaluar la criticidad de la maquinaria y sus refacciones haciendo un análisis de modo y efecto de falla para determinar las necesidades materiales. Posteriormente se hará la programación diaria del mantenimiento basándose en la frecuencia de falla de la maquinaria y en los requerimientos materiales necesarios.

Una vez realizadas las actividades de planeación, el proceso deberá implementarse (color azul) al realizar la ejecución del programa de mantenimiento para obtener los resultados, y hacer el registro de averías detectadas.

A continuación, se realizará verificación (color rosa) con la comparación del estado de indicadores vs metas planeadas para identificar su grado de cumplimiento. De la misma manera, se realizará la evaluación de la efectividad del mantenimiento al comparar las metas cumplidas contra las no cumplidas y detectar las restricciones que lo impidieron. Luego se hará el análisis de averías para determinar los posibles factores que las originaron (causas).

En la siguiente fase de actuar (amarillo), se deberán realizar actividades no sólo para implementar medidas para eliminar causas de averías, sino para mejorar el desempeño (como 5 S's y mantenimiento autónomo), cerrando así el ciclo de la mejora continua.

Dado que el proceso descrito anteriormente es idealizado, se definieron los cambios que se requieren implementar en la realidad para acercarlo al modelo ideal establecido, y se desarrolló el sistema de ayuda para facilitar su implementación. En la **Error!** **No se encuentra el origen de la referencia.** se muestra el menú principal del sistema desarrollado.

Este es un sistema de información que genera una base de datos de mantenimiento con la que se cuenta actualmente en el DR objeto de estudio, que permitirá que la información sea transparente y pueda ser utilizada para la aplicación de herramientas de control, lo que contribuirá a la mejora de la gestión del mantenimiento.

Al ejecutar el sistema de ayuda para la gestión de mantenimiento de maquinaria y vehículos aparecerá la hoja de Excel de inicio (ver figura 3) que contiene botones para acceder a cada una de las opciones que ofrece el sistema de información. A continuación, se describen cada una de ellas.

Calendario. En un calendario, se marcan los días no laborables y se puede modificar el año según el ciclo agrícola correspondiente, teniendo al final una tabla resumen de los registros, donde se encuentran los meses, días no laborables, días hábiles, horas no trabajadas, horas mensuales y renta de la maquinaria (\$/hr) que es el precio en la que ese mes la maquinaria trabajó.

Horas reales. Tiene la finalidad de registrar las horas reales que se trabajan en los días cuyo horario de trabajo es diferente a ocho horas, ya sea por una fecha en especial o cualquier otro evento que altere la carga de trabajo. Al registrar las fechas se verá impactado en la hoja de “Calendario” completándose automáticamente la tabla de Resumen.

Llenar las hojas de “Calendario” y “Horas reales” contribuye a que la medición de la eficiencia y el ocio que se generan en el mes se base en las horas que realmente se destinaron a trabajar.

Catálogo de activos. Se registra la maquinaria y vehículo que se vaya adquiriendo para el Ciclo Agrícola del año correspondiente. Para ello se requiere de la siguiente información:

1. La fecha de la compra de la maquinaria o vehículo
2. El SRL, que es una clave única para la maquinaria o vehículo
3. El departamento al cual pertenece.
4. El tipo de activo que es (unidad, excavadora, tractor, etc.)
5. Su marca/modelo
6. El responsable
7. El número de serie

8. El número de placa para el caso de las unidades
9. El kilometraje inicial que tenía al ser adquirido
10. La prioridad que tiene cada maquinaria y vehículo.
11. Y el tipo de mantenimiento preventivo que se le dará (km o en hr)

Refacciones. Se hace el registro de los materiales y refacciones conforme se van requiriendo para su control. Para ello es necesaria la siguiente información:

1. El número de requisición
2. La fecha de requisición
3. El SRL de la maquinaria que se le comprará refacción
4. El tipo de activo (tractor, unidad, etc.)
5. La descripción de la refacción
6. El estado (adquirida, pendiente o cancelada)
7. El proveedor
8. La fecha de adquisición
9. El precio unitario
10. La cantidad y el IVA

Fallas. Redirige a la hoja “Fallas”, en la cual se lleva el control de las descomposturas que aparecen por imprevistos. Para ello se ocupa de la siguiente información:

1. La fecha de aparición
2. El SRL de la maquinaria o vehículo en el cual se presentó la falla

3. El tipo de activo (excavadora, unidad, tractor, etc.)
4. Descripción de la falla
5. Tiempo de reparación (horas o días)
6. El tipo de falla (funcional o técnica)
7. La acción correctiva
8. El estado (reparado, pendiente o fuera de operación)
9. La fecha de reparación
10. Y su prioridad (alta, media o baja)

Reporte de operación. Se registran los datos correspondientes a todos los reportes de operación que se tienen diariamente de las diferentes máquinas y vehículos, donde se calculará automáticamente, el ocio total y las horas totales de trabajo. Para ello debe introducirse la siguiente información:

1. La fecha
2. El tipo de maquinaria (unidad, tractor, excavadora, etc.)
3. Las horas ociosas (hora inicio y hora fin)
4. La causa de ese ocio (lluvia, falla, falta de camino, etc.)
5. El horómetro (hora inicial y hora final)
6. El tránsito (camabaja o propio)
7. La carga de diésel en litros
8. Y observaciones

Mantenimiento preventivo. Se introduce al sistema la información de los servicios preventivos que se dan a la maquinaria y vehículos, y se hace la programación de las fechas futuras en las que se repetirá el servicio. Para ello se ocupa de la siguiente información:

1. El SRL de la maquinaria o vehículo que se le dará mantenimiento preventivo
2. El departamento
3. El tipo de activo (tractor, unidad, etc.)
4. Frecuencia (Día)
5. Fecha de ultimo mantenimiento
6. Fecha del servicio preventivo
7. Tipo de servicio
8. Duración (horas)
9. Kilometraje Horómetro
10. Descripción del mantenimiento preventivo

Programa de mantenimiento preventivo km. Se trata de un diagrama de Gantt, en el cual se colorean las fechas en las que se llevan a cabo los servicios preventivos a los vehículos cuyas fechas de mantenimiento se determinan de acuerdo a su kilometraje.

Programa de mantenimiento preventivo hr. De igual forma, se trata de un diagrama de Gantt, donde se colorean las fechas en las que se llevan a cabo los servicios preventivos a la maquinaria cuyas fechas de mantenimiento se determinan de acuerdo a su horómetro.

Indicadores. Se muestran las medidas de desempeño tanto de eficiencia como ocio y costos, los cuales se calculan automáticamente a través de los registros que se hacen continuamente. El propósito de esta hoja es el de ilustrar de manera gráfica el desempeño de la maquinaria y vehículos, es decir, se utiliza mayormente como consulta y como medio para elaborar reportes del desempeño.

Los resultados de la tabla se calculan automáticamente al llenar los registros anteriores y de igual forma las gráficas del desempeño se elaboran automáticamente.

Por último, para asegurar en mayor medida la transferencia del conocimiento sobre las funciones del sistema de ayuda desarrollado, y fomentar la capacitación sobre el mismo a otros miembros del equipo de trabajo del área de maquinaria y taller, se elaboró un manual de usuario que muestra las funciones del sistema, además de sus restricciones y consideraciones de uso, de tal manera que la responsabilidad del registro de información y uso general del sistema no recaiga en una sola persona, sino que sea una responsabilidad transferible en caso de que la necesidad surgiere.

Además, como lo menciona Cárcel-Carrasco (2014), transmitir conocimiento de forma formal y sistemática se logra a través de la experiencia y la participación, por lo cual se consideró necesario el uso de un formato de manual con fines prácticos.

Como puede observarse en, el manual consta de tres secciones: introducción, objetivo y manual de usuario, siendo esta última donde se explican a detalle las funcionalidades del sistema de ayuda, dividiéndose en 11 subsecciones, una por cada hoja o pestaña del libro Excel.

El manual de usuario detalla el funcionamiento del sistema de información y sirve como consulta y capacitación para el personal que deberá implementar este sistema de ayuda en el DR objeto de estudio, específicamente en el área de maquinaria y taller, con lo cual se espera una mejora en la eficiencia de la gestión, reduciendo tiempos de captura de datos y facilitando su interpretación, ya que permite, además de las funciones básicas de registro de operación y fallas, la programación de las horas reales de trabajo, la verificación del estado de indicadores de eficiencia y costo de manera visual y la programación de servicios preventivos.

Agradecimientos

Se agradece el apoyo recibido para la publicación de resultados de esta investigación que se financió con recursos PFCE 2016 y PROFAPICA 2017.

De igual manera se agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México (CONACYT) y al Instituto Mexicano del transporte (IMT) por el apoyo otorgado a través del Laboratorio Nacional Sistemas de Transporte y Logística (SiT-LOG Lab) Sede ITSON para el desarrollo del proyecto.

Conclusiones

El sistema de ayuda resultante cumple en gran medida con los objetivos planteados, en primer lugar, por poder realizar en conjunto todas las funciones de registro que originalmente se llevaban a cabo en el área de maquinaria y taller con significativas mejoras, tales como:

1. La posibilidad de planear las horas efectivas de trabajo de manera automatizada.

2. Una nueva interfaz usuario – sistema para el registro, lo cual además de hacerlo más visual lo hace más rápido y sencillo.
3. Se incluyeron además señales de “alarma” en códigos de colores para hacer más notorios los pendientes de reparación.
4. Cálculo de indicadores de eficiencia y costo de manera dinámica y transparente.
5. Posibilidad de calcular las fechas próximas de los servicios preventivos durante el registro de los mismos.

Además, la integración de los formatos de registro en un solo libro de Excel agiliza tanto la búsqueda de información como el tiempo de registro de datos y de interacción con el sistema. Un punto que se considera importante mencionar, es que, si bien se utilizaron como base modelos y metodologías sobre el mantenimiento centrado en confiabilidad y otras herramientas de criticidad y modos de falla, estos no se incluyeron de manera prioritaria en el sistema de ayuda puesto que se consideró que requieren un estudio más completo que tomaría más tiempo y recursos. Sin embargo, el sistema propuesto captura la información necesaria para realizar dichos estudios y es lo suficientemente flexible como para permitir que se realicen utilizando el mismo formato.

Recomendaciones

Se sugiere aplicar la metodología de Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF), una metodología simple, que de forma clara y concisa permite entender la forma en la que opera un sistema, pero sobre todo la forma en la que falla, ya que, el sistema propuesto captura la información necesaria para realizar dicha metodología.

Y así, contar con más indicadores de mantenimiento, que ayuden a visualizar la brecha entre lo alcanzado y lo deseado. Algunos de estos indicadores podrían ser tiempo promedio entre fallas, tiempo promedio para reparaciones, disponibilidad de los equipos, entre otros.

Referencias

Arellano-González, A., Carballo-Mendivil, B., & Ríos-Vázquez, N. J. (2017). *Análisis y diseño de procesos. Una metodología con enfoque de madurez organizacional*. México: Pearson.

Cárcel-Carrasco, F. J. (2014). El mantenimiento industrial y el ciclo de gestión del conocimiento. *3C Empresa*, 3 (1), 16-29.

Checkland, P., & Scholes, J. (1994). *La Metodología de los Sistemas Suaves de Acción*. Mexico: Limusa.

Comisión Nacional del Agua - CONAGUA. (2014). *Estadísticas Agrícolas de los Distritos de Riego*. México: CONAGUA.

Comisión Nacional del Agua - CONAGUA. (2016). *Atlas del Agua en México*. México: CONAGUA.

Comisión Nacional del Agua - CONAGUA. (2016). *Estadísticas del Agua en México, edición 2016*. México: CONAGUA.

Comisión Nacional del Agua; Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2016). *Estadísticas del Agua en México, edición 2016*. Cd. de México. Retrieved 12 de Febrero de 2017

García-Monsalve, G., González-S., H., & Cortés-M., E. (2009). Metodología de mantenimiento con posible aplicación en el sector agroindustrial. *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 4 (2), 137-150.

Hernández-Gómez, A., Escobar-Toledo, C., Larios-Prado, J. M., & Noriega-Morales, S. (2015). Factores críticos de éxito para el despliegue del mantenimiento productivo total en plantas de la industria maquiladora para la exportación en Ciudad Juárez: una solución factorial. *Contaduría y Administración*, 60 (S1), 82-106.

Hernández, P. L., Carro, M., Montes de Oca, J., & Fernández, S. J. (2008). Optimización del mantenimiento preventivo utilizando las técnicas de diagnóstico integral. Fundamento teórico-práctico. *Ingeniería Energética*, XXIX (2), 14-25.

International Organization for Standardization - ISO. (2015). *Norma Internacional ISO 9001: Sistemas de gestión de la calidad - Requisitos*. Ginebra, Suiza: International Organization for Standardization.

Lomelí-Villanueva, J. R., & Álvarez-González, N. (2010). Control de Maleza en Distritos de Riego con Equipos Ligeros. *Revista Facultad Nacional de Agronomía - Medellín*, 63 (2), 5661-5667.

Ortiz-Useche, A., Rodríguez-Monroy, C., & Izquierdo, H. (2013). Gestión de mantenimiento en pymes industriales. *Revista Venezolana de Gerencia*, 18 (61), 86-104.

Shkiliova, L., & Fernandez Sanchez, M. (2011). Sistemas de Mantenimiento Técnico y Reparaciones y su aplicación en la Agricultura. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 20 (1), 72-77.

Viveros, P., Stegmaier, R., Kristjanpoller, F., Barbera, L., & Crespo, A. (2013). Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 21 (1), 125-138.

Sistema de control de acceso constituido de elementos biometricos (huella dactilar), un microcontrolador (Atmel) y aplicaciones móviles en Android

GONZÁLEZ-RAMOS, Alma Delia*†, MACÍAS-GONZÁLEZ, María del Consuelo, RUELAS-CALLEJAS, Isabel Cecilia y QUIROZ-GONZÁLEZ, David

*Universidad Tecnológica Fidel Velázquez. Av. Emiliano Zapata S/N, El Trafico, 54400 Villa Nicolás Romero, Méx.
Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli. Av. Nopaltepec S/N, Col. Fracción La Coyotera del Ejido de San Antonio Cuamatla, 54748 Cuautitlán Izcalli, Méx*

Recibido 11 de Enero, 2017; Aceptado 16 de Marzo, 2017

Resumen

En esta investigación se presenta la construcción de un sistema de control de acceso, la cual consiste en un lector de huella dactilar, un sensor ultrasónico como contador, en el proceso la programación de las condiciones de acceso un microcontrolador Atmel, un módulo Ethernet para la comunicación entre el microcontrolador y el Router, una base de datos para almacenar los registros y como uno de los elemento de salidas un servomotor para el control de la cerradura en las puertas, luces en la puerta que muestre si el acceso es autorizado y una pantalla LCD que indique los datos del responsable. Con la información almacenada se obtendrán reportes de accesos, además cuenta con una aplicación móvil para el monitoreo de disponibilidad de uso de los espacios físicos. La metodología ágil empleada fue la Programación Extrema XP, siguiendo sus 4 fases, planificación, diseño, desarrollo y pruebas. Con esto se emplea un sistema que se encarga del control y supervisión a los puntos de acceso a las instalaciones, llevando un registro y generando las listas para su impresión, todo esto permitió obtener el desarrollo viable del prototipo.

Sistema de control de acceso, Lector de huella, Microcontrolador Atmel, Base de datos, Aplicación móvil.

Abstract

This research presents the construction of an access control system, which consists of a fingerprint reader, an ultrasonic sensor as a counter, in the process of programming the access conditions an Atmel microcontroller, an Ethernet module for the Communication between the microcontroller and the Router, a database to store the registers and as one of the outputs a servomotor for the control of the lock on the doors, lights on the door that shows if the access is authorized and a screen LCD that indicates the data of the person in charge. With the stored information will be obtained access reports, also has a mobile application for the monitoring of availability of use of physical spaces. The agile methodology used was Extreme Programming XP, following its 4 phases, planning, design, development and testing. With this, a system is used that controls and supervises the points of access to the facilities, keeping a record and generating lists for printing, all of which allowed for the viable development of the prototype.

Access control system, Fingerprint reader, Atmel microcontroller, Database, Mobile application.

Citación: GONZÁLEZ-RAMOS, Alma Delia, MACÍAS-GONZÁLEZ, María del Consuelo, RUELAS-CALLEJAS, Isabel Cecilia y QUIROZ-GONZÁLEZ, David. Sistema de control de acceso constituido de elementos biometricos (huella dactilar), un microcontrolador (Atmel) y aplicaciones móviles en Android. Revista de la Invención Técnica 2017. 1-1:55-60

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: davd_francom@hotmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor

Introducción

El presente escrito pretende mostrar el desarrollo del Sistema de Control de Acceso constituido de elementos biométricos (huella dactilar), sensor ultrasónico, un Microcontrolador Atmel, base de datos y una aplicación Móvil en Android, el cual surge debido a la necesidad de la Universidad Tecnológica Fidel Velázquez conocida como UTFV de mantener un control de acceso a los diferentes espacios físicos, así como ofrecer un sistema de control de acceso automatizado, totalmente configurable, con dispositivos de identificación confiables y a un precio más económico.

Para el desarrollo del sistema se utilizó la metodología ágil Programación XP siguiendo cada una de sus etapas, el objetivo principal fue desarrollar un sistema de control, basado en la estrategia de lazo cerrado constituido de elementos biométricos (huella dactilar), un microcontrolador (Atmel) y aplicaciones móviles en Android, englobando lo referente al uso de biometría (huella dactilar), sensor ultrasónico, un microcontrolador Atmel que establecerá las condiciones de acceso, almacenamiento en un base de datos con acceso local, permitiendo la generación de reportes de accesos y monitoreo desde una aplicación móvil (Android).

El Sistema de Control permite controlar los accesos (puertas de seguridad, etc.), a espacios específicos dentro de la UTFV, así como formar un registro de los movimientos de cada uno de los usuarios del sistema. Ofrecen un método seguro de control mediante mecanismos de identificación por huella dactilar, la cual lleva almacenada información referente al usuario que las utiliza.

Este sistema se encarga del control y supervisión a los puntos de acceso a las instalaciones, registrando dichos accesos, los cuales pueden genera un reporte y posteriormente obtener la evidencia en la impresión de dichos registros. En la UTFV los accesos no son autónomos ya que solo se pueden llevar a cabo cuando el encargado de dicha actividad autoriza o se encuentra disponible, dichos accesos no son registrados en alguna bitácora, por lo tanto cuando se genera alguna pedida o averió de algún equipo o mal uso de las instalaciones no se puede encontrar al responsable en turno.

El sistema de control de acceso esta basado en el uso de un lector de huella dactilar que puede guardar hasta 162 huellas diferentes en la memoria flash y cuenta con un led que indica cuando está funcionando, un sensor ultrasónico que mide la distancia mediante el uso de ondas ultrasónicas. El cabezal emite una onda ultrasónica y recibe la onda reflejada que retorna desde el objeto. Los sensores ultrasónicos miden la distancia al objeto contando el tiempo entre la emisión y la recepción. un Microcontrolador Atmel la cual es una placa con un microcontrolador de la marca Atmel y con toda la circuitería de soporte, un Router Módem TP-Link ADSL2+N 300Mbps 4ptos.10/100Mbps Wireless proporciona una tasa completa de estándar ADSL2 + con la excelente fiabilidad y una solución rentable para el hogar y pequeñas empresas, combina la función de un módem DSL de alta velocidad, un Router de 4 puertos 10/100 Mbps y un NAT inalámbrico N de punto de acceso y una base de datos en phpMyAdmin cuyo programa es de libre distribución en PHP, creado por una comunidad sin ánimo de lucros.

Es una herramienta muy completa que permite acceder a todas las funciones típicas de la base de datos MySQL a través de una interfaz web muy intuitiva y la aplicación móvil creada en app inventor que es originalmente desarrollada por Google y mantenida ahora por el Instituto de Tecnología de Massachusetts, permite que cualquier persona, incluyendo las no familiarizadas con la programación y SDK de Android, pueda crear aplicaciones de Software para Android.

Justificación

Los sistemas de control desempeñan tareas importantes, ya que cuenta con mecanismos de seguridad adecuados para ofrecer la protección de acceso solicitada; el conjunto de tales mecanismos ha de incluir al menos un sistema que permita identificar a los usuarios que intentan acceder a los distintos espacios físicos, mediante un proceso de identificación dactilar.

Los sistemas que habitualmente utilizan los humanos para identificar a una persona, como el aspecto físico o la forma de hablar, son demasiado complejos para una computadora; el objetivo de los sistemas de identificación de usuarios no suele ser identificar a una persona, sino autenticar que esa persona es quien dice ser realmente.

Por tal motivo en la UTFV se pretende implementar este sistema, que permitirá tener control de acceso de los usuarios, así como el monitoreo constante de los espacios físicos.

Problema

En UTFV no cuenta con controles de acceso a los laboratorios solo una persona que verifica que el profesor este impartiendo clase y teniendo como única posibilidad para entrar a ellos un encargado que tiene las llaves de cada cerradura.

Hipótesis

En los laboratorios de la Universidad Tecnológica Fidel Velázquez no cuenta con un sistema que permita llevar el control de accesos a espacios físicos determinados (laboratorios, oficinas, etc.), lo cual deriva en distintas anomalías, tales como el no saber quién es el responsable de los equipos existentes en horarios determinados, pérdida de recursos y materiales, deterioro de los espacios físicos y accesos no autorizados a los mismos.

El presente proyecto pretende que con la implementación de un sistema de control de acceso a los espacios físicos se pueda mostrar la optimización del acceso a los usuarios, además de que contará con monitoreo desde una aplicación móvil, reduciendo las pérdidas de los suministros, costos de mantenimiento y recepción de equipo.

Objetivos

Objetivo General

El objetivo de este proyecto es desarrollar un sistema de control de acceso, basado en la estrategia de lazo cerrado constituido de elementos biométricos (huella dactilar), un microcontrolador (Atmel), uso de bases de datos y aplicación móvil (Android) siguiendo una metodología ágil, el cual proporcione accesos a ciertos espacios físicos.

Objetivos específicos

Modelar condiciones de funcionamiento del sistema de control de acceso

Modelar de la comunicación entre el microcontrolador y la base de datos

Modelar la comunicación entre la base de datos y la aplicación móvil.

Implementar el prototipo en una puerta de acceso para comprobar su viabilidad de uso.

Marco Teórico

El sistema de control de acceso es la habilidad de permitir o denegar el uso de un recurso físico (áreas restringidas según rango del visitante) o virtual (acceso a información) a personas o entidades en particular. Para dar claridad al proyecto, se quiere desarrollar un control de acceso físico que está basado en el control de ingreso y salida en laboratorios, únicamente a personas autorizadas en tiempos determinados y el monitoreo de ciertas áreas.

El Sistema de control de acceso físico está enfocado en tres preguntas: ¿quién?, ¿cuándo? y ¿cómo?; es decir ¿quién está autorizado a entrar o salir?, ¿cuándo entrará o saldrá del área? y ¿cómo lo realizará? En la actualidad se cuenta con una gran variedad de tecnologías que pueden ayudarnos a suplir esta necesidad, entre las cuales están:

- Código de Barras.
- Tarjetas Magnéticas
- Sistemas Biométricos

Metodología de Investigación

En el desarrollo de este proyecto se emplea una metodología ágil llamada Programación Extrema XP. Es una metodología ágil centrada en potenciar las relaciones interpersonales como clave para el éxito en desarrollo de software, promoviendo el trabajo en equipo, preocupándose por el aprendizaje de los desarrolladores, y propiciando un buen clima de trabajo. XP se basa en retroalimentación continua entre el cliente y el equipo de desarrollo, comunicación fluida entre todos los participantes, simplicidad en las soluciones implementadas y coraje para enfrentar los cambios. XP se define como especialmente adecuada para proyectos con requisitos imprecisos y muy cambiantes, y donde existe un alto riesgo técnico.

Metodología de Desarrollo de Software

La metodología empleada fue la de Programación extrema XP, está basada en 4 fases: planificación del proyecto, diseño, desarrollo y pruebas.

Fase I. Planificación del proyecto.

En la Figura 1 se muestra el cronograma de actividades a realizar para el desarrollo del proyecto.



Figura 1 Cronograma de actividades.

Fase II. Diseño

Se planea el desarrollo del sistema de control de acceso haciendo uso de dispositivos electrónicos como entradas de datos, programación de microcontrolador, elaboración de la base de datos, como elementos de transmisión de datos un modulo Ethernet y un Router Modem inalámbrico que permita la sincronización del microcontrolador con la base de datos y los elementos de salida como el servomotor para automatizar la cerradura para el acceso a los espacios físicos, Luz de alerta indicando si esta en uso, la pantalla LCD que indica los datos tales como el nombre, hora de entrada y salida del responsable en turno, el monitoreo de los espacios físicos y la impresión de los reportes de los accesos del día. A continuación se muestra en la Figura 2 el diagrama a bloques del funcionamiento del proyecto.

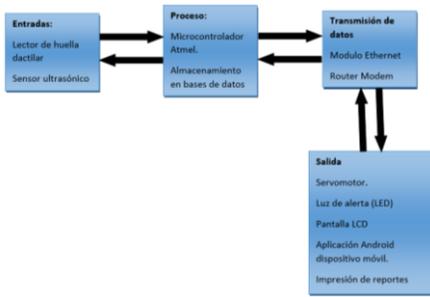


Figura 2 Diagrama a bloques del funcionamiento

Fase III. Desarrollo

El sistema de control de accesos funciona como se observa en la Figura 3.

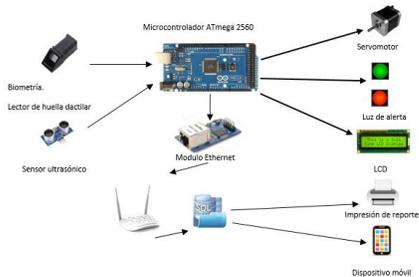


Figura 3 Elementos del Sistema de control de acceso.

Como se puede observar cuenta con el lector de huella dactilar como elemento principal de entrada, en el cual el usuario debe colocar su huella de su dedo y este registro será comparado para identificarlo y permitir o denegar el acceso, si se permite el acceso el microcontrolador mandara una señal a un servomotor que activara la cerradura de la puerta provocando que se abra la automáticamente, al entrar el o los usuarios el sensor ultrasónico los detecta y almacena en el microcontrolador el numero de personas que van accediendo, también se encenderá una luz verde si el acceso a sido aprobado o una luz roja de lo contrario y en una pantalla LCD se mostraran los datos del responsable, después el microcontrolador se conectara con un modulo Ethernet a un Router Modem para realizar la comunicación local a la base de datos.

Donde se almacenaran los registros y permita la impresión de la mismos, mientras que desde el dispositivo móvil usando una aplicación Android se podrá monitorear dichos accesos.

Las partes del desarrollo se muestran a continuación: En referencia con el lector de huella dactilar se realizo la programación en la aplicación del microncontrolador Atmel para llevar a cabo el resgistro de las personas

Se uso la misma aplicación para programar las condiciones de acceso y el funcionamiento de los elementos de entrada y salida.

Una vez hecha la programación de registro y condición de acceso se realizo la comunicación por medio del Modulo Ethernet Shield, programando las líneas de comunicación entre el microcontrolador, la base de datos y la aplicación móvil Android necesarias.

Resultados

Se realizo pruebas de funcionamiento del Sistema de Control de Acceso en un prototipo a escala. Tambien cuenta con una cerradura la cual es abierta o cerrada por un servomotor. Una vez montados los elementos electronicos se procedio con el diseño en App Inventor Figura 4 en App inventor, para el monitoreo del acceso a las instalaciones.



Figura 4 Diseño en App Inventor

Conclusiones

Al término de este proyecto se desarrolló un sistema de control de acceso, basado en la estrategia de lazo cerrado constituido de elementos biométricos (huella dactilar), un microcontrolador (Atmel), uso de bases de datos y aplicación móvil (Android) siguiendo una metodología ágil, el cual proporciona accesos a ciertos espacios físicos. Fue viable el desarrollo del proyecto ya que al aplicar una técnica de investigación sobre los requerimientos de la universidad en cuanto a seguridad, el sistema de control de acceso es necesario. La población universitaria no considera que exista seguridad para los accesos dentro de la universidad, lo cual hace que la innovación del sistema fuese una opción para el cuidado de las instalaciones universitarias. Se realizó una matriz comparativa de resultados tecnológicos ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial en sus distintas bases de datos nacionales e internacionales, se analizó que en el mercado existen similitudes en algunos proyectos tales como el uso de base de datos para el almacenamiento de los registros, la recolección de datos con dispositivos biométricos, sin embargo, lo novedoso de este proyecto en comparación con otros es el uso de una aplicación móvil que permite el monitoreo de acceso a las instalaciones físicas y por lo tanto tiene un control de disponibilidad de espacios, otra innovación es la generación de reportes de accesos, lo cual permite verificar en caso de alguna anomalía quien es el responsable de dicho suceso.

Referencias

A. Herranz and J. Moreno-Navarro. Formal extreme (and extremely formal) programming. Fourth International Conference on eXtreme Programming and Agile Processes in Software Engineering (XP'03), May 2003.

Almeida, Daniel. (2008) Diseño e implementación de un prototipo para un sistema de monitoreo de personal basado en RFID. Recuperado el 20 de Abril de 2017 de: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/4198>

Angotti, R. (2013). KinectMath. Obtenido de Home Page KinectMath: <http://kinectmath.org/>

Arias., F. G. (1999). El Proyecto de Investigación: Guía . Obtenido de <http://www.smo.edu.mx/>: <http://www.smo.edu.mx/colegiados/apoyos/proyecto-investigacion.pdf>.

Jaramillo, Diana. (2009). Sistema de Control de Personal. Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones. Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral.

Rahimian, V., Ramsin, R., Designing and agile methodology for mobile software development: a hybrid method engineering approach. Second International Conference on Research Challenges in Information Science, 2008. RCIS 2008, 3- 6 June 2008, Marrakech. pp. 337-342.

Diseño de un sistema de evaluación del clima y cultura organizacional

CARBALLO-MENDÍVI, Blanca*†, RÍOS-VÁZQUEZ, Nidia Josefina, LIZARDI-DUARTE, María Del Pilar y PORTUGAL-VÁSQUEZ, Javier

Instituto Tecnológico de Sonora. Calle 5 de Febrero 818, Centro, Urb. No. 1, 85000 Cd Obregón, Sonora

Recibido 20 Enero, 2017; Aceptado 04 Marzo, 2017

Resumen

Es común que en las organizaciones se presenten cambios que impacten al clima y cultura organizacional. Por ello se recomienda realizar evaluaciones periódicas que permitan obtener información de apoyo a la toma de decisiones. Este artículo aporta un modelo conceptual que representa un sistema de evaluación diseñado como apoyo al proceso de diagnóstico de clima y cultura organizacional, para generar información que sea relevante para la mejora continua. El sistema incluye un instrumento que fue diseñado a partir del análisis de otros instrumentos encontrados en la literatura. El instrumento incluye 48 reactivos agrupados en nueve dimensiones, cuyo contenido fue validado a través de juicio de expertos. Además se diseñó un mecanismo de procesamiento de información utilizando formularios de Google. El sistema propuesto no sólo orienta en la aplicación del instrumento y el procesamiento de los datos para la generación de reportes de resultados periódicos, sino que promueve la sistematización de una toma de decisiones que conlleva no sólo a la mejora de los aspectos del diagnóstico de clima y cultura organizacional, sino que además a partir de los resultados de su aplicación, permite identificar áreas de oportunidad del mismo proceso de evaluación, haciendo de este un proceso inteligente.

Clima organizacional, cultura organizacional, evaluación y diagnóstico, PHVA

Abstract

Changes are commons for the organizations. These changes could have an impact in organizational culture and work environment. Therefore is recommended to carry out periodic evaluations to obtain information to support the decision making process. This article presents a conceptual model that represents an evaluation system designed as support in the process of diagnosis of those variables, to obtain relevant information for continuous improvement. The system includes an instrument that was designed analyzing others instruments found in the literature. It includes 48 items grouped in nine dimensions, whose content were validated through expert judgment. In addition, an information system for processing data was developed using Google forms. The proposed system not only guides the instrument's application and the data processing for the generation of periodic reports of results, but also promotes the systematization of a decision making that leads not only to the improvement of aspects of organizational culture and work environment diagnosis, but also from the results of its application, allows identifying areas of opportunity of the evaluation process itself, making this an intelligent process.

Work environment, organizational culture, evaluation and diagnosis, PHVA

Citación: CARBALLO-MENDÍVI, Blanca, RÍOS-VÁZQUEZ, Nidia Josefina, LIZARDI-DUARTE, María Del Pilar y PORTUGAL-VÁSQUEZ, Javier. Diseño de un sistema de evaluación del clima y cultura organizacional. Revista de la Invención Técnica. 2017, 1-1: 61-75.

* Correspondencia al Autor (correo electrónico: blanca.carballo@itson.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

1. Introducción

Las organizaciones y las personas que las conforman cambian constantemente, esto derivado de los cambios vertiginosos que se viven en la actualidad. Esto obliga a las empresas a establecer nuevos objetivos, reestructurar su estructura organizacional, cambiar personal, modificar productos, incorporar nuevas tecnologías, entre otros.

La organización bajo estudio es una empresa familiar del sur de Sonora dedicada al comercio de productos del sector acuícola-pesquero, fundada a finales de los 80 por tres hermanos. Dado que en los últimos años esta empresa ha tenido un crecimiento importante, sus fundadores deciden conformar un Consejo y ceder la función de gestión de la organización a un director general, ajeno a la familia, reestructurando así su estructura organizacional. Además, vive un proceso de planeación estratégica que implica realizar cambios no solo a nivel organizacional, sino también en sus procesos operativos.

Asimismo, dado que el cambio de administración en la organización que generaron cambios de directivos, se realizaron modificaciones a los sistemas de compensaciones, generando rumores entre los trabajadores sobre posible recorte de personal y la desmotivación de los trabajadores. Adicionalmente, entre estas iniciativas de transformación que se han promovido en la empresa, se inicia un proyecto de formalización de sus procedimientos como parte del proceso para la implementación de un sistema de gestión de calidad, el rediseño de puestos de trabajos, entre otros cambios administrativos. Esta formalización de los procesos originó además un rediseño de puestos, dado que se encontró una deficiente distribución de tareas, inadecuada organización de trabajo, y deficiencias en la comunicación interna.

Dado lo anterior, es de interés del área de recursos humanos conocer la percepción, positiva o negativa, en relación con estos cambios, de tal manera que permitan administrar correctamente el cambio en la organización, ya que actualmente no se tiene cuenta con un mecanismo que permita obtener conocimiento sobre dicha percepción en relación a aspectos organizacionales, ambiente de trabajo, cultura y factores similares que puedan influir en el desempeño del personal.

El área de recursos humanos de una organización es un conjunto integrado de procesos dinámicos e interactivos en la cual se organizan, dirigen coordinan y estudian las actividades de los trabajadores de una empresa buscando mantener una correcta funcionalidad organizacional (Chiavenato, 2006). Esta área incluye la administración de relaciones laborales. Sin embargo, aun cuando se hayan definido mecanismos que favorezcan la resolución de conflictos, es imposible controlar todas las situaciones que se pueden presentar en una organización. Dada esta imposibilidad de evitar las problemáticas presentadas internamente, es importante realizar evaluaciones de clima y cultura organizacional que ayuden a identificar debilidades existentes y poderles dar una posible solución.

El clima organizacional surge como resultado de la manera en la que el personal es dirigido, por sus condiciones laborales, el flujo de comunicación, y el sistema de reconocimiento y recompense que adopte la organización. Este clima influye en el desempeño del personal, pudiendo afectar su productividad, creatividad y estado de ánimo, obstaculizando así la generación de valor e impacto que desea tener la empresa. Por ello, su diagnóstico permite obtener información de primera fuente que le ayude a entender lo que se necesita mejorar.

Por su parte, la mayoría de los estudios en cultura organizacional asumen que ésta es compartida por los miembros de la organización, generando armonía y unión hacia la consecución de metas y objetivos comunes (Martin, 2002). Esta actúa como un sistema de control social y puede influir en actitudes y comportamientos de las personas a través de los valores y creencias que se viven en la empresa (Lacatus, 2013).

Así pues, la cultura organizacional es un factor elemental en la implementación de nuevos modelos de gestión, como los planteados por ISO, que traen consigo como consecuencia nuevas metas y acciones de transformación de condiciones de trabajo (Charón Durive, 2007).

Tanto la cultura organizacional como el clima laboral, son variables que han demostrado tener influencia directa en la satisfacción del personal y el compromiso institucional (Lacatus, 2013), siendo complementarios entre sí. Si en la empresa la cultura organizacional no fomenta en los empleados, sentido de pertenencia y orgullo por su labor, entonces se corre el riesgo de que se generen creencias que afectan el clima (Vicuña-Tapia, Barboza-Carrasco, Margarito, Reyes-Martínez, & Ramírez-Ramírez, 2016).

Dado esto, es importante que se monitoreen dichas variables, ya que pueden aportar información que permita describir la situación que vive día a día una organización, y servir de apoyo en la toma de decisiones orientada a la mejora continua.

1.1 Justificación

Un adecuado clima laboral y una cultura organizacional que favorezca la implementación de cambios en una organización, no solo contribuye a la identificación del empleado con la empresa, al fortalecimiento de sus valores, comunicación interna, motivación y satisfacción laboral, sino que promueve la obtención de mejores resultados en todos los niveles.

Por el contrario, cuando en una empresa no hay un clima y cultura organizacional adecuada, las nuevas ideas y métodos de trabajo no serán aceptados fácilmente y el cambio no ocurrirá al ritmo que se requiere, ya que cuando estos factores son débiles, el personal tiende a cumplir con lo mínimo sin comprometerse.

Por ello, hacer evaluaciones periódicas y de manera sistematizada de estos factores permitirá a la Alta Dirección saber si el personal involucrado en los cambios estará comprometido para desarrollar las habilidades requeridas cuando se necesiten resolver problemas. Esta información le permitirá tomar decisiones pertinentes que conlleven a la implementación de acciones mejora, y así obtener los resultados esperados.

1.2 Problema

Derivado de los cambios implementados en la organización bajo estudio, tales como la reestructuración organizacional, la formalización de procedimientos como parte del proceso para la implementación de un sistema de gestión de calidad, el rediseño de puestos de trabajo, entre otros, se han generado rumores entre los empleados sobre un posible recorte de personal, por lo cual se muestran desmotivados.

Sin embargo, esta es tan sólo una percepción, ya que no se cuenta con mecanismos formales para obtener información de primera fuente sobre el clima y la cultura organizacional que se tiene actualmente en la empresa.

Ante esta situación se plantea como pregunta de investigación lo siguiente: ¿Cómo sistematizar la medición de la situación actual de la empresa con respecto al clima y cultura organizacional?

1.3 Hipótesis

El clima y la cultura organizacional son variables que pueden ser medidas a través de la implementación de un sistema que recolecte, almacene y procese información que pueda ser analizada y utilizada para tomar decisiones que favorezcan las condiciones de trabajo y la creación de valor.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Diseñar un proceso de diagnóstico de clima y cultura organizacional para contar con un mecanismo que permita obtener información de apoyo a la toma de decisiones.

1.4.2 Objetivos específicos

- Diseñar un cuestionario.
- Validar el cuestionario diseñado.
- Desarrollar un mecanismo para el procesamiento de datos.
- Documentar el procedimiento de aplicación

2. Marco Teórico

2.1 Cultura organizacional

La cultura organizacional es todo aquello que identifica a la organización y la diferencia de otra; se transmite en el tiempo y se va adecuando de acuerdo a las influencias externas y a las personas internas (Mejía-Rocha, 2016). Este concepto ha evolucionado a través de los años desde las aportaciones de Elton Mayo. Así pues, entre sus estudiosos se encuentran Pettigrew (1979), Hofstede (1984), Ouchi y Wilkins (1985), Schein (1998), Deal y Kennedy (1982), Smircich (1983), Denison (1990), Trompenaars y Hampden-Turner (1997), Cameron y Quinn (2011), entre otros.

El concepto ha evolucionado desde ser un concepto antropológico y psicosocial hasta reunir características o elementos comunes presentes en las organizaciones exitosas orientadas a resultados. Estas características incluyen proximidad al cliente, autonomía, emprendedurismo interno, productividad de las personas, dirección por valores y una estructura simple y ágil.

La cultura organizacional ha demostrado tener influencia directa en la satisfacción del personal y el compromiso institucional (Lacatus, 2013), tomando en cuenta aspectos como motivación, identificación institucional, comunicación y se fortalecen los valores (Cújar-Vertel, Ramos-Paternina, & Hernández-Riaño, 2013). En la literatura académica se reportan diversos modelos/instrumentos para medir la cultura organizacional. Uno de los más difundidos es Denison Organizational Culture Survey (DOCS) propuesto por Denison y Neale se compone de 12 sub-escalas o índices que se agrupan en 4 dimensiones o rasgos culturales: participación, consistencia adaptabilidad y misión (Mission).

El instrumento cuenta con 60 ítems en total (Denison Consulting Group, 2009). Asimismo, en el mundo de la consultoría existen organizaciones que ofrecen soluciones en estos temas de evaluación organizacional. Por ejemplo, la empresa Reddin utiliza un instrumento que llama DCO (Diagnóstico de Cultura Organizacional), el cual consta de 8 dimensiones y 80 ítems en total divididos en las siguientes categorías: productividad, liderazgo, estructura organizacional, comunicación, manejo de conflictos, manejo de Recursos Humanos, participación y creatividad (Reddin Consultants, s.f.).

2.2 Clima organizacional

El clima organizacional se refiere a las apreciaciones que los trabajadores tienen de lo que ocurren en el medio laboral. Es importante monitorear este factor ya que la conducta de un empleado es el resultado de su percepción hacia la organización donde labora, la cual está condicionada a las experiencias que tenga en ella (Giraldo, Romero-Reales, Vizcaíno, & Ceballos-Ospino, 2011).

Likert y Gibson, como indica García-Solarte (2009), plantean que el clima organizacional es un término que se utiliza para describir la estructura psicológica de las organizaciones, que incluye la sensación, personalidad o carácter del ambiente interno que experimentan las personas que participan en ella, y que influye en su comportamiento.

Según lo indicado en la literatura, este concepto puede describirse en términos de una serie de características o atributos de la organización. Likert citado por Brunet (2004) planteaba ocho dimensiones: métodos de mando, fuerzas motivacionales, procesos de comunicación, influencia, toma de decisiones, planificación, control, y objetivos de desempeño y mejora.

Por su parte, Litwin y Stringer (1968) proponen nueve dimensiones para medir la percepción de los trabajadores: estructura (reglas y jerarquías), responsabilidad (autonomía para tomar sus propias decisiones), recompensa (remuneración por su trabajo), riesgos (reto del trabajo), calor (ambiente grato), apoyo (espíritu de ayuda de otras personas), estándares (metas), conflicto (aceptación de opiniones diferentes), e identidad (sentido de pertenencia).

Asimismo, Pritchard y Karasick citado por Brunet (2004) presentan once dimensiones: autonomía (libertad para tomar decisiones), conflicto y cooperación (colaboración entre empleados), relaciones (atmósfera social y amistad), estructura (directrices y políticas), remuneración (retribuciones), rendimiento (relación remuneración-trabajo), motivación, estatus (diferencias jerárquicas), flexibilidad e innovación (voluntad hacia el cambio), centralización y toma de decisiones (forma de delegar la toma de decisiones) y apoyo (soporte de la alta dirección a los empleados). Para la medición de estos factores, los autores han instrumentado para medir el clima organizacional. Por ejemplo, Litwin y Stringer proponen instrumentos para medir el clima, el cual ha sido adaptado y/o utilizado por otros autores latinos como Acosta y Venegas (Acosta & Venegas, 2010).

De igual forma, se han propuesto otros como el Instrumento de Medición del Clima Organizacional en Empresas Colombianas (IMCOC) utilizado por Ceballos-Moreno y Ceballos-Ospino (2008). Este instrumento valora lo siguiente: objetivo, cooperación, liderazgo, toma de decisiones, relaciones interpersonales, motivación y control.

Otros instrumentos diseñados con este objetivo son los que presentan Martínez-Prats, Rebollo-Meza, Reyes-Cornelio y Robles-Francia (2016), Giraldo, Romero-Reales, Vizcaíno y Ceballos-Ospino (2011), Gómez Rada (2004) y Rodríguez Mantilla y Fernández Díaz (2015).

2.3 Relación entre el clima y la cultura organizacional

Para Schneider (2000) el clima organizacional es el reflejo visible de los elementos culturales. Es decir, si al interior de la cultura existen conflictos, el clima organizacional se verá afectado de forma negativa; por otro lado, si la cultura es armónica, el clima organizacional tenderá a ser positivo. Los procedimientos y políticas que rigen el funcionamiento de una organización son fruto de la cultura organizacional, puesto que surgen a partir del significado que los miembros de la organización les otorgan. Sin embargo, las formas de percepción que a sumen estos pasan a formar parte del clima organizacional (Schneider, 2000).

De acuerdo con Brunet (2004) el clima organizacional permite conocer, evaluar y actuar sobre las fuentes de estrés o de insatisfacción que contribuyen al desarrollo de actitudes negativas hacia la organización, y por ende su estancamiento o deterioro. De esta forma, el clima organizacional es punto de partida para iniciar y mantener un cambio sobre los aspectos o dimensiones culturales que requieran apoyo.

Así pues, la cultura organizacional contribuye a la construcción de la percepción que los trabajadores poseen acerca de la realidad de su trabajo o clima organizacional. Por su parte, la percepción influye en el comportamiento de los individuos, así como en el reforzamiento de la cultura organizacional.

2.4 Metodologías para la medición de clima y cultura organizacional

Aunque de acuerdo a lo mencionado por Mejía-Rocha (2016), el clima se puede medir a través de encuestas y es cuantificable, mientras que la cultura se puede observar, siendo calificable, en la literatura no sólo se reportan instrumentos y casos de su aplicación en diversas organizaciones como los casos ya mencionados, sino que además instituciones gubernamentales de diversos países, preocupados por las condiciones de trabajo de sus funcionarios, han creado sus propios manuales que describen el proceso de medición de ambos factores, clima y cultura.

Por ejemplo, el Ministerio de Salud de Perú (2009) establece un documento donde presentan las fases propuestas para el estudio del clima organizacional: alineamiento (construcción del instrumento), sensibilización del personal (comunicación interna y validación del instrumento), medición, análisis y entrega de los resultados acciones de mejora.

Respecto a la validación de instrumento se puede comentar que para todo proceso de evaluación es indispensable identificar el grado en el que el instrumento mide la variable deseada. Buela-Casal & Sierra (1997) indican que esta puede ser validez de contenido, validez referida a un criterio externo (correlación entre el test y un criterio externo, como otro test) y validez de constructo (si el test evalúa realmente el rasgo que pretende evaluar).

Además, estos autores proponen que a todo instrumento se haga una prueba de validez de contenido, la cual define la relevancia del contenido del test y representatividad de los ítems respecto a la totalidad del rasgo evaluado.

Para asegurar que el contenido de un dominio está bien definido, y asegurar la validez de contenido, se recomienda acudir a un grupo de expertos, que puedan identificar ítems no incluidos, y/o apoyar en la eliminación de los considerados como no relevantes (Mendoza & Garza, 2009).

La validez de contenido en instrumentos que miden aspectos psicológicos como es el caso del clima y cultura organizacional, generalmente se evalúa a través de un panel o un juicio de expertos, y en muy raras ocasiones la evaluación está basada en datos empíricos, ya las observaciones experimentales están limitadas (Escobar-Pérez & Cuervo-Martínez, 2008). De acuerdo a Mendoza & Garza (2009) para validar el contenido de un instrumento en panel de expertos se debe considerar los siguientes:

Expertos académico-práctico de metodología del dominio, que tenga nivel postgrado y sea investigador activo, y/o experto empresarial que trabaje en un departamento relacionado, con antigüedad mínima de 3 años, y contar con un estatus de Gerente y/o Directivo. Por su parte, Moriyama (1968) propone los siguientes criterios que permiten al experto evaluar los ítems: a) razonable y comprensible, es decir, que se comprenda el por qué los ítems, en relación con el fenómeno que se pretende medir; b) sensible a variaciones en el fenómeno que se mide, refiriéndose al hecho que si del instrumento puede derivarse un índice que distinga a los sujetos evaluados; c) con justificaciones intuitivamente razonables de la presencia de cada ítem; d) con claridad en su definición; y e) derivable de datos factibles de obtener, es decir, si es posible obtener la información deseada a partir de las respuestas dadas.

Por último, es importante mencionar que no sólo es necesario el diseño y validación de un instrumento, sino que toda organización debe establecer los procesos y procedimientos que permitan la implementación de la evaluación de manera anónima, explique cómo realizar el análisis de los datos obtenidos y generar un reporte de los resultados en informes amigables que incluyan los resultados desde un enfoque tanto cuantitativo como cualitativo.

Asimismo, es esencial que se definan acciones concretas, no solo para mejorar la situación que prevalece en la organización respecto a la cultura y clima organizacional, sino para mejorar los propios procesos de evaluación, siguiendo una filosofía de mejora continua según los principios del Planear-Hacer-Verificar-Actuar tan aplicado en diversos contextos (Souza, 2016; Moen & Norman, 2010; Maruta, 2012; Prashar, 2017; Pietrzak & Paliszkiewickz, 2015; Cristiane, Boszczowski, Maciel, Santoro, & Colombari, 2014; Arellano-González, Carballo-mendivil, & Ríos-Vázquez, 2017).

3. Metodología de Investigación

Esta es una investigación cualitativa con enfoque hacia el diseño, basada en bibliografía y documentos internos de una organización objeto de estudio. Los resultados han sido elaborados a partir de revisión bibliográfica de otras investigaciones que han estudiado y propuesto metodologías para la medición de las variables de clima laboral y cultura organizacional. Los autores revisados siguen la misma la misma secuencia metodológica para el diseño de instrumentos, comenzando por el diseño y la elaboración del instrumento, como también pasando por una validez de contenido, las cuales se tomaron en cuenta para el diseño de la metodología que se utilizó en la presente investigación, la cual se dividió en los tres momentos que se explican a continuación.

3.3 Diseño idealizado del sistema de evaluación de clima y cultura organizacional

Para el diseño del sistema se considera lo establecido por la Metodología de Sistemas Suaves (SSM) de Checkland y Scholes (1994) y su adaptación por (Arellano-González, Carballo-mendivil, & Ríos-Vázquez, 2017) para diseñar un sistema y representarlo en un modelo conceptual.

Para elaborar este modelo conceptual se mapeó el sistema en un diagrama tipo “caja negra”, representando el flujo de las acciones que deben seguirse para realizar evaluaciones de manera sistematizada. Este diseño consideró además la filosofía del PHVA como referente de diseño de procesos, así como los lineamientos de la norma ISO 9001 (2015) para los sistemas de gestión. Por último, se desarrolló un sistema de ayuda usando hojas de cálculo en web (formularios google), partiendo del instrumento diseñado, para facilitar su implementación.

Así pues, se desarrolló un mecanismo de procesamiento de información que se modificaba automáticamente cada vez que el instrumento virtual fuera contestado, para lo anterior se diseñó un complemento a la hoja donde se recolectan automáticamente las respuestas del instrumento virtual, se añadió una hoja donde se le otorga puntuación a las respuestas de acuerdo a la escala de Likert establecida, la cual permite realizar un promedio de cada respuesta de los ítems por dimensión, y con ello generar una gráfica radial por dimensión. Asimismo, se calcula un porcentaje por dimensión y se elabora una gráfica radial global.

3.2 Diseño y validación del instrumento

Para obtener el diseño del instrumento, primeramente se definieron las dimensiones a evaluar, para lo cual se recopilaron estudios referenciales sobre clima y cultura organizacional, donde los autores hacían mención a diferentes dimensiones las cuales se concentraron en una tabla comparativa para después seleccionar las más repetidas. Para ello, también se consiguió la opinión por parte de las autoridades de la empresa, quienes de igual forma realizaron observaciones en cuanto a las dimensiones a considerar, con el fin de que estos fueran significativos y pudieran trazar lo mejor posible tanto el clima como la cultura organizacional.

Posteriormente se realizó una evaluación en reuniones tipo taller con el coordinador de recursos humanos, donde se calificó a los reactivos propuestos para las dimensiones antes seleccionadas, como sigue: Q (quitar), R (modificar redacción), y S (si incluir). De esta manera se seleccionaron los reactivos, obteniendo una lista depurada, con los cuales se elaboró la primera versión del instrumento.

Tomando a consideración la escala de Likert para las respuestas donde: 1=Totalmente en desacuerdo, 2=desacuerdo, 3=Acuerdo y 4=Totalmente de acuerdo, e incluyendo las instrucciones de llenado e información necesaria sobre el encuestado.

Para comprobar la validez de contenido se consultaron expertos, para su selección se consideró el grado académico y experiencia profesional, para de este modo facilitar un análisis integral del instrumento a partir de su valoración como especialistas. Se seleccionaron ocho expertos relacionados con el área de recursos humanos, los cuales contaban también con experiencia en el aspecto de clima y cultura organizacional.

Por medio de un formulario, se les solicitó la valoración de cada ítem utilizando como guía los criterios de Moriyama (1968), evaluando la estructura básica del instrumento, el número y alcance de las preguntas; y agregar cualquier otro aspecto que en su experiencia fuera importante.

Los criterios para la valoración fueron: a) comprensible: se refiere a que el encuestado entienda qué se le pregunta en el ítem; b) impacto: se refiere a que respuestas del ítem muestren diferencias en la variable que se medirá; c) pertinencia o con suposiciones básicas justificables e intuitivamente razonables: se refiere a que desde el punto de vista lógico y teórico sea razonable pensar que el ítem contribuye a medir el clima organizacional; y d) derivable de datos factibles de obtener: se refiere a que sea posible en la práctica obtener la información necesaria para dar respuesta al ítem.

Cada experto evaluó el ítem asignándole un valor para cada uno de los criterios antes expuestos, según la siguiente escala: mucho (3), suficiente (2), poco (1) y nada (0). Posteriormente, se identificaron aquellos ítems que en alguno de los aspectos evaluados obtuvieron calificación de por menos del 70% de los expertos. Esos ítems fueron analizados, corregidos y sometidos nuevamente a la opinión de los expertos hasta ser evaluados del 70% o más.

3.3 Desarrollo de un sistema de ayuda para la aplicación del instrumento y su procesamiento

Una vez el instrumento validado, se generó la versión final en la plataforma virtual formularios de google, agregando un encabezado donde indica la información del encuestado como: situación laboral (planta/contrato), escolaridad y departamento al que pertenece dentro de la organización. La respuesta del instrumento es totalmente anónima por lo que no se solicita información personal del encuestado. Además, se agregó una breve introducción y agradecimiento.

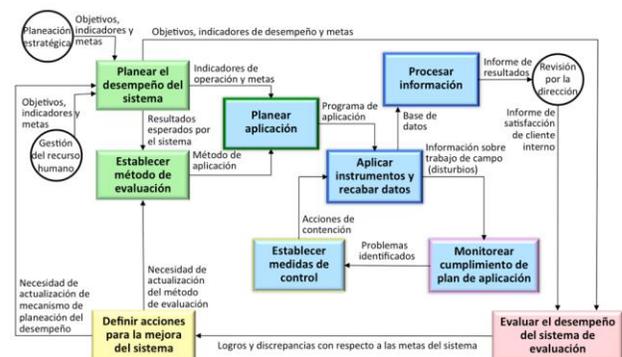


Figura 1 Modelo conceptual del sistema de evaluación del clima y cultura organizacional
Fuente: Elaboración propia.

4. Resultados

El sistema de evaluación diseñado para orientar el proceso diagnóstico de clima y cultura organizacional se representa en el modelo conceptual de la figura 1, donde se plasman las actividades de primer nivel con sus respectivas entradas y salidas, siguiendo la lógica del modelo básico de un sistema “caja negra” y las fases de la filosofía PHVA representadas con colores (Planear=verde, Hacer=azul, Verificar=rosa, Actuar=amarillo).

Con el PHVA incluido en el diseño se logra que el sistema de evaluación sea autónomo y permita identificar las problemáticas que se vayan presentando durante su implementación, y orientar la definición de acciones para la mejora.

El modelo de la Figura 1 inicia con la fase de planeación del PHVA (color verde), que requiere información no sólo proveniente del proceso de gestión de recursos humanos, sino también del plan estratégico donde se define la filosofía organizacional, así como objetivos, indicadores y metas. Con esta información se planea el desempeño del sistema de evaluación, estableciendo los resultados que debe entregar, mismos que son insumo para el diseño del método de aplicación que incluye el instrumento.

El instrumento propuesto (ver Anexo) incluye 48 reactivos categorizados en las nueve dimensiones siguientes:

- Organización: conocimientos sobre filosofía empresarial y percepción hacia la organización.
- Estructura: percepción sobre si se cuenta con el personal idóneo para realizar sus labores.
- Trabajo en equipo: percepción hacia el ambiente de trabajo y trabajo colaborativo.
- Comunicación: medios que permiten una comunicación clara y transparente.
- Condiciones de trabajo: disposición de herramientas necesarias para realizar el trabajo.
- Liderazgo: percepción hacia el responsable inmediato.
- Carrera profesional: preparación y desarrollo profesional al ingresar y durante el periodo laboral.

- Satisfacción en el puesto de trabajo: conocimiento respecto al puesto de trabajo, tareas y responsabilidades.
- Sueldos y beneficios: conocimiento de incentivos, prestaciones (formas de pago), cálculo de comisiones, descuentos y todo lo referente.

La validación del contenido del instrumento se realizó por expertos (ver tabla 1), la cual mostró alta relevancia de la totalidad de los reactivos propuestos para el instrumento, por lo que los cambios y correcciones necesarias fueron ortográficas, gramaticales y de redacción para mejorar la claridad y comprensión a la lectura. Por su parte, en la fase del Hacer del modelo de la figura 1 (color azul) incluye otro ciclo PHVA, ya que para realizar la aplicación del instrumento propuesto se requiere primero elaborar un programa que indique las fechas para su aplicación y defina los recursos necesarios. Asimismo, es posible que durante su aplicación se presenten situaciones problemáticas que deban atenderse inmediatamente para cumplir con las metas relacionadas con dicha aplicación.

Dimensión	C	I	P		F
			Cult	Clim	
Organización	0.92	1.00	0.97	1.00	0.94
Estructura	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Trabajo en equipo	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00
Comunicación	1.00	1.00	1.00	1.00	0.98
Condiciones de trabajo	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Liderazgo	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Carrera profesional	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Satisfacción en el puesto de trabajo	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Sueldos y beneficios	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Tabla 1 Resultados de la validación por expertos

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Comprensible (C), Impacto (I), Pertinencia (P), Fácil respuesta (F)

El resultado de esta fase operativa del Hacer es un informe de resultados, procesados en tablas y gráficos, que debe entregarse como uno de los insumos para la Revisión por la Dirección sugerida por la norma ISO 9001 (2015).

Como apoyo para esta actividad de procesamiento, se desarrolló un sistema de ayuda usando los formularios de google. Este se representa en la figura 2. En la figura 2 se muestra la plantilla de la hoja que refleja el resultado final del procesamiento de la información arrojada por el instrumento. Sin embargo, también se observa que este sistema incluye otras hojas. La primera recoge las respuestas dadas por los encuestados a cada uno de los ítems del instrumento, las cuales son generadas automáticamente al contestar la encuesta. La segunda hoja llamada puntuación otorga un valor a cada respuesta, según la escala de Likert propuesta en el instrumento. Con esta puntuación se genera un promedio, por cada una de los ítems, que se presenta en la tercera hoja llamada promedio.

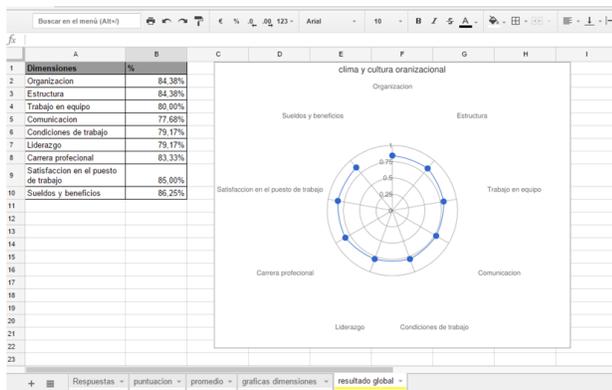


Figura 2 Mecanismo de procesamiento de datos
Fuente: Elaboración propia

Una vez generado el promedio de las respuestas en la cuarta hoja llamada gráficas dimensiones, se muestra una gráfica radial por cada una de las dimensiones en un rango de 0 a 4. Finalmente, como ya se mencionó, la última hoja llamada resultado global establece el porcentaje de cada dimensión considerando los promedios de sus respectivos ítems, y genera una gráfica que refleja un rango de 0 a 1 para mostrar la situación de todas dimensiones de manera integral.

Es importante mencionar que también se elaboró un procedimiento que incluye un diagrama de flujo de funciones cruzadas, que dado su extensión no se incluye en este artículo, cuyo objetivo fue contar con una ayuda adicional con detalle y visual respecto al sistema de evaluación, que permita explicar a los involucrados en la empresa, con más detalle y de una forma más clara y efectiva, la realización de cada una de las actividades que no sólo permitan realizar la aplicación del instrumento y su procesamiento, sino las actividades posteriores que lleven a la organización a plantear acciones de mejora y darles el seguimiento hasta su cierre, todo esto cumpliendo con lo sugerido por la norma ISO 9001 (2015).

Agradecimiento

Esta publicación fue financiada con fondos PFCE 2017 y PROFAPI 2017-2357 otorgados al Instituto Tecnológico de Sonora. De igual manera se agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México (CONACYT) y al Instituto Mexicano del transporte (IMT) por el apoyo otorgado a través del Laboratorio Nacional Sistemas de Transporte y Logística (SiT-LOG Lab) Sede ITSON para el desarrollo del proyecto.

5. Conclusiones

Todas las empresas deben preocuparse por ofrecer a sus trabajadores un ambiente organizacional sano, agradable, productivo, ya que el recurso humano es indispensable para el funcionamiento de cada una de ellas. Así los trabajadores, mantendrán su gusto por ir a trabajar cada día, las relaciones laborales serán positivas, representarán a la empresa con orgullo y esto ayudará al logro de las metas deseadas por la organización.

Sin embargo, no sólo basta con preocuparse, sino que el establecimiento de mecanismos adecuados para valorar el clima y cultura organizacional es primordial para la detección oportuna de los problemas u oportunidades que se presenten dentro de la empresa. De esta manera se podrán tomar de decisiones basada en hechos y definir planes de acción para orientar a la organización hacia la mejora continua.

Para futuras investigaciones se propone implementar el sistema propuesto para generar datos que permitan la validación de los constructos, y determinar la confiabilidad de los instrumentos.

6. Referencias

Cújar-Vertel, A. d., Ramos-Paternina, C. D., & Hernández-Riaño, H. (2013). Cultura organizacional: evolución en la medición. *Estudios Gerenciales*, 29 (128), 350-355.

Lacatus, M. L. (2013). Organizational culture in cotemporary university. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 76, 421-425.

Cameron, K. S., & Quinn, R. E. (2011). *Diagnosing and Changing Organizational Culture: Based on the Competing Values Framework* (3rd ed.). San Francisco: John Wiley & sons.

Charón Durive, L. (2007). Importancia de la cultura organizacional para el desarrollo del sistema de gestión de la calidad. *Ciencia en su PC* (5), 87-95.

Checkland, P., & Scholes, J. (1994). *La Metodología de los Sistemas Suaves de Acción*. Mexico: Limusa.

Ceballos-Moreno, K., & Ceballos-Ospino, G. A. (2008). Diagnóstico del clima organizacional en una empresa de producción de aceite de palma africana de la ciudad de Santa Marta 2006. *Clío América*, 2 (3), 111-121.

Chiavenato, I. (2006). *comportamiento organizacional, la dinamica del exito en las organizacones*. Mexico: Mc Graw Hill.

Litwin, G., & Stringer, R. (1968). *Motivation and organizational climate*. Boston: Harvard Business School Press.

Cristiane, S., Boszczowski, A., Maciel, M., Santoro, F., & Colombari, M. (2014). Usefulness of PDCA Tool as a Means of Implementing a Plan for Reduction of Catheter-related Bloodstream Infection Rates in ICU. *American Journal of Infection Control*, 42 (6), S53.

Acosta, B., & Venegas, C. (2010). Clima organizacional en una empresa cervecera. *Revista IIPSI*, 13 (1), 163-172.

- Arellano-González, A., Carballo-mendívil, B., & Ríos-Vázquez, N. J. (2017). *Análisis y diseño de procesos: Una metodología con enfoque de madurez organizacional*. México: Pearson Educación.
- Brunet, L. (2004). *El clima de trabajo en las organizaciones: definición, diagnóstico y consecuencias*. Mexico: Trillas.
- Buela-Casal, G., & Sierra, J. C. (1997). *Manual de evaluación psicológica. Fundamentos, técnicas y aplicaciones*. Madrid: Siglo XXI.
- Deal, T. E., & Kennedy, A. A. (1982). *Corporate Cultures: The Rites and Rituals of Corporate Life. The rites and rituals of corporate life*. New York: Perseus Books Publishing.
- Denison Consulting Group. (2009). *Culture Getting Started Guide*. Retrieved from Denison Consulting: <http://staff.studentlife.umich.edu/files/dsa/Getting+Started+Guide.pdf>
- Denison, D. R. (1990). *Corporate culture and organizational effectiveness*. New York: John Wiley & sons.
- Escobar-Pérez, J., & Cuervo-Martínez, Á. (2008). Validez de contenido y juicio de expertos: una aproximación a su utilización. *Avances en Medición* (6), 27-36.
- García-Solarte, M. (2009). Clima Organizacional y su Diagnóstico: Una aproximación Conceptual. *Cuadernos de Administración* (42), 43-61.
- Giraldo, W. A., Romero-Reales, I., Vizcaíno, C. A., & Ceballos-Ospino, G. A. (2011). Estudio del clima organizacional en una empresa prestadora de servicio de vigilancia y seguridad privada. *Clío América*, 6 (11), 99-122.
- Gómez-Rada, C. A. (2004). Diseño, construcción y validación de un instrumento que evalúa clima organizacional en empresas. *Acta Colombiana de Psicología* (11), 97-113.
- Hofstede, G. (1984). *Culture's Consequences: International Differences in Work-Related Values*. United States of America: SAGE publications.
- International Standard Organization. (2015). *Sistema de Gestión de la Calidad. Requisitos*. Suiza: International Standard Organization.
- Martin, J. (2002). *Organizational culture: mapping the terrain*. Thousand Oaks: Sage University Press.
- Martínez-Prats, G., Rebollo-Meza, J., Reyes-Cornelio, R., & Robles-Francia, V. H. (2016). Análisis del clima organizacional, de la subsecretaría de coordinación y desarrollo de la educación media superior, SEP Tabasco. *Revista Sociología Contemporánea*, 3 (7), 1-11.
- Maruta, R. (2012). Maximizing knowledge work productivity: A time constrained and activities visualized PDCA Cycle. *Knowledge and Process Management*, 19 (4), 203-214.
- Mejía-Rocha, M. I. (2016). Cultura Organizacional: un análisis para su observación y estudio. *Revista de Filosofía y Cotidianidad*, 2 (2), 1-10.

- Mendoza, J., & Garza, J. B. (2009). La medición en el proceso de investigación científica: Evaluación de validez de contenido y confiabilidad. *InnOvaciOnes de NegOciOs*, 6 (1), 17-32.
- Ministerio de Salud. (2009). *Metodología para el Estudio del Clima Organizacional*. Dirección General de Salud de las Personas, Dirección de Calidad en Salud. Lima, Perú: Ministerio de Salud.
- Moen, R. D., & Norman, C. L. (2010). Circling Back clearing up myths about Deming cycle and seeing how it keeps evolving. *Quality Progress* (43), 22-28.
- Moriyama, I. (1968). *Indicador of social change. Problems in the measurements of health status*. New York: Rusell Sage Foundation.
- Ouchi, W., & Wilkins, A. (1985). Organizational culture. *Annual Review of Sociology*, 11, 457-483.
- Pettigrew, A. M. (1979). On Studying Organizational Cultures. *Administrative Science Quarterly*, 24 (4), 570-581.
- Pietrzak, M., & Paliszkiewickz, J. (2015). Framework of Strategic Learning: The PDCA Cycle. *Management* (10), 149-161.
- Prashar, A. (2017). Adopting PDCA (Plan-Do-Check-Act) cycle for energy optimization in energy-intensive SMEs. *Journal of Cleaner Production* (145), 277-293.
- Reddin Consultants. (s.f.). *Assessments Organizacionales*. Retrieved from Sitio web de Reddin Consultants: <http://www.reddinconsultants.com/>
- Rodríguez-Mantilla, J. M., & Fernández -Íaz, M. J. (2015). Diseño y validación de un instrumento de medida del clima en centros de educación. (U. N. Distancia, Ed.) *Educación XXI*, 18 (1), 71-98.
- Schein, E. (1998). *La cultura organizacional y el liderazgo*. Barcelona: Plaza & Janes.
- Schneider, B. (2000). *The Psychological Life in Organizations*. USA: Sage Publications.
- Smircich, L. (1983). Concepts of Culture and Organizational Analysis. *Administrative Science Quarterly*, 28 (3), 339-358.
- Souza, J. M. (2016). PDCA and Lean Manufacturing: Case Study in Appliance of Quality Process in Alfa Graphics. *Revista de Ciencias Jurídicas e Empresariales* (17), 11-17.
- Trompenaars, F., & Hampden-Turner, C. (1997). *Riding The Waves of Culture: Understanding Diversity in Global Business* (2nd ed.). United States of America: McGraw Hill.
- Vicuña-Tapia, H., Barboza-Carrasco, Margarito, Reyes-Martínez, L., & Ramírez-Ramírez, M. d. (2016). Un acercamiento al concepto de cultura organizacional. *Revista de Filosofía y Cotidianidad*, 2 (2), 33-45.

Anexo. Instrumento diseñado

Encuesta cultura organizacional y clima laboral

Fecha:	Escolaridad	Terminada	Trunca
	Primaria		
Situación laboral	Secundaria		
	Preparatoria		
	Planta	Técnico	
	Contrato	Universitario	

Departamento	
Dirección	Gerencia
Administración	Cajas
R.H.	Cartera
Control interno	Mostrador
Compras	Almacén
Cyc	Resina
Sistemas	Taller
Logística/cedis	Ventas

	TA	A	D	TD
Organización				
1 Se me ha comunicado y entiendo con claridad el marco filosófico (misión, visión, valores) de la empresa				
2 se comunican y se trabajan los objetivos que intentamos alcanzar en la organización				
3 Las reglas y políticas de la empresa son siempre cumplidas por todos los trabajadores				
4 En la organización, existe abuso de poder puestos				
5 Generalmente hay resistencia a las iniciativas que surgen para realizar cambios				
6 Pienso que la organización es un buen lugar para trabajar y me gustaría continuar trabajando aquí				
Estructura	TA	A	D	TD
7 El número de personas que integran mi departamento, es suficiente para atender sus funciones				
8 En mi departamento, hay duplicidad de funciones				
Trabajo en equipo	TA	A	D	TD
9 Cuando ingrese a la empresa, me sentí bienvenido				
1 Se alienta activamente la cooperación de todo el personal en los diferentes niveles de la empresa				
1 Trabajo en equipo con mis compañeros de departamento				
1 Tengo la cooperación y el apoyo de personas de otros departamentos				
1 Considero que existe un buen ambiente de trabajo				
Comunicación	TA	A	D	TD
1 Tengo disponible información necesaria sobre la empresa y su evolución				
1 Los comunicados internos me proporcionan información útil para a toma de decisiones				
1 Tengo disponible información sobre el catálogo de productos y servicios que ofrece la organización				
1 Conozco el reglamento interno de la empresa				
1 Cuando ingrese a la empresa, recibí información sobre la misma				
1 Cuando ingrese a la empresa, recibí suficiente información sobre el área donde trabajo y la función que realizo				
2 La comunicación sobre los resultados y desempeño de la empresa, es clara y transparente				
Condiciones de trabajo	TA	A	D	TD
2 Las condiciones de espacio, ruido, temperatura, iluminación, me permiten desempeñar mi trabajo con normalidad				

2	Dispongo de los materiales y recursos necesarios para realizar mi trabajo				
2	Los sistemas operativos (software) que proporciona la empresa, son adecuados para realizar mi trabajo				
3					
	Liderazgo	TA	A	D	TD
2	Mi jefe inmediato me proporciona periódicamente información sobre mi desempeño				
4	Mi jefe inmediato hace un seguimiento de mi plan de desarrollo individual				
2	Mi jefe inmediato me felicita cuando realizo bien mi trabajo				
2	Mi jefe inmediato escucha mis opiniones y me hace participe de las decisiones				
7					
2	Mi jefe inmediato es claro y específico cuando define mis objetivos de trabajo o los del departamento				
8					
2	Mi jefe inmediato se preocupa por mantener un buen clima en el equipo				
9					
3	Mi jefe inmediato me trata justamente y evita cualquier tipo de favoritismo				
0					
3	Mantengo una buena relación con mi jefe inmediato				
1					
3	Mi jefe inmediato se preocupa por conocer mis necesidades e intereses				
2					
	Carrera profesional	TA	A	D	TD
3	Al ingresar a la organización, recibí capacitación y/o entrenamiento para el puesto el cual desempeño				
3					
3	Recibo información para mejorar los conocimientos de mi trabajo				
4					
3	Tengo claro los criterios sobre los cuales evalúan mi desempeño				
5					
3	Tengo disponible información sobre los puestos vacantes en la empresa				
6					
3	Creo que tengo la oportunidad de desarrollarme profesionalmente en la organización				
7					
3	Las promociones internas se realizan de manera justa				
8					
	Satisfacción en el puesto de trabajo	TA	A	D	TD
3	Tengo la información que necesito para realizar mi trabajo con excelencia				
9					
4	Mi capacidad profesional está de acuerdo a las tareas y responsabilidades asignadas				
0					
4	Conozco cómo mi trabajo contribuye a conseguir los resultados de mi departamento				
1					
4	Tengo claro cuáles son mis tareas y responsabilidades				
2					
4	Actualmente estoy satisfecho con mi trabajo en la organización				
	Sueldos y beneficios	TA	A	D	TD
4	Conozco los beneficios que ofrece la organización de forma clara				
4					
4	Conozco las prestaciones que ofrece la organización de forma clara				
5					
4	Conozco en tiempo y forma mi recibo de nómina				
6					
4	Recibo información sobre los elementos que componen mi salario (salario base más beneficios)				
7					
4	Estoy satisfecho con las prestaciones que me ofrece la organización				
8					

Instrucciones para autores

[Título en Times New Roman y Negritas No.14]

Apellidos en Mayúsculas -1er Nombre de Autor †, Apellidos en Mayúsculas -2do Nombre de Autor
Correo institucional en Times New Roman No.10 y Cursiva

(Indicar Fecha de Envío: Mes, Día, Año); Aceptado (Indicar Fecha de Aceptación: Uso Exclusivo de ECORFAN)

Resumen

Título

Objetivos, metodología

Contribución

(150-200 palabras)

Abstract

Title

Objectives, methodology

Contribution

(150-200 words)

Keywords

Indicar (3-5) palabras clave en Times New Roman y Negritas No.11

Cita: Apellidos en Mayúsculas -1er Nombre de Autor †, Apellidos en Mayúsculas -2do Nombre de Autor. Título del Artículo. Título de la Revista. 2017, 1-1: 1-11 – [Todo en Times New Roman No.10]

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Instrucciones para autores

Introducción

Texto redactado en Times New Roman No.12, espacio sencillo.

Explicación del tema en general y explicar porque es importante.

¿Cuál es su valor agregado respecto de las demás técnicas?

Enfocar claramente cada una de sus características

Explicar con claridad el problema a solucionar y la hipótesis central.

Explicación de las secciones del artículo

Desarrollo de Secciones y Apartados del Artículo con numeración subsecuente

[Título en Times New Roman No.12, espacio sencillo y Negrita]

Desarrollo de Artículos en Times New Roman No.12, espacio sencillo.

Inclusión de Gráficos, Figuras y Tablas-Editables

En el *contenido del artículo* todo gráfico, tabla y figura debe ser editable en formatos que permitan modificar tamaño, tipo y número de letra, a efectos de edición, estas deberán estar en alta calidad, no pixeladas y deben ser notables aun reduciendo la imagen a escala.

[Indicando el título en la parte inferior con Times New Roman No.10 y Negrita]

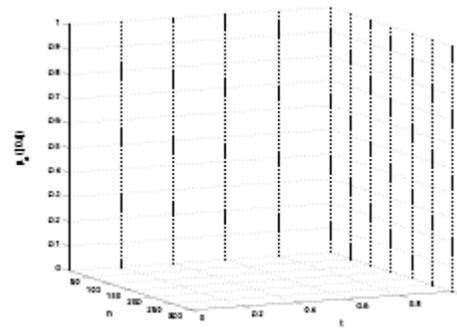


Gráfico 1 Titulo y Fuente (en cursiva).

No deberán ser imágenes- todo debe ser editable.

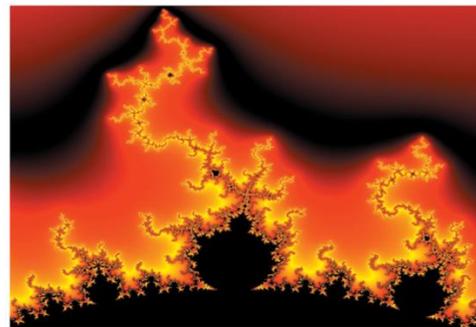


Figura 1 Titulo y Fuente (en cursiva).

No deberán ser imágenes- todo debe ser editable.

Tabla 1 Titulo y Fuente (en cursiva).

No deberán ser imágenes- todo debe ser editable.

Cada artículo deberá presentar de manera separada en **3 Carpetas**: a) Figuras, b) Gráficos y c) Tablas en formato .JPG, indicando el número en Negrita y el Titulo secuencial.

Instrucciones para autores

Para el uso de Ecuaciones, señalar de la siguiente forma:

$$Y_{ij} = \alpha + \sum_{h=1}^r \beta_h X_{hij} + u_j + e_{ij} \quad (1)$$

Deberán ser editables y con numeración alineada en el extremo derecho.

Metodología a desarrollar

Dar el significado de las variables en redacción lineal y es importante la comparación de los criterios usados

Resultados

Los resultados deberán ser por sección del artículo.

Anexos

Tablas y fuentes adecuadas.

Agradecimiento

Indicar si fueron financiados por alguna Institución, Universidad o Empresa.

Conclusiones

Explicar con claridad los resultados obtenidos y las posibilidades de mejora.

Referencias

Utilizar sistema APA. **No** deben estar numerados, tampoco con viñetas, sin embargo en caso necesario de numerar será porque se hace referencia o mención en alguna parte del artículo.

Ficha Técnica

Cada artículo deberá presentar un documento Word (.docx):

Nombre de la Revista

Título del Artículo

Abstract

Keywords

Secciones del Artículo, por ejemplo:

1. *Introducción*
2. *Descripción del método*
3. *Análisis a partir de la regresión por curva de demanda*
4. *Resultados*
5. *Agradecimiento*
6. *Conclusiones*
7. *Referencias*

Nombre de Autor (es)

Correo Electrónico de Correspondencia al Autor

Referencias

Formato de Originalidad



Taipei-Taiwan a ____ de ____ del 20____

Entiendo y acepto que los resultados de la dictaminación son inapelables por lo que deberán firmar los autores antes de iniciar el proceso de revisión por pares con la reivindicación de ORIGINALIDAD de la siguiente Obra.

Artículo (Article):

Firma (Signature):

Nombre (Name)

Formato de Autorización



Taipei-Taiwan a ____ de ____ del 20 ____

Entiendo y acepto que los resultados de la dictaminación son inapelables. En caso de ser aceptado para su publicación, autorizo a ECORFAN- Taiwan a difundir mi trabajo en las redes electrónicas, reimpresiones, colecciones de artículos, antologías y cualquier otro medio utilizado por él para alcanzar un mayor auditorio.

I understand and accept that the results of evaluation are inappealable. If my article is accepted for publication, I authorize ECORFAN- Taiwan to reproduce it in electronic data bases, reprints, anthologies or any other media in order to reach a wider audience.

Artículo (Article):

Firma (Signature)

Nombre (Name)

Revista de la Invención Técnica

Regulación del perfil de tensión nodal de sistemas de potencia mediante el Transformador Cambiador de Taps considerando cargas dependientes de tensión

GARCÍA-GUZMÁN, José Miguel, BIZARRO-AHEDO, Juan Daniel, ORTEGA-HERRERA, Francisco Javier y GONZÁLEZ-PONCE, María del Refugio

Python como una alternativa factible en el análisis de sistemas eléctricos de potencia

GARCÍA-GUZMÁN, José Miguel, VARGAS-RODRÍGUEZ, José Reyes, ORTEGA-HERRERA, F. Javier y GONZÁLEZ-PONCE, María del Refugio

Caracterización de los parámetros superficiales en películas anodizadas de aluminio 1050 preparadas por método electroquímico

LORES-CORTEZ, Salvador, HERNÁNDEZ-RIVERA, Javier, SANTIAGO-CRUZ, Samuel y FERNÁNDEZ-MADRIGAL, Arturo

Elaboración de un biofungicida a base de cola de caballo (*equisetum arvense*) por medio de tres técnicas

ARREGUIN-SOTO Javier, CORTÉS-PÉREZ, Víctor Antonino y RAMOS-AGUILAR, Maribel

Metodología para realizar análisis en condiciones extremas de los cables de guarda con fibra óptica para mejoramiento de su vida útil

JURADO-PEREZ, Fernando, ALVARADO-MARTÍNEZ, José Juan, GONZÁLEZ-CABRERA, Néstor , TORRES-JIMÉNEZ, Jacinto

Sistema de ayuda a la gestión del mantenimiento de maquinaria y vehículos en un Distrito de Riego

FLORES-CARBALLO, Alba Nohemí, PÉREZ-OSUNA, Sergio, CARBALLO-MENDÍVIL, Blanca y ARELLANO-GONZÁLEZ, Alejandro

Sistema de control de acceso constituido de elementos biometricos (huella dactilar), un microcontrolador (Atmel) y aplicaciones móviles en Android

GONZÁLEZ-RAMOS, Alma Delia, MACÍAS-GONZÁLEZ, María del Consuelo, RUELAS-CALLEJAS, Isabel Cecilia y QUIROZ-GONZÁLEZ, David

Diseño de un sistema de evaluación del clima y cultura organizacional

CARBALLO-MENDÍVI, Blanca, RÍOS-VÁZQUEZ, Nidia Josefina, LIZARDI-DUARTE, María Del Pilar y PORTUGAL-VÁSQUEZ, Javier

Instituto Tecnológico de Sonora

