

ISSN 2444-4987

Volumen 3, Número 10 – Octubre – Diciembre - 2017

Revista de Investigación y Desarrollo

ECORFAN[®]



ECORFAN-Spain

Indización

Google Scholar

Research Gate

REBID

Mendeley

RENIECYT

ECORFAN-Spain

Directorio

Principal

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD.

Director Regional

MIRANDA-GARCIA, Marta. PhD.

Director de la Revista

SERRUDO-GONZALES, Javier. BsC.

Edición de Logística

PERALTA-CASTRO, Enrique. PhD.

Diseñador de Edición

SORIANO-VELASCO, Jesus. BsC.

Revista de Investigación y Desarrollo, Volumen 3, Número 10, de Octubre a Diciembre - 2017, es una revista editada trimestralmente por ECORFAN-Spain. Calle Matacerquillas 38, CP: 28411. Moralarzal -Madrid. WEB: www.ecorfan.org/spain, revista@ecorfan.org. Editora en Jefe: RAMOS –ESCAMILLA, María, Co-Editor: MIRANDA –GARCÍA, Marta, PhD. ISSN-2444-4987. Responsables de la última actualización de este número de la Unidad de Informática ECORFAN.ESCAMILLA –BOUCHÁN, Imelda, LUNA-SOTO, Vladimir, actualizado al 31 de Diciembre 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 Centro Español de Ciencia y Tecnología.

Consejo Editorial

MARTINEZ-BRAVO, Oscar Mario, PhD

Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica-UNAM- México

PÉREZ-RAMÍRE, Rigoberto, PhD

Universidad Autónoma del Estado de México-México

SOUSA-GONZÁLEZ, Eduardo, PhD

Universidad Autónoma de Nuevo León- México

BLANCO-ENCOMIENDA, Francisco Javier, PhD

Universidad de Granada-Spain

GARCÍA VILLANUEVA-Jorge, PhD

Universidad Pedagógica Nacional- México

ALIAGA-LORDEMANN, Francisco Javier, PhD

Universidad de Zaragoza-Spain

GARCÍA Y-BARRAGÁN, Luis Felipe, PhD

Universidad de Guanajuato-México

ARANCIBIA- VALVERDE, María Elena, PhD

Universidad Pedagógica Enrique José Varona de la Habana- Cuba

TORRES-HERRERA, Moisés, PhD

Universidad Autónoma de Barcelona-Spain

LINAREZ-PLACENCIA, Gildardo, PhD

Centro Universitario de Tijuana-México

DOMÍNGUEZ-GUTIÉRREZ, Silvia, PhD

Universidad de Guadalajara-México

Consejo Arbitral

TCME, PhD

UPIICSA –IPN-México

ABD, PhD

Escuela Superior de Economía-IPN-México

GIMR, PhD

Universidad Nacional Autónoma de México-México

SAOH, PhD

Centro de Investigación en Energía –UNAM-México

CBC, PhD

Universidad Autónoma Metropolitana-México

GGO, PhD

Universidad Autónoma Metropolitana-México

PRR, PhD

Universidad Iberoamericana-México

EVFJ, PhD

Universidad de Sonora-México

Presentación

ECORFAN, es una revista de investigación que publica artículos en el área de: Investigación y Desarrollo

En Pro de la Investigación, Docencia, y Formación de 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 del Editor en Jefe.

Como primer artículo presentamos, *Modelo de percolación para representar el comportamiento del capital humano dedicado a la I+D*, por SÁNCHEZ-HERNÁNDEZ, Guillermo L. NUÑO-DE-LA-PARRA, José P., IZQUIERDO-GARCIA, Belinda y SAN GABRIEL-RIVERA, Isaias, con adscripción en la Universidad Veracruzana y la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, como siguiente artículo presentamos, *Posicionamiento óptimo de estaciones base áreas en redes móviles*, por BORDON-LOPEZ, Raikel, LOPEZ-MONTEAGUDO, F. Eneldo y OLVERA-OLVERA, Carlos, con adscripción en la Universidad Autónoma de Zacatecas Francisco García Salinas (UAZ), como siguiente artículo presentamos, *Caracterización Nutricional de un Cultivo Controlado de Jitomate Silvestre Mediante Imágenes Multiespectrales*, por SÁNCHEZ-SUÁREZ, Isahi, LORETO-GOMEZ, Gerardo, PADILLA-MAGAÑA, Jesús Fernando, GARCÍA-SAUCEDO, Pedro Antonio, como siguiente artículo presentamos, *Biodiesel A Base De Aceites Usados*, por RAMÍREZ-COUTIÑO, Víctor Ángel, CASTAÑEDA-MARTÍNEZ, Emory, SALDAÑA-LÓPEZ, Gerardo, GONZÁLEZ-LÓPEZ, Miguel, con adscripción en la Universidad Tecnológica de Querétaro, como siguiente artículo presentamos, *Estudio de las empresas dedicadas a la investigación de materiales, Región sur, para el diseño de un instrumento integral de evaluación, en materia de salud y seguridad en el trabajo*, por LÓPEZ-VALDIVIESO, Leticia, MADRIGAL-ELISEO, José Luis, RODRIGUEZ-JAVIER, Elizabeth y FUENTES-LÓPEZ, Mayra Edilia, como siguiente artículo presentamos, *Estudio de los procesos operativos a un corporativo de servicios integrales al sector petrolero en estado de Tabasco, para la generación de una propuesta de mejora*, por ELISEO-DANTÉS, Hortensia, CASTRO-DE LA CRUZ, Jucelly, PEREZ-PEREZ, Iris Cristel y DE LEON-DE LOS SANTOS, Brissa Roxana, como último artículo presentamos, *Análisis de la calidad de ajuste de una red neuronal autoajustable aplicada en la predicción de fallas en un aerogenerador de baja potencia*, por SALINAS-HERNÁNDEZ, Andrés¹, RICO-ESPINO, José Guadalupe², JIMÉNEZ-GRAJALES¹, Ma. Ángela M. y RAMÍREZ-LÓPEZ, Raúl¹, con adscripción en ¹Instituto Tecnológico de Querétaro & ²CIATEQ, Gerencia de TI-Electrónica y Contro.

Contenido

| Artículo | Página |
|---|--------|
| Modelo de percolación para representar el comportamiento del capital humano dedicado a la I+D SÁNCHEZ-HERNÁNDEZ, Guillermo L. NUÑO-DE-LA-PARRA, José P., IZQUIERDO-GARCIA, Belinda y SAN GABRIEL-RIVERA, Isaias | 1-22 |
| Posicionamiento óptimo de estaciones base áreas en redes móviles BORDON-LOPEZ, Raikel , LOPEZ-MONTEAGUDO, F. Eneldo y OLVERA-OLVERA, Carlos | 23-30 |
| Caracterización Nutricional de un Cultivo Controlado de Jitomate Silvestre Mediante Imágenes Multiespectrales SÁNCHEZ-SUÁREZ, Isahi, LORETO-GOMEZ, Gerardo, PADILLA-MAGAÑA, Jesús Fernando, GARCÍA-SAUCEDO, Pedro Antonio | 31-38 |
| Biodiesel A Base De Aceites Usados RAMÍREZ-COUTIÑO, Víctor Ángel , CASTAÑEDA-MARTÍNEZ, Emory, SALDAÑA-LÓPEZ, Gerardo, GONZÁLEZ-LÓPEZ, Miguel | 39-49 |
| Estudio de las empresas dedicadas a la investigación de materiales, Región sur, para el diseño de un instrumento integral de evaluación, en materia de salud y seguridad en el trabajo LÓPEZ-VALDIVIESO, Leticia, MADRIGAL-ELISEO, José Luis, RODRIGUEZ-JAVIER, Elizabeth y FUENTES-LÓPEZ, Mayra Edilia | 45-50 |
| Estudio de los procesos operativos a un corporativo de servicios integrales al sector petrolero en estado de Tabasco, para la generación de una propuesta de mejora ELISEO-DANTÉS, Hortensia , CASTRO-DE LA CRUZ, Jucelly, PEREZ-PEREZ, Iris Cristel y DE LEON-DE LOS SANTOS, Brissa Roxana | 51-59 |
| Análisis de la calidad de ajuste de una red neuronal autoajutable aplicada en la predicción de fallas en un aerogenerador de baja potencia SALINAS-HERNÁNDEZ, Andrés, RICO-ESPINO, José Guadalupe, JIMÉNEZ-GRAJALES, Ma. Ángela M. y RAMÍREZ-LÓPEZ, Raúl | 60-68 |

Instrucciones para Autores

Formato de Originalidad

Formato de Autorización

Modelo de percolación para representar el comportamiento del capital humano dedicado a la I+D

SÁNCHEZ-HERNÁNDEZ, Guillermo L.*† NUÑO-DE-LA-PARRA, José P., IZQUIERDO-GARCIA, Belinda y SAN GABRIEL-RIVERA, Isaias

Universidad Veracruzana, Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

Recibido 3 de Julio, 2017; Aceptado 25 de Septiembre, 2017

Resumen

La finalidad de establecer alianzas entre industria e Instituciones de Educación Superior (IES) en la economía del conocimiento es la creación, difusión y explotación de la propiedad intelectual (PI) como resultado de la innovación sistemática realizada por científicos o investigadores en el marco de actividades de Investigación y Desarrollo Tecnológico (I+D). El análisis del comportamiento de la producción de PI se realiza utilizando un modelo complejo; específicamente la percolación. En el ámbito de la complejidad la percolación se modela como una red (Vértices y Aristas) que representa al medio o a la propiedad que se desea modelar. Se hace uso de métodos estadísticos no-paramétricos y regresión logística binaria para determinar asociación de variables y construcción del modelo para analizar la dinámica del sistema.

Propiedad Intelectual, complejidad, percolación, regresión logística binaria

Abstract

The purpose of establishing alliances between industry and Universities in the knowledge economy is the creation, dissemination and exploitation of intellectual property as a result of systematic innovation by scientists or researchers. Analysis of the behaviour of PI production is performed using a complex of complexity; specifically percolation. In the complex realm the percolation is modeled as a network (Nodes and Edges) representing the medium or property to be modeled. Non-parametric statistical methods and binary logistic regression are used to determine the association between variables and the construction of the model to analyse the dynamics of the system.

Intellectual property, Complexity, percolation, binary logistic regression

Citación: SÁNCHEZ-HERNÁNDEZ, Guillermo L. NUÑO-DE-LA-PARRA, José P., IZQUIERDO-GARCIA, Belinda y SAN GABRIEL-RIVERA, Isaias. Modelo de percolación para representar el comportamiento del capital humano dedicado a la I+D. Revista de Investigación y Desarrollo 2017, 3-10: 1-22.

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: gusanchez2@uv.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción**Investigación y Desarrollo Experimental (I+D)**

El desarrollo tecnológico favorece el crecimiento económico, y es consecuencia del desarrollo de actividades de innovación incrementales o radicales; específicamente, la generación y transferencia de conocimientos, la adquisición de tecnologías, la comercialización de productos, así como la investigación y el desarrollo experimental (I+D) (UNCTAD, 2007).

La competitividad económica y el desarrollo de un país se determinan por la capacidad para crear y gestionar iniciativas de I+D y el monitoreo de indicadores confiables para crear e impulsar políticas efectivas de innovación. Por la que la I+D es un importante componente de los sistemas nacionales de innovación (UNESCO, 2010).

La I+D contempla el trabajo creativo sistemático para incrementar el conocimiento del ser humano en ámbitos científicos, culturales y sociales. La I+D comprende tres actividades: investigación básica, investigación aplicada y desarrollo experimental. La investigación básica se refiere a trabajos experimentales o teóricos que permitan la creación de nuevos conocimientos acerca de los fundamentos subyacentes de fenómenos o hechos. La investigación aplicada es de igual forma investigación original realizada para la creación de nuevo conocimiento con un fin práctico específico. El desarrollo experimental consiste en trabajos sistemáticos basados en conocimientos existentes obtenidos de la investigación o la experiencia práctica, que busca crear nuevos materiales, productos o dispositivos, o bien, establecer nuevos procesos, sistemas o servicios (UNESCO, 2010).

Una innovación o propiedad intelectual (PI) es resultado de actividades de I+D desarrolladas por investigadores tanto en Instituciones de Educación Superior (IES), centros especializados de Investigación y Desarrollo en colaboración con empresas o en las empresas mismas.

Una propiedad intelectual se divide en dos categorías: Propiedad industrial, que incluye invenciones (Patentes), marcas registradas, diseños industriales, indicaciones de fuentes geográficas, en algunos países los modelos de negocios, diseños de semiconductores, etcétera; y derechos de autor, que incluye programas de software, libros de texto y científicos, trabajos literarios y artísticos tales como novelas, poemas, películas, trabajos musicales, pinturas, dibujos, fotografías, esculturas, diseños arquitectónicos, entre otros (Hill-King, 2007).

La Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) en la elaboración de indicadores de propiedad intelectual, específicamente patentes pone en práctica una metodología que se describe en el manual de OSLO. En lo referente a este indicador, las patentes son una variable de salida en el sistema de cambio tecnológico o desarrollo tecnológico de los países (OCDE, 2002).

Sistemas complejos

Horst & Melvin (1973) definen un tipo de problemas que denominan "problemas indómitos" (Wiked problems), es decir, son problemas con difícil identificación de causas. Su análisis es difícil de abordar y resolver desde planteamientos lineales clásicos o enfoques analíticos tradicionales. Ejemplos de este tipo de problemas son la pobreza, el cambio climático, la obesidad, la seguridad pública, el narcotráfico, el desarrollo de la ciencia y la tecnología, etc.

Así también, las soluciones a este tipo de problemas no puede afirmarse sean definitivas, tan solo podría mejorar o empeorar el planteamiento inicial. La teoría de la complejidad contempla un contexto global para el análisis de problemas, se abordan desde la realidad, se acepta que la cantidad de variables y sus características que involucran son diversas y en algunas ocasiones a primera vista ajenas al problema. Por lo que nuevas teorías surgen, y su aplicación han traspasado fronteras disciplinares, originando disciplinas como la econofísica, en donde los problemas económicos se analizan mediante teorías originadas en la física (Coronel, Hernández, 2004).

Modelado

Un modelo es una representación limitada de la realidad, esta limitación es determinada por las necesidades y fin del análisis. Específicamente el modelado basado en agentes es una herramienta utilizada para modelar sistemas complejos. En donde la característica más interesante sea la representación de fenómenos emergentes (Scott, 2012). Bedau (1991) describe los fenómenos emergentes como aquellos generados por procesos a nivel micro.

En donde el sistema complejo puede cambiar o diferir categóricamente debido un cambio en las partes micro que lo componen. Ejemplos de esto son el vuelo de aves en parvadas o en cardúmenes de peces, o el comportamiento de votantes en una elección. Un mínimo cambio puede crear un tipo de influencia en el colectivo y es una de las características más interesantes cuando se aborda el modelado basado en agentes.

Los modelos basados en agentes son ideales para estudiar las interdependencias entre las diferentes actividades humanas ya sea simbióticas o de competencia.

Así también, el modelado basado en agentes es una herramienta que permite la simulación de ambientes que hacen referencia a sistemas complejos (Laghari y Nazi, 2016). Miller y Page (2007) muestran que los agentes sociales en el mundo real interactúan unos con otros a través de diferentes tipos de condiciones, que pueden ser simples y estables o complicadas y cambiantes.

Ciertas características de los fenómenos sociales permiten su definición como complejos, la emergencia (aparición) está siempre presente a partir de las interacciones de sus componentes, la heterogeneidad de los mismos, y el paralelismo en el que funcionan los procesos sociales y que genera influencia e interdependencia de los procesos. La naturaleza misma de estas características no colabora con la naturaleza de las aproximaciones matemáticas para el abordaje de problemas (García-Valdecasas, 2016).

Sin embargo, Miller y Page (2007) afirman “la noción de que sistemas sociales reales con frecuencia resultan en mundos complejos no es nada nuevo”, y apoyan esta afirmación de aproximadamente 200 años atrás que Adam Smith hizo acerca de un mundo en el cual el comportamiento social de interés propio por parte de varios oficios, tales como carniceros, panaderos, cerveceros y otros similares, dio lugar a la aparición de un orden bien definido.

El modelado basado en agentes MBA permite analizar el comportamiento y decisiones de agentes, es decir, personas, hogares, localidades, regiones, países. Parte de algunos supuestos, como la heterogeneidad de los agentes, que tienen una racionalidad limitada e interactúan entre agentes fuera de equilibrio. Dando como resultado múltiples configuraciones y escenarios.

Los agentes toman decisiones de acuerdo a sus características o atributos personales (educación, grado académico, sexo, ingreso, etc.) y variables exógenas las cuales están determinadas por el ambiente y contexto. Así como de información proveniente de sus amigos, vecinos, compañeros de trabajo, en general del segmento de red social al cual está integrado. Un aspecto importante de estos modelos es la dinámica que permite visualizarse. Específicamente, los contagios, efectos de cascada de información, difusión y desigualdad entre otros.

Helbing (2010) describe los principios para el modelado basado en agentes; en primer término, se debe mostrar de manera clara la evidencia y datos empíricos del estudio a realizar. El siguiente paso es identificar un posible modelo que conlleve al propósito de la simulación y representación de la situación bajo estudio, lo que algunos científicos sociales denominan rompecabezas científico. Conklin (2006) menciona que el modelo complejo se entiende por completo hasta que se formula una solución. La cual no es única, pues el problema o situación puede cambiar y modificar su comportamiento. Finalmente, el siguiente paso, es decidir cuáles son los agentes a modelar; por ejemplo, los agentes podrían ser las empresas si el objetivo del análisis es la competencia entre ellas. Siendo no necesario elegir como agentes a los empleados de las empresas.

Los agentes tienen características o propiedades y que definen su comportamiento (Helbing, 2012), algunas de las siguientes pueden ser en función del agente que representará a un individuo:

- Nacimiento, muerte, reproducción.
- Necesidades individuales de recursos (para sobrevivir)
- Competencia y capacidad de lucha o competencia

- La capacidad de uso de herramientas (posibilidad de cultivar alimentos, caza, etc.)
- Percepción
- La curiosidad, el comportamiento de la exploración, la capacidad de innovación
- Las emociones
- La memoria y las expectativas futuras
- La movilidad y la capacidad de carga
- Comunicación
- La capacidad de aprendizaje y la enseñanza
- La posibilidad de la negociación y el intercambio
- La capacidad para relacionarse con otros agentes (por ejemplo familia o amistad lazos etc.)

En el marco de las disciplinas y técnicas para la complejidad, un modelo utilizado para analizar la formación de patrones y comportamiento es percolación. Sahimi (1994) afirma respecto a los modelos de percolación lo siguiente:

Los modelos de percolación se inician con la construcción de una red que representa al medio o a la propiedad que se quiera modelar. Estas redes pueden representar estructuras de los materiales o bien, las formas en que las propiedades se distribuyen en el medio. Las redes se constituyen de celdas unitarias repetidas en 2D o 3D (redes regulares) o de elementos como bastones o esferas dispuestos aleatoriamente (redes irregulares), lo que origina dos entidades principales: sitios (nodos) y lazos (p. 276) En la etapa de modelado de los agentes, se hace uso de métodos cualitativos o cuantitativos, específicamente la observación, análisis de redes, y el uso de medidas paramétricas o de estadísticas para determinar asociaciones o correlaciones de características esenciales; y a través de la interacción entre ellos se logre producir o generar un cambio en la dinámica del sistema.

I+D en Instituciones de Educación Superior

En México, las diferentes actividades enmarcadas en la I+D se llevan a cabo principalmente en Universidades y centros de investigación públicos o privados; en algunos casos y dependiendo del tipo de investigación en I+D (Básica, Aplicada o Experimental) esta se realiza a través de procesos formales de vinculación con empresas de las diferentes industrias como lo son las oficinas de transferencia de tecnología (OTT). Sin embargo, no siempre es así. Por lo que se desea una articulación adecuada y efectiva en el sistema educativo, específicamente en el nivel de educación superior.

Una forma de estimular el desarrollo de la I+D en instituciones de educación superior públicas o privadas es a través de estímulos y reconocimientos. En las públicas se implementó el Programa para el Desarrollo Profesional Docente para el Tipo Superior (PRODEP) de la Secretaría de Educación Pública (SEP) desde el año de 1996; contempla la Beca al desempeño docente o estímulos a la productividad y reconocimiento al Perfil Deseable PRODEP. Así también, desde el año 1973 el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) distingue a los investigadores que solicitan y demuestran una producción científica significativa y pertinente durante un periodo de tiempo como miembros del Sistema Nacional de Investigadores (SNI) (CONACYT, 2014) (SEP, 2013).

Así también, en el PRODEP los Cuerpos Académicos (CA) son grupos de al menos tres profesores de tiempo completo que comparten una o varias áreas de estudio e investigación y que reciben el nombre de Líneas de Generación y Aplicación Innovadora del Conocimiento (LGAC) con temáticas disciplinares o multidisciplinarias y se clasifican de acuerdo a su nivel de habilitación (cantidad y calidad de la producción científica).

El nivel mínimo es cuerpo académico en formación (CAEF), el siguiente nivel es cuerpo académico en consolidación (CAEC) y el máximo es cuerpo académico consolidado (CAC).

Método

Es un estudio que contempla los niveles exploratorio, descriptivo, relacional, explicativo y predictivo en la taxonomía de la investigación y se desea identificar las causas del fenómeno para la construcción del modelo. Los sujetos de estudio son los profesores e investigadores de las Instituciones de Educación Superior (IES) en este caso del área de negocios o económico-administrativa y su producción de propiedad intelectual, ya sea en patentes, propiedad industrial o derechos de autor; los cuales en conjunto y sistémicamente dan forma al desarrollo tecnológico.

El marco muestral y tamaño de la muestra para este estudio en función de los profesores e investigadores que desempeñan principalmente en el área de negocios, y que a su vez está comprendida en la categoría que determina el CONACYT como ciencias sociales de IES registradas en PRODEP de la Región de Xalapa en el estado de Veracruz. Siendo los profesores e investigadores de la Universidad Veracruzana del área académica Económico-Administrativa quienes son contemplados como universo o población.

La población fue un total de 251 académicos entre docentes e investigadores de tiempo completo. El tamaño de la muestra se calculó con un margen de error de 5 % y 95 % de nivel de confianza con la fórmula 1 (Gazca-Herrera, Sánchez-Hernández, Zabala-Arriola Y Velazco-Ramírez, 2016).

$$n = \frac{Z_a^2 N p q}{e^2 (N-1) + Z_a^2 p q} \quad (1)$$

En donde:

N : Es el tamaño de la población

$Z\alpha$: Es una constante que depende del nivel de confianza que asignemos. Los valores de $Z\alpha$ se obtienen de la tabla de la distribución normal estándar.

e : Es el error muestral deseado, expresado en porcentaje. El error muestral es la diferencia que puede existir entre el resultado que obtenemos de una muestra de la población y el que se obtendría si del total de ella.

p : proporción de individuos que poseen en la población la característica de estudio. Este dato es generalmente desconocido y se suele suponer que $p=q=0.5$ que es la opción más segura.

q : proporción de individuos que no poseen esa característica, es decir, es $1-p$.

n : tamaño de la muestra.

Por lo que el valor que resulta de realizar el cálculo con la fórmula o alguna herramienta de software estadístico es de 119 elementos; particularmente este valor fue calculado con el paquete estadístico SPSS versión 22. El instrumento de medición se valida mediante juicio de expertos, contenido y constructo. El grupo de profesores que conformaron el grupo de expertos fueron los integrantes y colaboradores del cuerpo académico con registro PRODEP UV-CA-306.

El instrumento diseñado para la recolección de datos está conformado por 23 ítems con escala de Likert y 33 de pregunta de opción múltiple. Se identifican las características principales como la relación entre pares, con empresas, actividades de innovación relacionadas a la I+D.

Como son propiedad intelectual con posibilidades de registro, publicaciones, tipo de publicaciones, factores que intervienen en la toma de decisiones en la práctica de la actividad de investigación y desarrollo experimental, nivel de afectación del ambiente social, económico, político y emocional en la actividad de investigación y desarrollo experimental.

Respecto a la confiabilidad o fiabilidad, se optó por medida de fiabilidad de coherencia interna con el coeficiente alfa de Cronbach; y se aplicó el cuestionario a un grupo piloto de 13 docentes e investigadores. El coeficiente que se obtuvo mediante el uso del paquete estadístico SPSS Versión 22 para el instrumento de medición fue de 0.817.

| Variable | Indicador | Nivel de medición |
|--|--|-------------------|
| Características del capital humano (Profesores o Investigadores) | Edad | Razón |
| | Género | Nominal |
| | Grado académico | Nominal |
| | Pertenencia al SNI | Nominal |
| | Reconocimiento a la calidad académica (Perfil PRODEP) | Nominal |
| | Estímulos o beca al desempeño docente (Productividad) | Nominal |
| | Pertenece a grupo de investigación o cuerpo académico (CA) | Nominal |
| | Tipo de I+D que realiza (Básica, Aplicada o Experimental) | Nominal |
| | Publicaciones reconocidas | Nominal |
| | Propiedad Intelectual | Nominal |

Tabla 1 Variable e Indicadores a modelar

Fuente: Elaboración propia (2017)

La tabla 1 muestra la operacionalización de variables; sus indicadores y nivel de medición respectivo; permitiendo con esto identificar el tipo de análisis estadístico a realizar. Se efectuó un análisis no paramétrico mediante el uso de la prueba Chi-cuadrada, para identificar el grado de asociación entre las diferentes categorías o indicadores correspondientes. Posteriormente, se realizó un análisis de regresión logística binaria y el modelo resultante sirvió para diseñar el modelo basado en agentes.

El uso de regresión logística es adecuada cuando una variable de respuesta es politómica (admite varias categorías de respuesta, tales como las respuestas de escala de Likert), pero es especialmente útil en particular cuando solo hay dos posibles respuestas (cuando la variable de respuesta es dicotómica), que es el caso más común.

Los resultados obtenidos del análisis no paramétrico, de regresión logística binaria, y ecuación logística, fue la evidencia empírica que se utilizó para construir el modelo; en el entendido de que un modelo es una representación simplificación de la realidad; posteriormente con los resultados de asociaciones obtenidos se procedió al diseño del modelo basado en agentes. La tabla 2 muestra las pruebas y métodos estadísticos que se efectuaron en esta investigación.

| Actividad | Método | Descripción |
|---|--|---|
| Validación y Confiabilidad de Instrumento de recolección de datos | Juicio de Expertos | Para determinar validez del instrumento de recolección de datos |
| | Medidas de coherencia interna con coeficientes de confiabilidad alfa de Cronbach | Para medir el grado de Confiabilidad del instrumento de recolección de datos. |
| Análisis de Asociación de variables | Prueba de Chi-cuadrado | Para realizar la exploración de asociaciones bivariantes y multivariantes |
| Prueba de hipótesis | Regresión logística binaria (Implica las pruebas estadísticas listadas a continuación) | |
| | Prueba Durbin-Watson y Factor de inflación de varianza FIV | Para verificar los supuestos de independencia de errores y no colinealidad |
| | Prueba ómnibus de coeficientes | Proporciona información de la bondad de ajuste del modelo |
| | Valor R cuadrado de Cox y Snell R cuadrado de Nagerlkerke | Explicación de la varianza de la variable dependiente Desarrollo Tecnológico |
| | Prueba de Hosmer y Lemeshow | Proporciona información de la bondad de ajuste del modelo |
| | Puntuación de Wald | Indica que variables aportan de manera significativa al modelo |

Tabla 2 Pruebas y métodos estadísticos utilizados
Fuente: *Elaboración propia (2017)*

Resultados

El primer indicador es la edad; en este sentido se encontró que la edad promedio de los docentes e investigadores es de 45.23 años, con una desviación estándar de 10.107, con edades mínima y máxima de 26 y 67 años respectivamente, por lo que el rango es de 41 años.

En lo referente a género, se encontró que el 68 % de la muestra corresponde a varones, mientras que el 32% a mujeres.

La Tabla 3 muestra información de género y grado académico, se observa que el 56 % de los profesores e investigadores tienen el grado de maestría, mientras que el 38 % el grado de doctor, destacándose también que de estos el 1 % posee posdoctorado.

| | Genero | | Total | % |
|-----------------|--------|--------|-------|-------|
| | Mujer | Hombre | | |
| Grado Académico | | | | |
| Licenciatura | 1 | | 1 | 1% |
| Especialización | 1 | 4 | 5 | 4% |
| Maestría | 24 | 43 | 67 | 56% |
| Doctorado | 12 | 33 | 45 | 38% |
| Posdoctorado | | 1 | 1 | 1% |
| Totales | 38 | 81 | 119 | 100 % |

Tabla 3 Grado Académico y Genero de los Profesores
Fuente: *Elaboración propia (2017)*

A continuación se muestran resultados de asociaciones entre los indicadores de la tabla 4, principalmente se realizaron análisis de asociaciones entre: pertenecer a cuerpo académico, participar en programa de estímulos al desempeño docente (productividad), reconocimientos Perfil PRODEP y SNI; con la producción científica, propiedad industrial y derechos de autor.

| Asociaciones realizadas entre indicadores con estadístico Chicuadrado | |
|---|-----------------------|
| Pertenecer a CA | Producción científica |
| | Propiedad Intelectual |
| | Derechos de autor |
| Programa estímulos al desempeño docente (Productividad) | Producción científica |
| | Propiedad Intelectual |
| | Derechos de autor |
| Reconocimiento Perfil PRODEP | Producción científica |
| | Propiedad Intelectual |

| | |
|--------------------|-----------------------|
| | Derechos de autor |
| Reconocimiento SIN | Producción científica |
| | Propiedad Intelectual |
| | Derechos de autor |

Tabla 4 Asociaciones realizadas en la investigación
Fuente: *Elaboración propia (2017)*

Un hallazgo interesante y determinante en el comportamiento de la I+D, es la proporción de cuerpos académicos en formación, en consolidación y consolidados. Específicamente, el 28.6 % pertenece a un grupo que se encuentran en “Formación”, el 21 % en el nivel “En consolidación” y solo el 2.5 % al nivel de “Consolidado”, mientras que el 3.3 % está iniciando la conformación de un grupo y el 53 % no pertenece a algún grupo.

En el aspecto de reconocimientos, al SNI, el 3.4 % de profesores o investigadores tienen este reconocimiento. Mientras que el reconocimiento a la calidad académica o perfil PRODEP lo posee el 34 % de la muestra; el 62.2 % no cuentan con alguno de los dos reconocimientos y el 66 % de los profesores o investigadores participa en el programa de estímulos al desempeño docente (Productividad).

| Hipótesis H1 | Valor chi-cuadrado | gl | Sig. | Regla de decisión |
|------------------------|--------------------|----|-------|-------------------|
| Memorias en extenso. | 10.806 | 1 | 0.001 | Se acepta |
| Revista indexada. | 9.1007 | 1 | 0.003 | Se acepta |
| Revista no indexada. | 2.0386 | 1 | 0.153 | Se rechaza |
| Capítulo de libro | 6.2648 | 1 | 0.012 | Se acepta |
| Libro edit.mexicana. | 3.9292 | 1 | 0.047 | Se acepta |
| Libro edit.extranjera. | 1.2722 | 1 | 0.259 | Se rechaza |
| Ensayos | 1.2722 | 1 | 0.259 | Se rechaza |

Tabla 5 Resultados de prueba estadística Chi-cuadrado para asociación entre Pertenecer a C.A. y producción científica
Fuente: *Elaboración propia (2017)*

La Tabla 5 muestra las asociaciones entre la pertenencia a C.A. y los diferentes productos resultado de su trabajo investigativo. Se destaca la asociación con memorias en extenso, revistas indexadas, capítulos de libro y libros de editorial mexicana.

| Hipótesis H1 | Valor chi-cuadrado | gl | Sig. | Regla de decisión |
|--|--------------------|----|-------|-------------------|
| Idea novedosa o producto. | 0.0445 | 1 | 0.833 | Se rechaza |
| Nuevo producto tec. | 0.0291 | 1 | 0.864 | Se rechaza |
| Diseños Industriales | 1.6335 | 1 | 0.201 | Se rechaza |
| Prototipos | 3.2569 | 1 | 0.071 | Se rechaza |
| Esquemas de trazado de circuitos integrados | 1.2558 | 1 | 0.262 | Se rechaza |
| Marcas, nombres comerciales, den. de origen. | 1.1202 | 1 | 0.290 | Se rechaza |
| Estudios org., estrategia y mercadotecnia. | 4.6261 | 1 | 0.463 | Se rechaza |

Tabla 6 Resultados de prueba estadística Chi-cuadrado para asociación entre Pertenencia a C.A. producción intelectual en el marco de Propiedad Industrial
Fuente: *Elaboración propia (2017)*

La Tabla 6 corresponde a las asociaciones entre la pertenencia a C.A. con los diferentes productos en el marco de la propiedad industrial; se observa que no existe asociación con producto alguno.

En lo referente a productos en el marco de derechos de autor, la tabla 7 muestra el resultado del análisis de asociación con la pertenencia a un cuerpo académico; solo se evidencia asociación con la edición de libros con editorial Mexicana.

| Hipótesis H1 | Valor chi-cuadrado | gl | Sig. | Regla de decisión |
|--|--------------------|----|-------|-------------------|
| Desarrollar aplicaciones o programas de cómputo. | 0.337 | 1 | 0.561 | Se rechaza |
| Crear bases de datos. | 2.721 | 1 | 0.099 | Se rechaza |
| Libros (Editorial Mex.). | 3.929 | 1 | 0.047 | Se acepta |
| Libros (Editorial Ext.). | 0.156 | 1 | 0.692 | Se rechaza |
| Crear revistas. | 0.000 | 1 | 0.993 | Se rechaza |

Tabla 7 Resultados de prueba estadística Chi-cuadrado para asociación entre Pertenencia a C.A. y producción intelectual en el marco de los derechos de autor
Fuente: *Elaboración propia (2017)*

Las tabla 8, 9, 10 muestran resultados de asociación entre la participación de profesores o investigadores en el programa de estímulos (Productividad) con producción científica, propiedad industrial y derechos de autor. Existe asociación con memorias en extenso, artículos en revistas indexadas y no indexadas, así como capítulos de libro y libros con editorial mexicana en lo referente a producción científica.

Mientras que con propiedad industrial y derechos de autor, no existe asociación.

| Hipótesis H1 | Valor Chi-cuadrado | gl | Sig. | Regla de decisión |
|---------------------------------|--------------------|----|-------|-------------------|
| Memorias en extenso | 7.40 | 1 | 0.007 | Se acepta |
| Artículo en revista indexada | 4.88 | 1 | 0.027 | Se acepta |
| Artículo en revista no indexada | 9.29 | 1 | 0.002 | Se acepta |
| Capítulo de libro | 4.35 | 1 | 0.037 | Se acepta |
| Libros (Editorial Mex.) | 14.59 | 1 | 0.000 | Se acepta |
| Libros (Editorial Ext.) | 0.02 | 1 | 0.895 | Se rechaza |
| Ensayo | 2.94 | 1 | 0.086 | Se rechaza |

Tabla 8 Resultados de prueba estadística Chi-cuadrado para asociación entre participación en programa de estímulos (Productividad) y producción científica
Fuente: Elaboración propia (2017)

| Hipótesis H1 | Valor chi-cuadrado | gl | Sig | Regla de decisión |
|---|--------------------|----|-------|-------------------|
| Idea novedosa o producto | 0.008 | 1 | 0.930 | Se rechaza |
| Un nuevo producto tecnológico | 3.778 | 1 | 0.052 | Se rechaza |
| Diseños Industriales | 2.712 | 1 | 0.100 | Se rechaza |
| Prototipos | 0.074 | 1 | 0.785 | Se rechaza |
| Esquemas de trazado de circuitos integrados | 0.756 | 1 | 0.384 | Se rechaza |
| Marcas, avisos, nombres comerciales, denominaciones de origen | 1.117 | 1 | 0.291 | Se rechaza |

Tabla 9 Resultados de prueba estadística Chi-cuadrado para asociación entre participar en programa de estímulos al desempeño docente (Productividad) y propiedad industrial
Fuente: Elaboración propia (2017)

| Hipótesis H1 | Valor chi-cuadrado | gl | Sig. | Regla de decisión |
|-------------------------------------|--------------------|----|-------|-------------------|
| Aplicaciones o programas de cómputo | 0.287 | 1 | 0.592 | Se rechaza |
| Bases de datos. | 0.065 | 1 | 0.799 | Se rechaza |
| Libros (Editorial Mex.) | 1.011 | 1 | 0.315 | Se rechaza |
| Libros (Editorial Ext.) | 0.114 | 1 | 0.736 | Se rechaza |
| Crear Revistas | 0.022 | 1 | 0.883 | Se rechaza |

Tabla 10 Resultados de prueba estadística Chi-cuadrado para asociación entre participar en programa de estímulos al desempeño docente (Productividad) y derechos de autor
Fuente: Elaboración propia (2017)

Las Tablas 11, 12 y 13 muestran los resultados de la prueba estadística Chi-cuadrada para asociación entre la participación en reconocimiento Perfil PRODEP con producción científica, propiedad industrial y derechos de autor. Se observa asociación con producción científica, específicamente con memorias en extenso, artículos en revista indexada y no indexada, capítulo de libro y libros con editorial mexicana.

En el caso de propiedad industrial, solo diseños industriales y prototipos; y en derechos de autor libros con editorial mexicana.

| Hipótesis H1 | Valor chi-cuadrado | gl | Sig. | Regla de decisión |
|---------------------------------|--------------------|----|-------|-------------------|
| Memorias en extenso. | 18.02 | 1 | 0.000 | Se acepta |
| Artículo en revistas indexada. | 6.76 | 1 | 0.009 | Se acepta |
| Artículo en revista no indexada | 6.33 | 1 | 0.012 | Se acepta |
| Capítulo de libro | 9.66 | 1 | 0.002 | Se acepta |
| Libros (Editorial Mex.) | 3.96 | 1 | 0.046 | Se acepta |
| Libros (Editorial Ext.) | 0.07 | 1 | 0.790 | Se rechaza |
| Ensayo | 0.48 | 1 | 0.487 | Se rechaza |

Tabla 11 Resultados de prueba estadística Chi-cuadrado para asociación entre participación en reconocimiento perfil PRODEP producción científica
Fuente: Elaboración propia (2017)

| Hipótesis H1 | Valor chi-cuadrado | gl | Sig. | Regla de decisión |
|--|--------------------|----|-------|-------------------|
| Idea novedosa o producto | 0.307 | 1 | 0.579 | Se rechaza |
| Un nuevo producto tecnológico | 0.014 | 1 | 0.905 | Se rechaza |
| Diseños Industriales | 3.870 | 1 | 0.049 | Se acepta |
| Prototipos | 10.178 | 1 | 0.001 | Se acepta |
| Esquemas de trazado de circuitos integrados | 0.530 | 1 | 0.467 | Se rechaza |
| Marcas, avisos, nombres comerciales, denominaciones de origen. | 0.339 | 1 | 0.56 | Se rechaza |

Tabla 12 Resultados de prueba estadística Chi-cuadrado para asociación entre participar en reconocimiento perfil PRODEP y propiedad industrial
Fuente: Elaboración propia (2017)

| Hipótesis H1 | Valor chi-cuadrado | gl | Sig. | Regla de decisión |
|-------------------------------------|--------------------|----|-------|-------------------|
| Aplicaciones o programas de cómputo | 0.276 | 1 | 0.599 | Se rechaza |
| Bases de datos | 0.885 | 1 | 0.347 | Se rechaza |
| Libros (Editorial Mex.) | 6.148 | 1 | 0.013 | Se acepta |
| Libros (Editorial Ext.) | 0.002 | 1 | 0.967 | Se rechaza |
| Crear Revistas. | 0.012 | 1 | 0.914 | Se rechaza |

Tabla 13 Resultados de prueba estadística Chi-cuadrado para asociación entre participar en reconocimiento perfil PRODEP y derechos de autor
Fuente: Elaboración propia (2017)

Las Tablas 14, 15 y 16 corresponden a los resultados de la prueba estadística Chi-cuadrada para analizar la relación entre la participación en reconocimiento SNI con producción científica, propiedad industrial y derechos de autor. La asociación con producción científica es con artículos en revista indexada, libros con editorial mexicana y extranjera.

Mientras que con propiedad industrial solo con esquemas de trazado de circuitos impresos y creación de revistas en el caso de derechos de autor.

| Hipótesis H1 | Valor chi-cuadrado | gl | Sig. | Regla de decisión |
|---------------------------------|--------------------|----|-------|-------------------|
| Memorias en extenso | 0.588 | 1 | 0.443 | Se rechaza |
| Artículo en revistas indexada | 4.873 | 1 | 0.027 | Se acepta |
| Artículo en revista no indexada | 1.349 | 1 | 0.245 | Se rechaza |
| Capítulo de libro. | 0.114 | 1 | 0.736 | Se acepta |
| Libros (Editorial Mex.) | 2.497 | 1 | 0.114 | Se acepta |
| Libros (Editorial Ext.) | 0.182 | 1 | 0.670 | Se rechaza |
| Ensayo. | 0.182 | 1 | 0.670 | Se rechaza |

Tabla 14 Resultados de prueba estadística Chi-cuadrado para asociación entre participación en Reconocimiento SNI y producción científica

Fuente: Elaboración propia (2017)

| Hipótesis H1 | Valor chi-cuadrado | gl | Sig. | Regla de decisión |
|---|--------------------|----|------|-------------------|
| Idea novedosa o producto | 1.016 | 1 | 0.31 | Se rechaza |
| Un nuevo producto tecnológico | 0.887 | 1 | 0.34 | Se rechaza |
| Diseños Industriales. | 0.071 | 1 | 0.79 | Se rechaza |
| Prototipos. | 0.116 | 1 | 0.73 | Se rechaza |
| Esquemas de trazado de circuitos integrados | 28.994 | 1 | 0.00 | Se acepta |
| Marcas, avisos, nombres comerciales, denominaciones de origen | 0.298 | 1 | 0.58 | Se rechaza |

Tabla 15 Resultados de prueba estadística Chi-cuadrado para asociación entre participar en reconocimiento SNI y propiedad industrial

Fuente: Elaboración propia (2017)

| Hipótesis H1 | Valor chi-cuadrado | gl | Sig. | Regla de decisión |
|-------------------------------------|--------------------|----|-------|-------------------|
| Aplicaciones o programas de cómputo | 0.992 | 1 | 0.319 | Se rechaza |
| Bases de datos. | 0.508 | 1 | 0.476 | Se rechaza |
| Libros (Editorial Mex.) | 0.085 | 1 | 0.770 | Se rechaza |
| Libros (Editorial Ext.) | 0.107 | 1 | 0.744 | Se rechaza |
| Crear Revistas | 3.921 | 1 | 0.048 | Se acepta |

Tabla 16 Resultados de prueba estadística Chi-cuadrado para asociación entre participar en reconocimiento SNI y derechos de autor *Fuente: Elaboración propia (2017)*

Respecto a la asociación entre el tipo de I+D que desarrollan los profesores o investigadores y el área académica en la que se desempeñan, de acuerdo a las tablas 17 y 18 se encontró asociación entre de las áreas de Ciencias Sociales e Ingeniería y Tecnología con investigación aplicada y con investigación experimental.

| Hipótesis H1 | Valor chi-cuadrado | gl | Sig. | Regla de decisión |
|--|--------------------|----|-------|-------------------|
| Básica y área académica: Ingeniería y Tecnología. | 1.714 | 1 | 0.191 | Se rechaza |
| Aplicada y académica: Ingeniería y Tecnología. | 5.93 | 1 | 0.015 | Se acepta |
| Experimental y académica: Ingeniería y Tecnología. | 5.94 | 1 | 0.015 | Se acepta |

Tabla 17 Resultados de prueba estadística Chi-cuadrado para asociación entre Tipo de I+D: básica y área académica de desempeño: Ingeniería y Tecnología

Fuente: Elaboración propia (2017)

| Hipótesis H1 | Valor chi-cuadrado | gl | Sig. | Regla de decisión |
|---|--------------------|----|-------|-------------------|
| Básica y área académica: Ciencias Sociales y administrativas. | 2.132 | 1 | 0.144 | Se rechaza |
| Aplicada y área académica: Ciencias Sociales y administrativas. | 8.865 | 1 | 0.003 | Se acepta |
| Experimental y área académica: Ciencias Sociales y administrativas. | 5.903 | 1 | 0.015 | Se acepta |

Tabla 18 Resultados de prueba estadística Chi-cuadrado para asociación entre Tipo de I+D: básica y área académica de desempeño: Ciencias Sociales y Administrativas

Fuente: Elaboración propia (2017)

Con los resultados de asociación previamente mostrados, se logra abordar el nivel relacional en la taxonomía de la investigación. El siguiente paso es abordar el nivel predictivo, para lo que se utilizara la regresión logística binaria, con la finalidad de obtener un modelo predictivo y que servirá para crear el modelo basado en agentes. A continuación se inicia la descripción de los resultados de regresión logística binaria. Iniciando con las pruebas de supuestos que se muestran a continuación.

Para probar el supuesto de independencia de errores el valor de Durbin-Watson debe tener un valor entre 1 y 3; en este caso el valor obtenido y mostrado en la tabla 19 es de 2.22. Por lo que respecta a la no multicolinealidad (VIF) se logra probar el supuesto, dado que los valores que se obtienen de VIF son menores a 2. En el entendido que valores arriba de 10 indican multicolinealidad e implicaría incrementar el tamaño de la muestra (Tabla 20).

| Modelo | R | R cuadrado | R cuadrado ajustado | Error estándar de la estimación | Durbin-Watson |
|--|-------------------|------------|---------------------|---------------------------------|---------------|
| 1 | 0.57 ^a | 0.32 | 0.28 | 0.35 | 2.22 |
| a. Predictores: (Constante), Pertenecer a C.A., Investigación básica, Experimental, Aplicada, Pertenencia a SNI, Beca estímulos al desempeño, Perfil PRODEP, Colaboración. | | | | | |
| b. Variable dependiente: DESARROLLO TECNOLÓGICO | | | | | |

Tabla 19 Resultados de prueba estadística para supuesto de independencia de errores

Fuente: *Elaboración propia (2017)*

| Modelo | Coeficientes | | | T | Sig. | Estadísticas colinealidad | |
|--|--------------|-----------|------|------|------|---------------------------|------|
| | No std | | Std | | | Tolerancia | Vif |
| | B | Error std | Beta | | | | |
| (constante) | 0.40 | 0.07 | | 5.80 | 0.00 | | |
| Colaboracion | 0.16 | 0.09 | 0.17 | 1.77 | 0.08 | 0.64 | 1.57 |
| Basica | 0.01 | 0.07 | 0.02 | 0.19 | 0.85 | 0.85 | 1.18 |
| Aplicada | 0.25 | 0.07 | 0.30 | 3.49 | 0.00 | 0.81 | 1.23 |
| Experimental | 0.19 | 0.09 | 0.17 | 2.17 | 0.03 | 0.94 | 1.06 |
| Productividad | 0.07 | 0.07 | 0.09 | 0.95 | 0.35 | 0.76 | 1.32 |
| Perfil_prodep | 0.11 | 0.08 | 0.12 | 1.25 | 0.21 | 0.63 | 1.59 |
| Sni | 0.08 | 0.18 | 0.03 | 0.43 | 0.67 | 0.94 | 1.06 |
| Si_ca | 0.04 | 0.08 | 0.04 | 0.44 | 0.66 | 0.63 | 1.59 |
| A. Variable dependiente: desarrollo tecnologic | | | | | | | |

Tabla 20 Resultados de prueba estadística para supuesto de No colinealidad

Fuente: *Elaboración propia (2017)*

Posterior a la prueba de supuestos, se continúa con el análisis de regresión logística binaria.

| Tabla de clasificación ^{a,b} | | | | | |
|--|------------------------|------------------------|--------|--------------------------|-------|
| Observado | | Pronosticado | | | |
| | | Desarrollo Tecnológico | | Corrección de porcentaje | |
| | | No aporta | Aporta | | |
| Paso 0 | Desarrollo Tecnológico | No aporta | 0 | 25 | 0.0 |
| | | Aporta | 0 | 94 | 100.0 |
| Porcentaje global | | | | | 79.0 |
| a. La constante se incluye en el modelo. | | | | | |
| b. El valor de corte es .500 | | | | | |

Tabla 21 Bloque 0: Bloque de inicio

Fuente: *Elaboración propia (2017)*

El bloque 0 en la tabla 21 indica que hay un 79 % de probabilidad de acierto en el resultado de la variable dependiente (Desarrollo Tecnológico) asumiendo que los profesores o investigadores aportan al desarrollo tecnológico a través de su función sustantiva.

Así también, en la tabla 22 se muestran las variables independientes que aportan (Sig>0.05) o no aporten al modelo (Sig<0.05). Se observa que solo la variable Investigación básica y reconocimiento SNI tienen significancia por arriba de 0.05; por lo que se continúa con el análisis.

| Paso 0 | Variables | Puntuación | gl | Sig. |
|-----------------------|---------------|------------|----|-------|
| | Colaboracion | 19.465 | 1 | 0.000 |
| | Basica | 0.162 | 1 | 0.687 |
| | Aplicada | 21.728 | 1 | 0.000 |
| | Experimental | 6.782 | 1 | 0.009 |
| | Productividad | 9.322 | 1 | 0.002 |
| | PERFIL_PRODEP | 12.997 | 1 | 0.000 |
| | SNI | 1.101 | 1 | 0.294 |
| | SI_CA | 13.068 | 1 | 0.000 |
| Estadísticos globales | | 38.622 | 8 | 0.000 |

Tabla 22 Las variables no están en la ecuación (Del modelo)

Fuente: *Elaboración propia (2017)*

La prueba ómnibus de coeficientes del modelo de la tabla 23, es una prueba de Chi-cuadrado y nos proporciona información acerca de la bondad de ajuste del modelo con la finalidad de conocer si las variables del modelo mejoran la predicción de la variable dependiente. En este caso particular se observa una significancia menor a 0.05 y Chi-cuadrada de 46.943 en el renglón que corresponde al modelo, lo que indica que se mejora dicha predicción de que influye para que los profesores o investigadores aporten al desarrollo tecnológico.

| | | Chi-cuadrado | gl | Sig. |
|--------|---------|--------------|----|-------|
| Paso 1 | Escalón | 46.943 | 8 | 0.000 |
| | Bloque | 46.943 | 8 | 0.000 |
| | Modelo | 46.943 | 8 | 0.000 |

Tabla 23 Prueba ómnibus de coeficientes de modelo

Fuente: *Elaboración propia (2017)*

La tabla 24 muestra por medio de la obtención del valor R cuadrado de Cox y Snell de 0.326 y R cuadrado de Nagerlkerke de 0.507 que el modelo propuesto explica entre el 32.6 % y 50.7 % de la varianza de la variable dependiente Desarrollo Tecnológico.

| Escalón | Logaritmo de la verosimilitud -2 | R cuadrado de Cox y Snell | R cuadrado de Nagelkerke |
|---------|----------------------------------|---------------------------|--------------------------|
| 1 | 75.405 ^a | 0.326 | 0.507 |

a. La estimación ha terminado en el número de iteración 20 porque se ha alcanzado el máximo de iteraciones.

Tabla 24 Resumen del modelo

Fuente: *Elaboración propia (2017)*

La prueba de Hosmer y Lemeshow que se muestra en la tabla 25 proporciona una significación de 0.077 debido a que se utilizan ocho variables independientes y explica la varianza de la variable dependiente, es decir la bondad de ajuste. Lo anterior justifica lo que en la tabla 26; en donde se presentan los valores observados y los esperados para cada categoría de la variable dependiente.

| Escalón | Chi-cuadrado | Gf | Sig. |
|---------|--------------|----|-------|
| 1 | 14.197 | 8 | 0.077 |

Tabla 25 Prueba de Hosmer y Lemeshow

Fuente: *Elaboración propia (2017)*

| | No aporta a Desarrollo Tecnológico | | Desarrollo tecnológico | | Total |
|--------|------------------------------------|----------|------------------------|----------|-------|
| | Observado | Esperado | Observado | Esperado | |
| Paso 1 | 1 | 9 | 8.567 | 3.433 | 12 |
| | 2 | 7 | 7.248 | 4.752 | 12 |
| | 3 | 6 | 4.953 | 9.047 | 14 |
| | 4 | 0 | 2.015 | 10.985 | 13 |
| | 5 | 2 | 1.211 | 10.789 | 12 |
| | 6 | 0 | 0.744 | 14.256 | 15 |
| | 7 | 0 | 0.177 | 9.823 | 10 |
| | 8 | 1 | 0.086 | 11.914 | 12 |
| | 9 | 0 | 0.000 | 13.000 | 13 |
| | 10 | 0 | 0.000 | 6.000 | 6 |

Tabla 26 Tabla de Contingencia para la prueba de Hosmer y Lemeshow

Fuente: *Elaboración propia (2017)*

El bloque 1 mostrado en la tabla 27 indica que hay un 86.6 % de probabilidad de acierto en el resultado de la variable desarrollo tecnológico cuando se conoce el estado de las variables independientes Colaboración, Tipo de I+D, reconocimientos Perfil PRODEP, SIN y pertenencia a cuerpo académico.

| Observado | | Pronosticado | | |
|-----------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------|--------------------------|
| | | No aporta a Desarrollo Tecnológico | Desarrollo tecnológico | Corrección de porcentaje |
| Paso 1 | No aporta a Desarrollo Tecnológico | 16 | 9 | 64.0 |
| | Desarrollo tecnológico | 7 | 87 | 92.6 |
| | Porcentaje global | | | 86.6 |

a. El valor de corte es .500

Tabla 27 Tabla de clasificación

Fuente: *Elaboración propia (2017)*

En la tabla 28 específicamente en la columna de puntuación de Wald, y renglón correspondiente a tipo de I+D: Aplicada, el valor de Wald es el más alto, indicando con esto que es la variable independiente que mejor aporta al modelo.

| | B | Error estándar | Wald | gl | Sig. | Exp(B) | 95% C.I. para EXP(B) | |
|----------------|--------|----------------|------|----|-------|----------|----------------------|----------|
| | | | | | | | Inferior | Superior |
| Colaboración | -0.69 | 0.677 | 1.05 | 1 | 0.305 | 0.49 | 0.13 | 1.88 |
| Basica | -0.36 | 0.658 | 0.30 | 1 | 0.583 | 0.69 | 0.19 | 2.52 |
| Aplicada | -1.96 | 0.668 | 8.66 | 1 | 0.003 | 0.14 | 0.03 | 0.51 |
| Experimental | -19.97 | 7791.80 | 0.00 | 1 | 0.998 | 0.00 | 0.00 | |
| Estimulos_PROD | -0.33 | 0.777 | 0.19 | 1 | 0.662 | 0.71 | 0.15 | 3.26 |
| Perfil_PRODEP | -1.71 | 1.195 | 2.04 | 1 | 0.153 | 0.18 | 0.01 | 1.88 |
| SIN | -18.20 | 18153 | 0.00 | 1 | 0.999 | 0.00 | 0.00 | |
| SI_CA | -0.23 | 0.728 | 0.10 | 1 | 0.747 | 0.79 | 0.19 | 3.29 |
| Constante | 42.57 | | 0.00 | 1 | 0.998 | 3.08E+18 | | |

a. Variables especificadas en el paso 1: COLABORACION, BASICA, APLICADA, EXPERIMENTAL, ESTIMULOS_PROD, PERFIL_PRODEP, SIN, SI_CA.

Tabla 28 Variables en la ecuación

Fuente: *Elaboración propia (2017)*

Con los valores obtenidos en la tabla 28, se elaboró la ecuación de regresión logística. Se renombraron las variables solo por cuestión de espacio y para una visualización simple de la ecuación como se muestra en la tabla 29.

| Nueva variable | Variable | Descripción |
|----------------|----------------------------------|---|
| P(DT) | Aporta al desarrollo tecnológico | Incluye los indicadores de la producción científica, propiedad industrial y derechos de autor |
| CA | Si ca | Pertenencia a Cuerpo académico |
| C | Colaboracion | Colaboración con pares y la industria |
| SNI | SNI | Pertenencia al SIN |
| PP | Perfil_PRODEP | Obtención de reconocimiento Perfil PRODEP |
| EP | EstimuloS_PROD | Participación en programa de estímulos al desempeño (Productividad) |
| B | Basica | Investigación básica |
| A | Aplicada | Investigación aplicada |
| E | Experimental | Investigación experimental |

Tabla 29 Cambio de variables del modelo

Fuente: *Elaboración propia (2017)*

La ecuación (2) de regresión logística binaria que se obtiene y que representa al modelo es la siguiente, así como el valor de esta cuando todas las variables están presentes.

$$P(DT) = \frac{1}{1+e^{(p)}} = 0.29 \quad (2)$$

En donde:

$$p = -42.572 + 0.235 * CA + 18.209 * SNI + 1.71 * PP + 0.339 * EP + 19.971 * E + 1.967 * A + 0.361 * B + 0.695 * C$$

El valor de la ecuación (2) cuando están presentes las variables independientes representa el 29 % de impacto en la variable dependiente desarrollo tecnológico; es conveniente mencionar que de acuerdo al valor de Exp (B) de cada una de las variables de la tabla 28; el cual indica un análisis multivariado, y si este es menor que cero indicaría que una disminución en la variable independiente implica que la variable dependiente aumente.

Caso contrario, si el valor es mayor a cero; implica que si la variable independiente aumenta, la variable dependiente aumenta también. La ecuación (2) P(DT) es la representación del modelo desarrollo tecnológico cuando las variables independientes están presentes.

Sin embargo, solo una variable independiente es la que mejor aporta al desarrollo tecnológico y es el tipo de I+D: Investigación Aplicada en este caso. El valor obtenido de 0.29 es un indicador del nivel de sinergia de los elementos que dan forma al desarrollo tecnológico. El ideal es que este valor se acerque a 1, indicando que todas las variables aportan en gran medida al modelo y son significativas. Implicando con esto, el nivel de sinergia utópica.

Cuando se realiza el análisis multivariado de regresión logística binaria que se presenta en la tabla 30 entre la variable desarrollo tecnológico y solo con variables Estímulos al desempeño, reconocimiento perfil PRODEP y SNI; solo la segunda mencionada es la más significativa y representa mejor al modelo.

| | | B | Error estándar | Wald | gl | Sig. | Exp(B) |
|---------------------|--------------|-------|----------------|-------|------|------|-----------|
| Paso 1 ^a | Basica | 1.11 | 0.59 | 3.54 | 1.00 | 0.06 | 3.05 |
| | Aplicada | 2.73 | 0.62 | 19.14 | 1.00 | 0.00 | 15.32 |
| | Experimental | 20.55 | 7713.13 | 0.00 | 1.00 | 1.00 | 837735628 |
| | Constante | -0.62 | 0.47 | 1.75 | 1.00 | 0.19 | 0.54 |

a. Variables especificadas en el paso 1: BASICA, APLICADA, EXPERIMENTAL.

Tabla 30 Variables en la ecuación

Fuente: *Elaboración propia (2017)*

De acuerdo a los valores las tablas 28 y 30 se concluye que el modelo representa el comportamiento de la muestra. No es posible hacer inferencia hacia la población, debido al valor de error estándar mayor a uno de un par de variables, y de los valores de significancia mayores a 0.05; indicando lo anterior el incipiente nivel de sinergia del sistema.

Modelo Basado en Agentes

La Tabla 31 representa el modelo que resulta de la presente investigación de acuerdo a los resultados del análisis de regresión; modelo y ecuación de regresión logística binaria.

| | | Desarrollo Tecnológico | | | | | | |
|-----|------------|------------------------|----------|-------------|-----------------------|-------------|------------|-------------|
| | | Producción Científica | | | Propiedad intelectual | | | |
| | | | | | Prop. industrial | | | D. de Autor |
| | | Mem | Art. idx | Art No idx. | Pat | Reg de Marc | D. de circ | Lib |
| Col | Par e ind. | ✓ | ✓ | ✓ | | | | ✓ |
| | C.A. | ✓ | ✓ | | | | | ✓ |
| I+D | Bás | | | | | | | |
| | Apl | | ✓ | | | | | |
| | Exp | | | | | | | |
| Rec | Prd. | ✓ | | | | | | |
| | P. PRODEP | ✓ | | | | | | ✓ |
| | SNI | | ✓ | | | | ✓ | |

Tabla 31 Variables del modelo
Fuente: Elaboración propia (2017)

A su vez cada una de las variables es modelada de acuerdo a los resultados del análisis no paramétrico con el estadístico chi-cuadrado. La etapa del modelado es parte esencial, así lo consideran tanto Helbing (2012) como Shrestha, Scarpino & Moore (2015) y Laghari & Nazi (2016), recomiendan hacer uso de métodos cualitativos o cuantitativos para conocer las particularidades de los agentes a modelar y de las relaciones que se forman con otros agentes, así como de las interacciones con el medio ambiente.

En este caso particular, los agentes son los profesores e investigadores y las relaciones se determinan con el análisis de asociación con Chi-cuadrado. Con los resultados obtenidos previamente se puede construir el vector que determina las características de los agentes y a continuación se muestra en la figura 1.



Figura 1 Vector que define el agente profesor o investigador
Fuente: Elaboración propia (2017)

En la tabla 32 se detalla cada uno de los elementos del vector, y los subvectores en tablas 33 y 34.

| Elemento del modelo | Descripción | | | | |
|-----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|--------------|--------|
| Edad | 27-83 | | | | |
| Grado Académico | Licenciatura | Especialización | Maestro | Doctor | Posdoc |
| Grado de colaboración | Integrante | Adjunto | Becario | Serv. Social | |
| Cuerpo Académico | CAEF | CAEC | CAC | N/A | |
| Reconocimientos | Perfil PRODEP | SNI | Productividad | | |
| Tipo de I+D | Básica | Aplicada | Experimental | | |
| Producción científica | Memorias en extenso | Artículos arbitrados | Artículos indexados | | |
| Propiedad Intelectual | Propiedad Industrial | Derechos de Autor | | | |

Tabla 32 Descripción de los elementos del vector (Variables Independientes)
Fuente: Elaboración propia (2017)

| Elemento | Descripción | | | |
|----------------------|-------------|---------------------|--------------------|--------------------------|
| Derechos de autor | Libros | | | |
| | | | | |
| Propiedad Industrial | Patentes | Diseño de Circuitos | Registro de marcas | Denominaciones de origen |

Tabla 33 Descripción de los elementos de subvectores propiedad industrial y derechos de autor (Variable dependientes)
Fuente: Elaboración propia (2017)

| Elemento | Descripción | | | |
|------------------------|-----------------------|----------------------|-------------------|--|
| Desarrollo tecnológico | Producción científica | Propiedad Industrial | Derechos de autor | |

Tabla 34 Descripción de los elementos de Desarrollo Tecnológico (Variable dependientes)
Fuente: Elaboración propia (2017)

En el anexo 4 se expresan las ecuaciones de regresión logística binaria restantes del modelo, se expresan por cada variable independiente y asociadas con el trabajo colaborativo en cuerpo académico. Finalmente, se modificó el modelo percolación (Wilensky, 1998) debido a que este modela no solo el paso de un fluido a través de una superficie porosa, sino que también se utiliza para representar la conectividad de una red, ya sea en el ámbito biológico, tecnológico o social. Dado que tan solo se visualizan nodos y aristas; en este caso y para fines de esta investigación los nodos son los profesores o investigadores, las aristas las relaciones con otros pares.

El grado de cada nodo, es decir el número de aristas es determinado por el nivel de producción científica e intelectual. La representación del modelo basado en agentes se encuentra en el anexo 1, así como el código necesario para su ejecución. Solo es necesario ejecutarlo en el entorno de programación Netlogo (Wilensky, 1999).

Los términos CPCA, PCA, PrCnt, ECA, ACA, BCA del anexo 4, se refieren a los elementos que forman las ecuaciones de regresión logística binaria generadas con las variables y valores de la tabla 28 de esta investigación. La figura 2 muestra el resultado de la simulación con el modelo de percolación propuesto por Wilensky (1998) de acuerdo a resultados de esta investigación.



Figura 2 Resultado inicial de simulación modelo de percolación

Fuente: *Elaboración propia (2017)*

Puede visualizarse como un contenedor lleno con algún material como arena, tierra o cualquier otro sustrato con cierto grado de compactación o porosidad, este grado de compactación permitirá que un líquido vertido en la parte superior se filtre (percole) o propague a cierta profundidad del material. Lo anterior, puede representar la propagación de ideas, mensajes, etcétera, en redes sociales basadas en tecnología o naturales.

Para nuestra investigación, representa el comportamiento de la I+D. y en este caso particular, la propagación es imperceptible, es decir incipiente. En el anexo 1 se visualiza la imagen de la ventana de ejecución del entorno de programación en el software Netlogo versión 6.0-M6.

La figura 3 de forma similar representa el comportamiento de la I+D con una modificación; específicamente la proporción de cuerpos académicos con mejor nivel de habilitación se triplico con respecto a la inicial, y se observa que el filtrado o percolación es mucho más representativo, una imagen de la ventana de ejecución del entorno de programación para este caso se encuentra en el anexo 2.

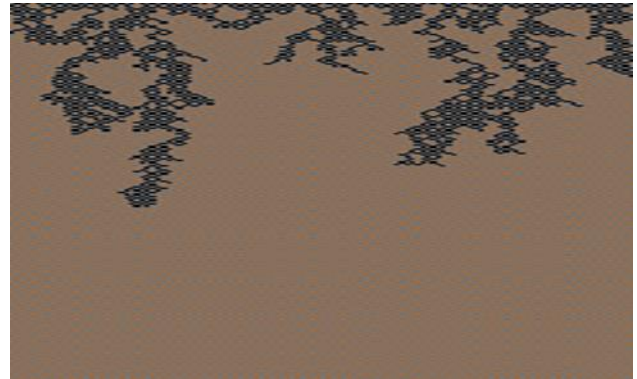


Figura 3 Resultado de simulación de modelo de percolación con 10 % de cuerpos académicos consolidados

Fuente: *Elaboración propia (2017)*

Conclusiones

Los resultados de la aplicación del conocimiento; es decir, innovaciones o bien producción intelectual se enmarcan dependiendo de su forma y naturaleza en patentes o derechos de autor; y forman parte de los sistemas de indicadores sobre I+D así como al desarrollo tecnológico de un país (OCDE, 2002).

Así también, como variable de salida se tiene a los resultados de la medición y análisis de la producción científica y cita de artículos del personal dedicado a I+D también conocida como bibliometría la cual es un indicador del estado de la ciencia y tecnología de un país o IES con respecto a otros (Heimeriks & Van den Besselaar, 2002).

La entrada personal dedicado a I+D como la identifica la OCDE es una variable de naturaleza compleja y que se debe abordar desde la realidad, a su vez, esta es afectada por otras variables de la misma naturaleza y a simple vista ajenas al problema (Coronel, Hernández, 2004). Destacando entre ellas las condiciones a las que están sujetos los profesores o investigadores para la producción científica e intelectual; de las cuales la estructura organizacional y las políticas internas de la institución para atender estrategias públicas como PRODEP, SNI son elementos esenciales para el éxito o fracaso de un desarrollo académico y de investigación óptimo; y que a su vez favorezca el desempeño laboral y social de los futuros profesionistas para lograr una transferencia de tecnología con sentido social.

Los resultados obtenidos muestran que los profesores o investigadores de tiempo completo para el desarrollo de sus actividades se agrupan en lo que se denomina cuerpos académicos o grupos de investigación de acuerdo a la recomendación del PRODEP.

Sin embargo, a diferencia de las comunidades epistémicas (Glãnzl y Schubert, 2004) donde se destaca la colaboración en la investigación, la creación de redes de expertos basadas en el conocimiento (Hass, 2008); los resultados obtenidos en este sentido indican que solo el 3 % de los cuerpos académicos de profesores o investigadores tienen condiciones para la denominación de comunidad epistémica o bien cuerpos académicos consolidados como lo denomina PRODEP.

El desarrollo tecnológico en México es un sistema complejo que se encuentra en activa y continua interacción con el entorno también complejo. La evolución del sistema cambio tecnológico hace que este permute a diversos estados, los cuales son producto de dos factores; en primer término la dinámica interna, en donde se encuentran los profesores e investigadores (personal dedicado a I+D), las IES, su estructura organizacional y políticas internas; y en segundo término, la intervención de parámetros exógenos de control como los programas para el reconocimiento y apoyo a la I+D ya sea el SNI o el PRODEP y que estos forman parte de una política pública.

De acuerdo con los resultados de esta investigación, específicamente los mostrados de Los elementos exógenos de control, en este caso reconocimiento SNI y PRODEP, hacen que la dinámica del sistema, sus elementos y producción tiendan a converger en un estado caracterizado por la búsqueda de reconocimiento al Perfil PRODEP y estímulo al desempeño académico.

Por lo que el programa de desarrollo del profesorado (PRODEP) de la Subsecretaría de Educación Superior (SES) y Sistema Nacional de Investigadores (SNI) del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) crean un par de atractores, en los cuales los elementos del sistema (Agentes) dirigen sus esfuerzos para lograr una producción científica e intelectual que les permita la consecución de los citados reconocimientos y remuneraciones. Aunque, el estado del reconocimiento SNI es deseable debido a que los productos requeridos para su obtención impactan en los diferentes exigen calidad investigativa y permiten análisis bibliométricos.

Se abordó la innovación, específicamente como resultado de la actividad investigación y desarrollo experimental (I+D). Así también, se especifica que son tres tipos de investigación las realizadas; investigación básica, aplicada y experimental; siendo estas dos últimas las que tienen asociación con el área académica en donde se realizó el estudio y que son: el área de negocios en el marco de las ciencias sociales y administrativas y el área de ingeniería y tecnología.

Dado lo anterior, y contrastando con Pérez (2011), quien aborda un análisis de la profesión académica y las nuevas condiciones de la producción intelectual; además de que destaca como ejes principales los mecanismos de regulación y forma de organización del capital humano dedicado a I+D. Los mecanismos de regulación, son en parte los determinados por una política pública para tratar de estimular la producción intelectual del capital humano a través de programas de estímulos como por ejemplo estímulo al desempeño académico (PRODEP) o beca del SNI.

De acuerdo a lo anterior, el elemento personal dedicado a I+D en el área de negocios se encuentra desvinculado de la producción intelectual ya sea en patentes o en publicaciones reconocidas. La razón de lo anterior puede encontrarse en la misma solución que hasta el momento se ha implementado. Es decir, los atractores que forman tanto PRODEP, como SNI, no están permitiendo una vinculación y transferencia de tecnología adecuada con la sociedad.

Para determinar las características de los elementos que afectan el desarrollo tecnológico en México y de acuerdo a los resultados del análisis de correlación previamente discutidos; lo que se busca determinar no son las que hasta este momento están encaminadas hacia un estado deseable, si no la que converge a un estado no deseable.

En este caso es el elemento personal dedicado a I+D. Siendo este un elemento endógeno y no tanto una variable de entrada del sistema cambio tecnológico sobre el cual se desarrolla la propuesta del modelo.

El modelo desarrollado y mostrado en las figuras 4 y 5 de los anexos 2 y 3, fue elaborado en función de las asociaciones encontradas en los datos obtenidos con el instrumento para la recolección de datos. Se destacan las características que son en primer término, la edad de los profesores e investigadores. Posteriormente el grado académico, su relación con la pertenencia a Cuerpo académico y colaboración con integrantes del mismo, así como el tipo de I+D que realiza en el marco de su función sustantiva, los reconocimientos que busca obtener ya sea por SNI, Beca estímulos a la actividad docente, Perfil PRODEP u otro. Además de las publicaciones reconocidas y la propiedad intelectual ya sea en patentes o derechos de autor.

Se observó por medio de los resultados obtenidos en esta investigación, que el programa para el desarrollo profesional docente (PRODEP) aunque tiene como fin el estimular el mejoramiento de la educación superior en México, este promueve la creación de un atractor alrededor del cual se aglomeran los profesores o investigadores. Sin embargo, aunque estos últimos logran actividades de vinculación con la sociedad, aun no se están materializando y dando forma en acciones reales de transferencia de tecnología. Denotando la ausencia de una real responsabilidad social de las instituciones de educación superior.

Es importante también mencionar que no recae la responsabilidad de la situación en los agentes, si no en los creadores de la estrategia en el marco de una política pública para prever el estado hacia el que debe converger el sistema desarrollo tecnológico.

Referencias

- Bedau, M. A. 1991. *Weak emergence. Nos 31(Supplement: Philosophical Perspectives, 11, Mind, Causation, and World)*, 375–399.
- CONACYT (2014). *Dirección de Redes Temáticas de Investigación*. Recuperado el 01 de Octubre de 2014 de <http://www.conacyt.gob.mx/index.php/el-conacyt/desarrollo-cientifico/redes-tematicas-de-investigacion>
- Conklin, J.E.(2006). *Dialog Mapping: Building Shared Understanding of Wicked Problems*. Napa, CA: CogNexus Institute
- Coronel-Brizio, H. F. Hernández-Montoya, A. R. (2005). *Asymptotic behavior of the daily increment distribution of the IPC, the mexican stock market index*. *Revista Mexicana de Física*, febrero, 27-31.
- GAZCA-HERRERA Luis A., SÁNCHEZ-HERNÁNDEZ Guillermo, ZABALA-ARRIOLA Omar, VELASCO-RAMIREZ (2016) María L. Estudio de factibilidad con prueba de hipótesis para estudios de posgrado en tecnologías de información en las organizaciones. *Revista de Tecnologías de la Información*, Diciembre, 21-32.
- Glañzel, W. and Schubert, A. (2004), “*Analysing scientific networks through co-authorship*”, in *Moed, H.F.* (Ed.), *Handbook of Quantitative Science and Technology Research*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 257-276.
- Haas, Peter M., 2008: *Epistemic Communities*. In: *Daniel Bodansky/Jutta Brunnée/Ellen Hey* (eds.), *The Oxford Handbook of International Environmental Law*. Oxford: Oxford University Press, 791–806
- Helbing, D. (2010) “*Pluralistic Modeling of Complex Systems*.” *Science and Culture* 76(9-10):315-329.
- Helbing, D., (2012). *Social Self-Organization, Understanding Complex Systems*, Zürich: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Helbing, D. & Grund, T. U. (2013). *Agent-Based Modeling and Techno-social systems*. *Advances In Complex Systems*, 16(4/5), -1. doi:10.1142/S0219525913030021
- Heimeriks, G., & Van den Besselaar, P. (2002). *State of the art in bibliometrics and webometrics*. *EICSTES*. Retrieved, 13(01), 2006.
- Hill-King, M. (2007). *The Fundamentals of Intellectual Property*. *Licensing Journal*, 27(10), 31-40
- Horst W. J., R., & Melvin M., W. (1973). *Dilemmas in a General Theory of Planning*. *Policy Sciences*, 4(2), 155-169.
- Laghari S, Niazi MA (2016) Modeling the Internet of Things, Self-Organizing and Other Complex Adaptive Communication Networks: A Cognitive Agent-Based Computing Approach. *PLoS ONE* 11(1): e0146760. doi:10.1371/journal.pone.0146760
- Miller, J. H., & Page, S. E. (2007). *Complex Adaptive Systems: An Introduction to Computational Models of Social Life*. Princeton: Princeton University Press.
- OECD (2005), *Frascati Manual 2002: Proposed Standard Practice for Surveys on Research and Experimental Development, The Measurement of Scientific and Technological Activities*,

OECDPublishing.doi: 10.1787/9789264199040
-enPérez, T. R. (1998). *¿Existe el Método Científico?* (Primera ed.). México, México: Fondo de Cultura Económica.

Porter, M. E. (2008). *On competition* (Update and Expanded Edition). Boston MA., Harvard Business School Publishing.

Scott E. Page (2012). *Aggregation in agent-based models of economies. The Knowledge Engineering Review*, 27, pp 151-162. doi:10.1017/S0269888912000112.

SEP (2013). *Secretaría de Educación Pública. Programa del Mejoramiento del Profesorado. 2013*. Diario Oficial de la Federación, DOF 28-02-2013. Recuperado el 4 de marzo del 2013 de http://promep.sep.gob.mx/reglas/Reglas_PRO_MEP_2013.pdf.

SEP, (2014). *Estadísticas*. [online] Dsa.sep.gob.mx. Disponible en: <http://dsa.sep.gob.mx/estadisticas.html> [Accesado 10 Dec. 2014].

Shrestha, M., Scarpino, S. V., & Moore, C. (2015). *Message-passing approach for recurrent-state epidemic models on networks*. Physical Review E: Statistical, Nonlinear & Soft Matter Physics, 92(2-B), 022821-1-022821-9. doi:10.1103/PhysRevE.92.022821.

UNCTAD (2007), *The Least Developed Countries Report 2007: Knowledge, Technological Learning and Innovation for Development*, Naciones Unidas, Ginebra.

UNESCO-UIS. (2010). *MEDICIÓN DE LA INVESTIGACIÓN Y EL DESARROLLO (I+D): Desafíos Enfrentados por los Países en Desarrollo*. Instituto de Estadística de la UNESCO. Canadá.

Wilensky, U. (1998). *NetLogo Percolation model*.<http://ccl.northwestern.edu/netlogo/models/Percolation>. Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University, Evanston, IL.

Wilensky, U. (1999). *NetLogo*. Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University, Evanston, IL.

Anexo 1

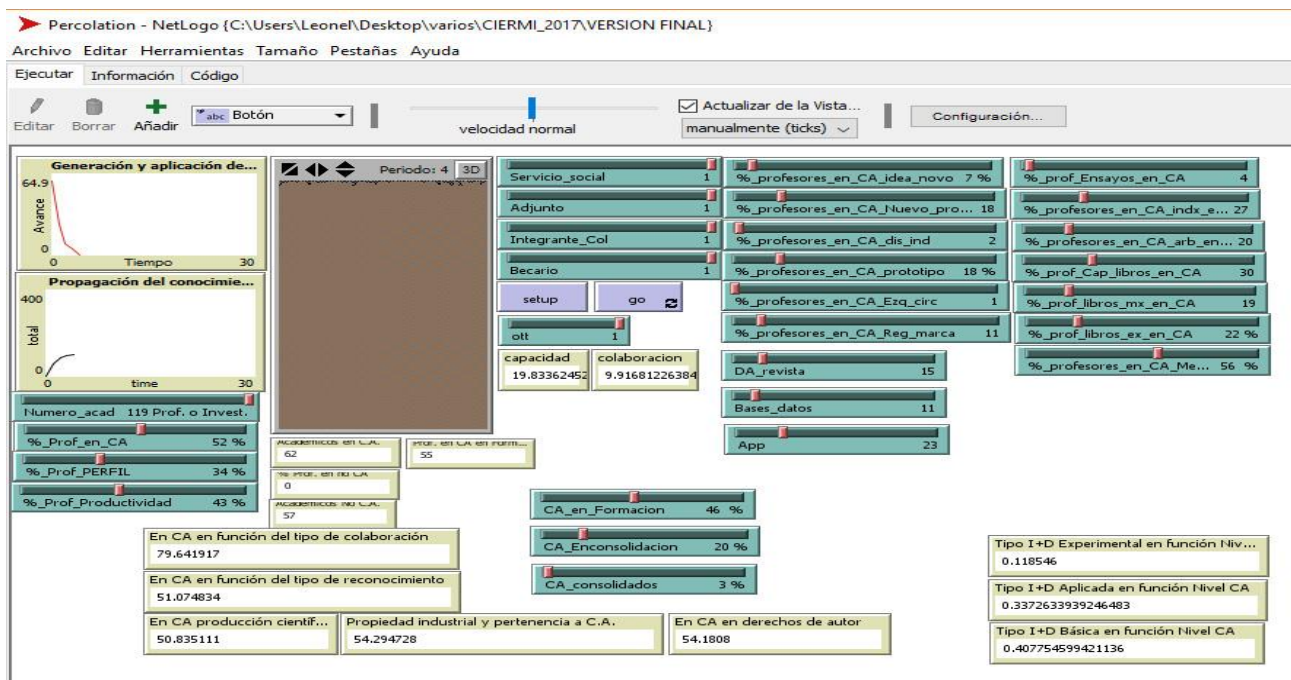


Figura 4 Ventana de ejecución inicial del entorno de programación Netlogo
 Fuente: Elaboración propia (2017)

Anexo 2

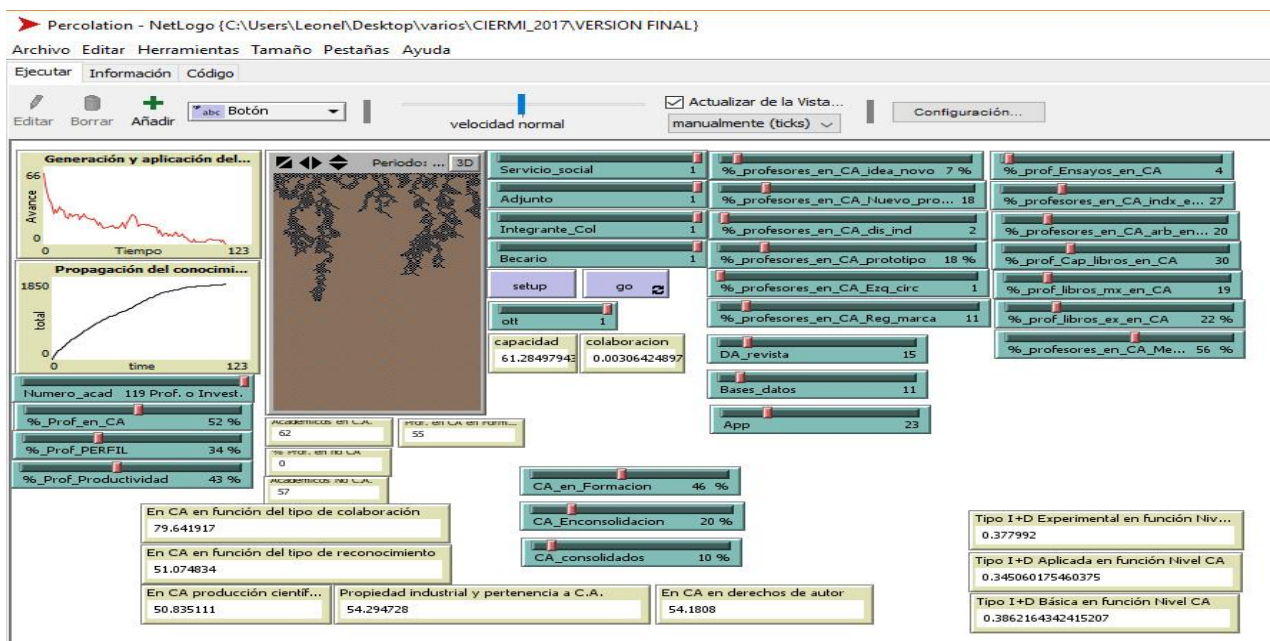


Figura 4 Ventana de ejecución inicial del entorno de programación Netlogo con 10 % de cuerpos académicos consolidados
 Fuente: Elaboración propia (2017)

Anexo 3

Modelo de percolación para representar el comportamiento de la I+D

```

globals [
  current-row ;; agentset of patches in current row
  total-oil ;; keeps track of how much ground has been saturated
                ;; since the simulation began.
  capacidad
  colaboracion
  Num_acad;;
  Num_NO_CA;; 62 %
  perfil_prodep;; 34%
  sni;; 3%
  estimulo_des;;43%
  otro;;
  mem;;
  arb;;
  indx;;
  patentes;;
  diseno_circ;;
  Reg_marca;;
  Den_origen;;
  Libros;;
  Lic;; 1%
  esp;;4%
  master;; 56%
  doc;;39%
  edad;; 26-67
  antig;; 5 - 38
  grad_col;; 72 %
  impacto_EF
  impacto_EC
  impacto_C
  impacto_NCA
  prof_en_no_CA
  Colaboracion_prof
  CA_rec
  num_prof_en_ca_mem
  En_CA_EF
  En_CA_EC
  En_CA_C
  En_CA
  Prof_CA_Memorias
  Prof_prod_Memorias
  Prof_prod_arb
  Prof_CA_arb
  %_prof_en_no_CA
  Prof_No_CA_Memorias_en_ext
  Prof_No_CA_arb_en_ext
  Prof_prod_indx
  Prof_CA_indx
  %_de_Prof_No_CA_Memorias_en_ext
  %_de_Prof_No_CA_arb_en_ext
  %_de_Prof_No_CA_indx_en_ext
  %_profesores_en_CA_patentes_en_ext
  Prof_No_CA_patentes_en_ext
  CA_Prod_cientifica
  CA_Prop_industrial
  CA_Der_autor
  EXPERIMENTAL_NIVEL_CA
  APLICADA_NIVEL_CA
  BASICA_NIVEL_CA
  Prof_No_CA_indx_en_ext
  Prof_prod_patentes
  ;; %_prof_que_prod_patentes
  Prof_CA_patentes
  %_de_Prof_No_CA_patentes_en_ext
  Prof_prod_diseno_circ
  ;; %_prof_que_prod_diseno_circ
  Prof_CA_diseno_circ
  ;; %_profesores_en_CA_diseno_circ_en_ext
  %_de_Prof_No_CA_diseno_circ_en_ext
  Prof_No_CA_diseno_circ_en_ext
  Prof_prod_Reg_marca
  ; %_prof_que_prod_Reg_marca
  Prof_CA_Reg_marca
  ;;%_profesores_en_CA_Reg_marca_en_ext
  %_de_Prof_No_CA_Reg_marca_en_ext

```

```

Prof_No_CA_Reg_marca_en_ext
Prof_prod_Den_origen
;; %_prof_que_prod_Den_origen
Prof_CA_Den_origen
;; %_profesores_en_CA_Den_origen_en_ext
%_de_Prof_No_CA_Den_origen_en_ext
Prof_No_CA_Den_origen_en_ext
Prof_prod_libros
;; %_prof_que_prod_libros
Prof_CA_libros
;; %_profesores_en_CA_libros_en_ext
%_de_Prof_No_CA_libros_en_ext
Prof_No_CA_libros_en_ext
;;Becario
;;Servicio_social
;;Adjunto
;;Integrante_Col
;;Ninguno
]
to setup
  clear-all
  set total-oil 0
  ;; set OTT 0
  set capacidad 0
  set Num_acad 0
  set Num_NO_CA 0
  set En_CA 0
  ;;set perfil_prodep 0
  set sni 0
  set estimulo_des 0
  set otro 0
  set mem 0;;
  set arb 0;;
  set indx 0;;
  set patentes 0;;
  set diseno_circ 0;;
  set Reg_marca 0;;
  set Den_origen 0;;
  set Libros 0;;
  set Lic 0;;
  set esp 0;;
  set master 0;;
  set doc 0;;
  set edad 0;;
  set antig 0;;
  set grad_col 0;;
  set num_prof_en_ca_mem 0
  set colaboracion 0
  set Colaboracion_prof 0
  set CA_rec 0
  set CA_Prod_cientifica 0
  set CA_Prop_industrial 0
  set CA_Der_autor 0
  set EXPERIMENTAL_NIVEL_CA 0
  set APLICADA_NIVEL_CA 0
  set BASICA_NIVEL_CA 0
  ;; start with all unsaturated soil
  ask patches [
    reset-color
  ]
  ;; set up top row
  set current-row patches with [pcolor = max-pycor]
  ask current-row [
    if pxcor mod 2 = 1
      [ set pcolor red ] ;; This code initializes the "oil spill". Red
                        ;; patches represent the leading edge of the spill.
  ]
  reset-ticks
end
;; This procedure sets the color for the patch, according to the checkerboard
pattern.
to reset-color ;; patch procedure
  ifelse (pxcor + pycor) mod 2 = 1
    [ set pcolor brown ]
    [ set pcolor gray - 1 ]
end
to go
  if not any? current-row with [pcolor = red]
    [ stop ]
  percolate
  wrap-oil
  tick
end
to percolate

```

```

set Num_acad Numero_acad
set prof_en_no_CA (Num_acad - Num_acad * %_Prof_en_CA / 100)
set En_CA (Num_acad * %_Prof_en_CA / 100)
if (CA_en_Formacion * Num_acad / 100 + CA_Enconsolidacion * Num_acad /
100 + CA_consolidados * Num_acad / 100) > Numero_acad [stop]
set En_CA_EF (CA_en_Formacion * Num_acad / 100)
set En_CA_EC (CA_Enconsolidacion * Num_acad / 100)
set En_CA_C (CA_consolidados * Num_acad / 100)
set Colaboracion_prof ((1 / (1 + e ^ ( 1.899 - 0.431 * ((45 / (100 -
%_Prof_en_CA))) - 0.225 * Servicio_social + 0.161 * Becario - 0.485 * Adjunto
- 2.31 * Integrante_Col)))
set CA_rec ((1 / (1 + e ^ (- 1.99 + 2.805 * (66 / (100 - %_Prof_PERFIL)) -
0.858 * (57 / (100 - %_Prof_Productividad))))))
set CA_Prod_cientifica (1 / (1 + (e ^ (- 2.179 + (0.504) * (96 / (100 -
%_prof_Ensayos_en_CA)) + (1.026) * (96 / (100 - %_prof_libros_ex_en_CA)) +
(0.533) * (81 / (100 - %_prof_libros_mx_en_CA)) + (0.236) * (67 / (100 -
%_prof_Cap_libros_en_CA)) - (0.351) * (75 / (100 -
%_profesores_en_CA_arb_en_ext)) + (0.831) * (73 / (100 -
%_profesores_en_CA_indx_en_ext)) - (0.882) * (44 / (100 -
%_profesores_en_CA_Memorias_en_ext))))))
set CA_Prop_industrial (1 / (1 + (e ^ ((1.274 - (1.176 * 90 / (100 -
%_profesores_en_CA_Reg_marca)) - (21.325 * 99 / (100 -
%_profesores_en_CA_Ezq_circ)) + (0.974 * 82 / (100 -
%_profesores_en_CA_prototipo)) + (20.106 * 98 / (100 -
%_profesores_en_CA_dis_ind)) - (0.036 * 82 / (100 -
%_profesores_en_CA_Nuevo_producto)) + (0.024 * 93 / (100 -
%_profesores_en_CA_idea_novo))))))
set CA_Der_autor (1 / (1 + e ^ (- 1.126 - (1.1 * 85 / (100 - DA_revista)) -
0.239 + (1.547 * 81 / (100 - %_prof_libros_mx_en_CA)) + (0.925 * 89 / (100 -
Bases_datos)) - (0.166 * (81 / (100 - App))))))
set EXPERIMENTAL_NIVEL_CA (1 / (1 + (e ^ (- 1 * ((- 20.143) + (- 0.634
* (71 / (100 - CA_en_Formacion))) + (- 0.426 * (79 / (100 -
CA_Enconsolidacion))) + (19.391 * (97 / (100 - CA_consolidados))))))
set APLICADA_NIVEL_CA (1 / (1 + (e ^ (- 1 * ((2.366) + (- 1.426 * (71 /
(100 - CA_en_Formacion))) + (- 1.633 * (79 / (100 - CA_Enconsolidacion))) +
(0.446 * (97 / (100 - CA_consolidados))))))
set BASICA_NIVEL_CA (1 / (1 + (e ^ (- 1 * ((0.804) + (0.273 * (71 / (100 -
CA_en_Formacion))) + (- 0.384 * (79 / (100 - CA_Enconsolidacion))) + (- 1.157
* (97 / (100 - CA_consolidados))))))
set colaboracion Colaboracion_prof * CA_rec * CA_Prod_cientifica *
CA_Prop_industrial * CA_Der_autor * BASICA_NIVEL_CA *
APLICADA_NIVEL_CA * EXPERIMENTAL_NIVEL_CA
set capacidad colaboracion * 20000 * OTT
ask current-row with [pcolor = red] [
;; oil percolates to the two patches southwest and southeast
ask patches at-points [[-1 -1] [1 -1]]
[ if (pcolor = brown) and (random-float 100 < capacidad) ;; puede ser un
aleatorio entre 1 y 100, aqui se ajustó al número de académicos de la muestra
[ set pcolor red ] ]
set pcolor black
set total-oil total-oil + 1
]
;; advance to the next row
set current-row patch-set [patch-at 0 -1] of current-row
end
;; this procedure moves the colors from the bottom row of patches up to the top
row
;; and resets all the patches below the top, so that we can see the oil continue
;; to run deeper into the ground.
to wrap-oil
if [pycor = min-pycor] of one-of current-row
[
ask current-row [
ask (patch-at 0 -1)
[ set pcolor [pcolor] of myself ]
]
ask patches with [ pycor < max-pycor ] [
reset-color
]
set current-row patch-set [patch-at 0 -1] of current-row
]
end
; Copyright 1998 Uri Wilensky.
; See Info tab for full copyright and license.

```

Anexo 4

Ecuaciones obtenidas con regresión logística binaria

Colaboración y pertenencia a C.A

CPCA=1.899+0.431*Ninguno+0.225*Serv_soc0.161*Becario+0.485*Adj_Tec+2.31*Int_col

$$P(CPCA) = \frac{1}{1+e^{(-CPCA)}} \quad (3)$$

=0.81

Pertenencia a C.A. y Estímulo al desempeño y perfil PRODEP

PCA=1.99+(-2.805)*Perfil+(0.858) * Est_des

$$P(PCA) = \frac{1}{1+e^{(-PCA)}} = 0.51 \quad (4)$$

Pertenencia a C.A. y producción científica

PrCnt=2.179+(-0.504)*Ensayo+(-1.026)*Lib_Ex+(-0.533)*Lib_Mx+(-0.236)*Cap_lib+(0.351)*No_Indx+(-0.831)*Indx+(0.882)*Mem

$$P(PrCnt) = \frac{1}{1+e^{(-PrCnt)}} = 0.57 \quad (5)$$

Tipo I+D: Experimental y Nivel_CA

ECA=(-20.143)+(-0.634)*CA_Formación+(-0.426)*CA_En_Consolidación+(19.391)*CA_Consolidado

$$P(ECA) = \frac{1}{1+e^{(-ECA)}} = \quad (6)$$

Tipo I+D Aplicada y Nivel_CA

ACA: (2.366)+ (-1.426)*CA_Formación+(1.633)*CA_En_Consolidación+(0.466)*CA_Consolidado

$$P(ACA) = \frac{1}{1+e^{(-ACA)}} \quad (7)$$

Tipo I+D Básica y Nivel_CA

BCA: (0.804) + (0.273)*CA_Formación+(0.384)*CA_En_Consolidación+(0.273)*CA_Consolidado

$$P(BCA) = \frac{1}{1+e^{(-BCA)}} \quad (8)$$

Posicionamiento óptimo de estaciones base áreas en redes móviles

BORDON-LOPEZ, Raikel * †, LOPEZ-MONTEAGUDO, F. Eneldo y OLVERA-OLVERA, Carlos

Universidad Autónoma de Zacatecas Francisco García Salinas (UAZ)

Recibido Octubre 11, 2017; Aceptado Diciembre 5, 2017

Resumen

En este trabajo se presenta un sistema para el posicionamiento óptimo de múltiples estaciones base áreas en una red móvil. Las posiciones de las estaciones base se actualizan en tiempo real en función de la distribución de los usuarios en el área de la red. Se emplea un algoritmo genético como método de optimización y se consideran dos métricas de desempeño: la tasa de transmisión total y el índice de equidad de la asignación de recursos. Las estaciones base aéreas mapean en tiempo real las pérdidas de trayecto de los enlaces inalámbricos y emplean los datos recolectados para optimizar su posición. Se demuestra mediante simulaciones la eficiencia del uso de drones como estaciones base aéreas en redes móviles y se evalúa el desempeño del esquema propuesto. Los resultados obtenidos muestran que, para el escenario bajo estudio, con cinco estaciones base áreas y una estación base estática es posible alcanzar una tasa de transmisión total equivalente a la que se obtiene con diez estaciones base estáticas.

Algoritmo genético, estación base aérea, índice de equidad, optimización, tasa de transmisión

Abstract

This paper presents a system for the optimal positioning of multiple aerial base stations in a mobile network. The positions of the base stations are updated in real time according to the distribution of the users in the network area. We use a genetic algorithm as optimization method and we consider two performance metrics: the total transmission rate and the fairness index of resource allocation. The aerial base stations map in real-time the path loss of the wireless links and then use the collected data to optimize their position. By means of simulations we demonstrate the efficiency of the use of drones as aerial base stations in mobile networks and evaluate the performance of the proposed scheme. The results show that, in the scenario under study, with five base stations and one static base station it is possible to achieve a total transmission rate equivalent to that obtained with ten static base stations.

Aerial base station, fairness index, genetic algorithm, optimization, transmission rate

Citación: BORDON-LOPEZ, Raikel, LOPEZ-MONTEAGUDO, F. Eneldo y OLVERA-OLVERA, Carlos. Posicionamiento óptimo de estaciones base áreas en redes móviles. Revista de Investigación y Desarrollo. 2017, 3-10:23-30

* Correspondencia al autor (Correo electrónico: colvera@uaz.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

El crecimiento continuo en los volúmenes de tráfico en las redes celulares actuales demanda nuevas tecnologías y diseños para los servicios de telecomunicaciones comerciales. Entre las innovaciones propuestas, se prevé que con el nuevo estándar de redes celulares 5G se despliegue una densa red de estaciones base (BS) de corto alcance para ofrecer un mejor servicio y tarifas de datos adecuadas a los usuarios [1]. Se ha planteado que las tendencias en el crecimiento de las demandas de tráfico y el despliegue de dispositivos podrían continuar más allá de las redes 5G [2]. Esta densificación celular, aunque en última instancia dará lugar a mayores tasas de datos como resultado de una mayor eficiencia en el uso del espectro, se espera sea costosa e ineficiente en muchos casos, debido a la sub-utilización de las BS desplegadas [3].

Conjuntamente con la evolución de las redes móviles, los avances recientes en el desarrollo de vehículos aéreos no tripulados (UAV) han posibilitado su explotación en múltiples áreas, tales como agricultura, mapeado 3D, detección remota, operaciones de búsqueda y rescate, monitoreo de desastres naturales, entre otras [4]. Recientemente, se ha propuesto la integración de drones como estaciones base aéreas en las redes de comunicaciones móviles [5]-[7], con el objetivo de complementar las pico-celdas ya desplegadas, extender la cobertura y mejorar la conectividad en áreas densamente pobladas o donde la construcción de una nueva infraestructura para una red móvil es económicamente infactible [8].

Una de las ventajas clave del uso de UAV como estaciones bases aéreas (BSa) en las futuras redes móviles es la mejora esperada la eficiencia espectral y la cobertura de red. Los UAV pueden modificar su posición en tiempo real en función de las localizaciones de los usuarios y sus requerimientos de tráfico [9].

Por tanto, se puede esperar una mejora significativa en la calidad de servicio en comparación con las BS estáticas (BSe), la cuales se despliegan teniendo en cuenta únicamente las localizaciones esperadas de los usuarios [10]. Además, debido a su punto de vista aéreo, los UAV tienen más posibilidades de establecer enlaces con línea de vista con los usuarios que las BSe.

En este trabajo se presenta un sistema para el posicionamiento óptimo de múltiples BSa en una red móvil donde operan de manera conjunta con BSe. Para el posicionamiento óptimo de las BSa se emplea un algoritmo genético considerando dos métricas de desempeño: la tasa de transmisión total de la red y el índice de equidad de la asignación de recursos. Las posiciones de las BSa se actualizan en tiempo real en función de la distribución de los usuarios en el área de la red.

Como novedad con respecto a trabajos precedentes, se propone explotar las capacidades de movilidad de los UAV para realizar un mapeado de las pérdidas de trayecto reales de los enlaces, en lugar de emplear un modelo teórico del canal. El conocimiento de las pérdidas de trayecto función de las posiciones de los UAV y de los usuarios es fundamental para realizar el posicionamiento óptimo de las BSa y por tanto es importante su determinación precisa para garantizar un adecuado desempeño del algoritmo de posicionamiento de las BSa. Mediante simulaciones se demuestra la eficiencia del uso de drones como estaciones bases aéreas en redes móviles y se evalúa el desempeño del esquema propuesto.

El resto de este trabajo está organizado de la siguiente manera. En la sección II se presenta el modelo del sistema. El problema de optimización se formula en la sección III y en la sección IV se describe la implementación del algoritmo genético. Los resultados obtenidos se discuten en la sección V y, finalmente, la sección VI concluye el trabajo.

Modelo del sistema

En este trabajo se considera una arquitectura de red similar a la descrita en [9]. Se asume que las BSa operan en vuelos de baja altura, con el objetivo de reducir la pérdida de trayecto de los enlaces con los usuarios. Se asume además que las posiciones de los usuarios son conocidas en tiempo real por el sistema de posicionamiento. Esta asunción resulta razonable, ya que se espera que las BSa operen sirviendo a usuarios en exteriores donde típicamente la localización por GPS está disponible.

Las posiciones de los usuarios son recolectadas por las BSe o las BSa, y son enviadas a una unidad de control, implementada de manera lógica mediante recursos computacionales distribuidos en el borde del área de cobertura de la red. La trayectoria del movimiento del dron es generada en la unidad de control de manera dinámica en función del movimiento de los usuarios y los requerimientos de la red. Los puntos de control de esta trayectoria son actualizados y enviados continuamente al dron, el cual se mueve de manera autónoma hacia cada nuevo punto de la trayectoria comandada.

La red consiste en M estaciones base estáticas y N estaciones base aéreas que brindan servicio a K usuarios móviles, los cuales se desplazan dentro del área de la red. El área de la red es un rectángulo de dimensiones $L_1 \times L_2$. La i -ésima BS y el j -ésimo usuario se denotan como \mathcal{B}_i y \mathcal{U}_j , respectivamente, donde $i \in \mathcal{B}$ y $j \in \mathcal{U}$, con $\mathcal{B} = \{1, \dots, M, M + 1, \dots, M + N\}$ y $\mathcal{U} = \{1, \dots, K\}$. Nótese que los M primeros subíndices de las BS denotan las BS estáticas, mientras que los últimos N denotan las BS aéreas.

Las posiciones de \mathcal{B}_i y \mathcal{U}_j se denotan como $X_{B,i}$ y $X_{U,j}$, respectivamente. Las BSe se encuentran ubicadas a una altura h_{BSe} sobre el suelo, mientras que las BSa vuelan a una altura h_{BSa} .

Se asume que los usuarios móviles se desplazan dentro del área de la red siguiendo el modelo descrito en [11], a una velocidad media v_u . Las BSa actualizan su posición periódicamente, en intervalos de duración τ_s y se desplazan a cada nueva posición a una velocidad v_b .

Todas las BS comparten el mismo canal de ancho de banda W a la frecuencia f . La relación señal a interferencia más ruido (SINR) del enlace entre \mathcal{B}_i y \mathcal{U}_j , la cual denotamos como δ_{ij} , se puede calcular como

$$\delta_{ij} = \frac{\Omega_{ij} P_i}{\sum_{k \in \mathcal{B}, k \neq i} \Omega_{kj} P_k + N_o W}, \quad (1)$$

Donde P_i y P_k representan la potencia de transmisión de \mathcal{B}_i y \mathcal{B}_k , respectivamente, Ω_{ij} es la ganancia de potencia promedio del canal y N_o es la densidad espectral de ruido.

Modelo del canal inalámbrico

Un elemento esencial en el sistema de posicionamiento óptimo de las BSa es la estimación precisa de las ganancias de potencia de los canales en función de las posiciones de los usuarios y las BSa. En la literatura se han propuesto varios modelos para estimar la pérdida de trayecto en función de la distancia, las características del entorno de propagación y los parámetros del sistema tales como la frecuencia de operación y altura de las antenas.

Sin embargo, en la mayoría de los casos se trata de modelos que se pueden agrupar dentro de dos categorías:

1. modelos desarrollados para entornos de propagación con características muy específicas, lo cual limita su rango de aplicabilidad;
2. modelos muy generales, aplicables en gran variedad de entornos, pero con los cuales se obtienen estimaciones muy alejadas de los valores reales.

En este trabajo se propone explotar las capacidades de movilidad de las BSa para realizar un mapeado de las pérdidas de trayecto reales de los enlaces, en lugar de emplear un modelo de propagación. A medida que las BSa se desplazan y reciben las señales de los usuarios, el sistema va creando un mapa de las pérdidas de trayecto en el área de la red a través de mediciones de la potencia de la señal recibida.

Con cada medición n -ésima, un vector de la forma $\mathbf{z}_n = \{\tilde{X}_B^n, \tilde{X}_U^n, \tilde{\Omega}^n\}$ se almacena en la memoria de la unidad de control. Cada vector \mathbf{z}_n contiene las posiciones del usuario y de la BSa en el instante que se tomó la muestra, y la ganancia de potencia promedio del canal medida, $\tilde{\Omega}^n$. Las muestras almacenadas se emplean para predecir el valor de Ω_{ij} dados $X_{B,i}$ y $X_{U,j}$ mediante un método de interpolación, esto es,

$$\Omega_{ij} = f_{\Omega}(X_{B,i}, X_{U,j}, \{\mathbf{z}_n\}) \quad (2)$$

Donde f_{Ω} es la función de interpolación y $\{\mathbf{z}_n\}$ es el conjunto de todas las muestras almacenadas en memoria. Es necesario tener en cuenta que las muestras tomadas no garantizan que se pueda estimar Ω_{ij} para todos los posibles valores de $X_{B,i}$ y $X_{U,j}$, debido a la posible ausencia de muestras para algunas regiones del área de la red.

Para determinar cuándo se puede estimar Ω_{ij} mediante interpolación, se emplea como criterio que las distancias del vector $\{X_{B,i}, X_{U,j}\}$ a los cinco vectores $\{\tilde{X}_B^n, \tilde{X}_U^n\}$ más cercanos se encuentren por debajo de una distancia umbral. Es decir, Ω_{ij} se obtiene empleando el método de interpolación solo si se cumple que

$$\|\{\tilde{X}_B^n, \tilde{X}_U^n\} - \{X_{B,i}, X_{U,j}\}\| < \epsilon_d, n \in \mathbf{Z}_{ij} \quad (3)$$

Donde \mathbf{Z}_{ij} es el conjunto de índices de las cinco muestras más cercanas a $\{X_{B,i}, X_{U,j}\}$ y ϵ_d es una distancia umbral.

En los casos en los que no se puede estimar Ω_{ij} por el método de interpolación, se utiliza un modelo de propagación general [12], según el cual la ganancia de potencia promedio del canal entre \mathcal{B}_i y \mathcal{U}_j , se estima como

$$\Omega_{ij} = \Omega_o / \|X_{B,i} - X_{U,j}\|^{\alpha} \quad (4)$$

Donde $\|X_{B,i} - X_{U,j}\|$ es la distancia entre la BS y el usuario, α es el exponente de pérdida de trayecto y Ω_o es una constante. Los parámetros α y Ω_o son estimados por el sistema en tiempo real a partir del conjunto de muestras $\{\mathbf{z}_n\}$ mediante regresión lineal.

Problema de optimización

Se considera un esquema de asignación de recursos en el cual cada usuario \mathcal{U}_j se conecta a la estación base \mathcal{B}_i tal que $\delta_{ij} = \max_{k \in \mathcal{B}} \{\delta_{kj}\}$. La tasa de transmisión asignada a \mathcal{U}_j puede estimarse empleando la fórmula de la capacidad del canal de Shannon,

$$\mathcal{R}_j = W_j \log_2(1 + \delta_{ij}), \delta_{ij} = \max_{k \in \mathcal{B}} \{\delta_{kj}\} \quad (5)$$

Donde $W_j = W/K_i$ es el ancho de banda asignado a \mathcal{U}_j y donde K_i es el número de usuarios conectados a \mathcal{B}_i . El posicionamiento óptimo de las BSa se lleva a cabo teniendo en cuenta dos métricas del desempeño de la red: la tasa de transmisión total $\mathcal{R}_T = \sum_{j \in \mathcal{U}} \mathcal{R}_j$ y el índice de equidad Jain [13], definido como

$$\mathcal{J} = \frac{(\sum_{j \in \mathcal{U}} \mathcal{R}_j)^2}{K \sum_{j \in \mathcal{U}} \mathcal{R}_j^2} \quad (6)$$

El valor de \mathcal{J} puede variar desde $1/K$ en el peor de los casos (cuando todos los recursos se asignan a un único usuario) hasta el valor máximo $\mathcal{J} = 1$, cuando los recursos se asignan a todos los usuarios por igual. La maximización de \mathcal{R}_T permite realizar un uso eficiente del ancho de banda, pero al mismo tiempo puede resultar en una distribución desigual de los recursos entre los usuarios.

La equidad en la asignación de los recursos es un requisito importante que debe tenerse en cuenta para garantizar un rendimiento satisfactorio a los usuarios que experimentan las peores condiciones del canal (por ejemplo, los usuarios ubicados en el borde de la celda).

Sea $\mathbf{X}_{BSa} = \{X_{B,M+1}, \dots, X_{B,M+N}\}$ el conjunto de vectores de posición de las BSa. El posicionamiento óptimo de las BSa tiene como objetivo maximizar la función de utilidad

$$f_o(\mathbf{X}_{BSa}) = \frac{\mathcal{R}_T}{1 + \kappa_f/\mathcal{T}} \quad (7)$$

Donde $\kappa_f \geq 0$ es el parámetro de control de la equidad de asignación de recursos. Para $\kappa_f = 0$ se maximiza únicamente \mathcal{R}_T , sin tener en cuenta la equidad. La equidad en la asignación de recursos se puede controlar incrementando el valor de κ_f . A partir de estas consideraciones, el problema del posicionamiento óptimo de las BSa se puede formular como

$$\begin{aligned} \mathbf{X}_{BSa}^* &= \arg \max_{\mathbf{X}_{BSa}} f_o(\mathbf{X}_{BSa}) \\ \text{sujeto a: } X_l &\leq X_{B,M+j} \leq X_u, j \in \{1, \dots, N\} \end{aligned} \quad (8)$$

Donde \mathbf{X}_{BSa}^* es la solución del problema de optimización (conjunto de vectores de posición óptima de las BSa), $X_l = [0, 0, h_{BSa}]$ y $X_u = [L_1, L_2, h_{BSa}]$.

Implementación del algoritmo genético

En este trabajo se propone emplear un algoritmo genético para encontrar la solución del problema de optimización (8). El algoritmo genético es un método de optimización meta-heurístico que se inspira en la evolución de los seres vivos para encontrar la mejor solución a un problema, evaluando de manera iterativa un conjunto de soluciones candidatas [14]. Al conjunto de soluciones candidatas se le denomina población y cada solución candidata de denomina individuo. En nuestro caso, cada individuo de la población representa un posible conjunto de vectores de posición de las BSa (\mathbf{X}_{BSa}).

A lo largo de generaciones sucesivas, una población inicial evoluciona hasta que se cumple cierto criterio de parada. En cada iteración se seleccionan los mejores individuos de la población actual y se utilizan para producir la descendencia de la siguiente generación. La descendencia se obtiene mediante dos procesos: cruzamiento y mutación.

El cruzamiento de dos progenitores busca explotar los mejores genes de la generación previa para crear nuevas soluciones. La mutación evita que el GA se quede atrapado en óptimos locales mediante la introducción de pequeñas variaciones aleatorias. En cada generación un grupo de individuos, denominados individuos de élite, pasan a la siguiente generación sin ninguna modificación.

Denotando λ_c , λ_m y λ_e como el número de individuos de cruzamiento, mutación y élite, respectivamente, el tamaño de la población viene dado por $\lambda = \lambda_c + \lambda_m + \lambda_e$. Fijando los valores de λ y λ_e , el número de individuos de cruzamiento y mutación se controla mediante la fracción de cruzamiento, definida como $\xi_c = \lambda_c / (\lambda_c + \lambda_m)$. La aptitud de cada individuo para la selección de los progenitores se evalúa empleando la función de utilidad (7).

Resultados y discusión

En esta sección se presentan los resultados numéricos obtenidos en la evaluación del desempeño del sistema propuesto, en términos de tasa de transmisión total y de equidad en la asignación de recursos. Las simulaciones se llevaron a cabo considerando un escenario como el que se muestra en la figura 1. Las M estaciones base estáticas se encuentran distribuidas uniformemente en un segmento de longitud L_1 , alineado a lo largo de la mayor dimensión del área de la red y a una distancia D del borde de la misma. Todas las edificaciones que se encuentran dentro del área tienen una altura de $6 m$ sobre el suelo.

El tiempo de operación de la red durante la simulación fue de $T = 7200$ s. El resto de los valores para los parámetros de la simulación se muestran en la tabla 1. Los resultados obtenidos en los instantes de muestreo de la simulación se promediaron, con el objetivo de evaluar el desempeño medio de la red.

Para simular el entorno de radiopropagación se empleó el software *Wireless Insite* [15]. Dicho software emplea una técnica de trazado de rayos para modelar la propagación de las señales inalámbricas, con lo cual se pueden lograr estimaciones de las condiciones de propagación bastante cercanas a las que se dan en entornos reales. Estas estimaciones se emplearon para simular las mediciones de la ganancia de potencia de los canales que las BSa utilizan para optimizar su posicionamiento.

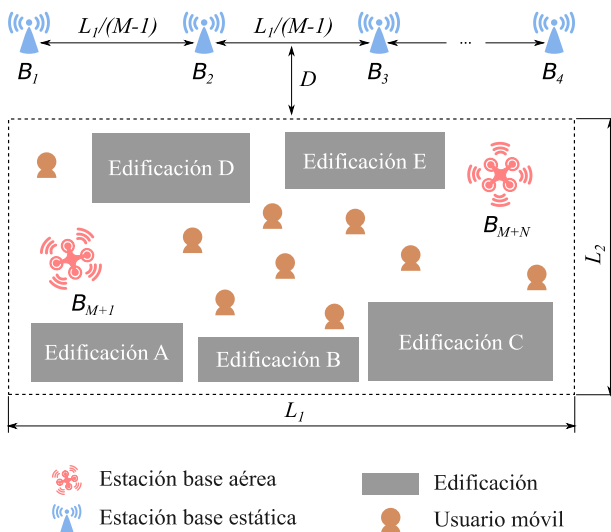


Figura 1 Escenario de simulación

Fuente: Elaboración propia

| Parámetro | Valor | Parámetro | Valor |
|-----------|-----------|---------------------------|-------------|
| M | ≤ 10 | W | 10 MHz |
| N | ≤ 10 | N_o | -174 dBm/Hz |
| K | 20 | f | 28 GHz |
| L_1 | 500 m | ϵ_d | 5 m |
| L_2 | 250 m | $P_{i,i \in \mathcal{B}}$ | 15 dBm |
| h_{BSa} | 12 m | κ_f | ≥ 0 |
| h_{BSe} | 10m | λ | 8N |
| v_u | 1 m/s | λ_e | 2 |
| v_b | 15 m/s | ξ_c | 0.8 |
| τ_s | 5 s | | |

Tabla 1 Valores de los parámetros de la simulación

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 1 se muestra la tasa de transmisión total media en función del número total de estaciones base ($M + N$), para $D = 0$ y $\kappa_f = 0$ (se maximiza \mathcal{R}_T sin tener en cuenta \mathcal{T}). Para la gráfica donde $N = 0$ todas las BS son estáticas, mientras que en la gráfica donde $M = 1$ solo hay una BSe. Como es de esperarse, en ambos casos el valor de \mathcal{R}_T se incrementa con el número de BS presentes en la red, ya que se incrementa la cobertura a los usuarios. Sin embargo, nótese como se alcanza un desempeño significativamente mayor cuando se emplean BSa. Como puede observarse, con dos BSa y una BSe es posible obtener un desempeño equivalente al que se obtiene con cuatro BSe. De manera similar, con una BSe y cinco BSa la tasa de transmisión es mayor que cuando se emplean diez BSe.

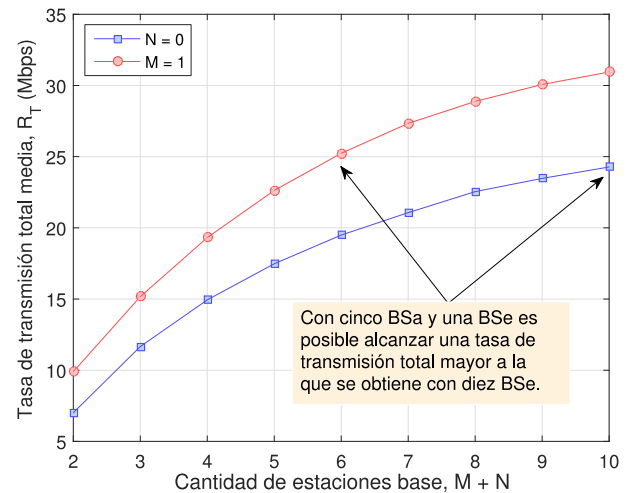


Gráfico 1 Tasa de transmisión total media en función del número total de estaciones base, para $D = 0$ y $\kappa_f = 0$.

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 2 se muestra la tasa de transmisión total media en función de la distancia de las BSe al borde del área de la red (D), para $M = 4$, $\kappa_f = 0$ y un número variable de BSa ($1 \leq N \leq 4$). Como puede notarse, a medida que las BSe se alejan de la red disminuye la cobertura y por tanto disminuye el valor de \mathcal{R}_T . Este decrecimiento en \mathcal{R}_T es monótono en el caso de la gráfica para la cual $N = 1$.

Sin embargo, ya para $N = 2$ el valor de R_T decrece solo hasta la mitad de su valor original y ya para $N = 3$ y $N = 4$, puede notarse como las BSA logran compensar la falta de cobertura que se produce cuando las BSe se alejan de la red.

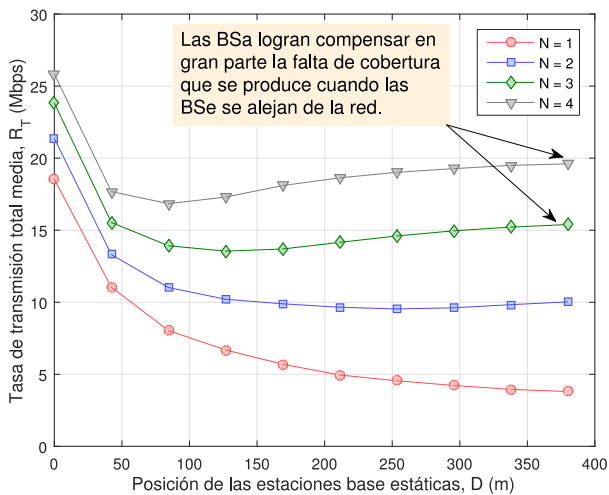


Gráfico 2 Tasa de transmisión total media en función de la distancia de las BSe al borde del área de la red (D), para $M = 4$, $\kappa_f = 0$ y $1 \leq N \leq 4$.

Fuente: Elaboración propia.

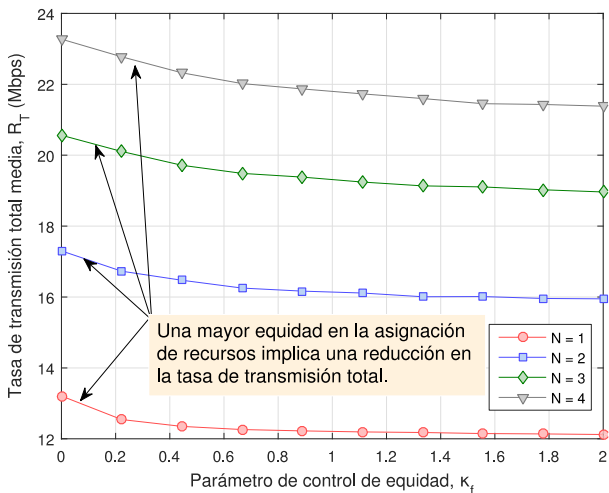


Gráfico 3 Tasa de transmisión total media en función del parámetro de control de equidad (κ_f), para $D = 0$, $M = 2$ y $1 \leq N \leq 4$.

Fuente: Elaboración propia.

La tasa de transmisión total media y el índice de equidad en función del parámetro de control de equidad, para $D = 0$, $M = 2$ y un número variable de BSA ($1 \leq N \leq 4$), se muestran en los gráficos 3 y 4, respectivamente. Como puede notarse, una mayor equidad en la asignación de recursos implica una reducción en la tasa de transmisión total.

Sin embargo, esta reducción es menor del 10 % en todos los casos, mientras que la equidad se incrementa en más de un 30 %. Como es de esperarse, a medida que se incrementa el número de BSA se puede alcanzar una mayor equidad, ya que las BSA pueden distribuirse más uniformemente en el área de la red y brindar cobertura a los usuarios de forma más equitativa.

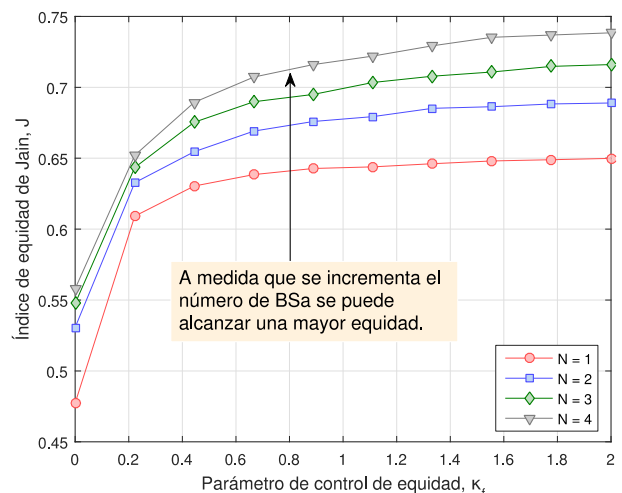


Gráfico 4 Índice de equidad en función del parámetro de control de equidad (κ_f), para $D = 0$, $M = 2$ y $1 \leq N \leq 4$.

Fuente: Elaboración propia

Agradecimiento

Este trabajo ha sido realizado al amparo del Programa de Maestría en Ciencias de la Ingeniería, de la Universidad Autónoma de Zacatecas.

Conclusiones

El sistema presentado permite optimizar la red en tiempo real de acuerdo a las demandas de tráfico de los usuarios móviles. Debido a la proximidad entre las estaciones bases aéreas y los usuarios, el sistema permite la explotación masiva de las bandas de alta frecuencia para las futuras redes móviles. Como se demostró mediante simulaciones, las estaciones base aéreas introducen una ganancia significativa en términos de tasa de transmisión y pueden reemplazar a las estaciones base estáticas con un menor número de estaciones base.

Los resultados obtenidos demuestran el potencial de las estaciones bases aéreas para su integración e implementación en las futuras redes móviles como alternativa a un despliegue ultra denso de celdas pequeñas. En futuros trabajos se realizará una implementación práctica del sistema propuesto y se evaluará su desempeño en comparación con los resultados obtenidos mediante simulaciones. Una posible extensión de nuestro trabajo es la inclusión de un análisis del costo de la solución propuesta y su comparación con el costo de soluciones existentes basadas en estaciones base estáticas. Otra posible extensión es la optimización del posicionamiento de las estaciones base aéreas desde el punto de vista energético, con el objetivo de extender el tiempo de operación de la red.

Referencias

- [1]. Ge, X., Tu, S., Mao, G., Wang, C. X., & Han, T. (2016). 5G ultra-dense cellular networks. *IEEE Wireless Communications*, 23(1), 72-79.
- [2]. Hossain, E., & Hasan, M. (2015). 5G cellular: key enabling technologies and research challenges. *IEEE Instrumentation & Measurement Magazine*, 18(3), 11-21.
- [3]. Chin, W. H., Fan, Z., & Haines, R. (2014). Emerging technologies and research challenges for 5G wireless networks. *IEEE Wireless Communications*, 21(2), 106-112.
- [4]. Valavanis, K. P., & Vachtsevanos, G. J. (2014). *Handbook of unmanned aerial vehicles*. Springer Publishing Company, Incorporated.
- [5]. Gupta, L., Jain, R., & Vaszkun, G. (2016). Survey of important issues in UAV communication networks. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 18(2), 1123-1152.
- [6]. Hayat, S., Yanmaz, E., & Muzaffar, R. (2016). Survey on unmanned aerial vehicle networks for civil applications: a communications viewpoint. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 18(4), 2624-2661.
- [7]. Wang, J., Jiang, C., Han, Z., Ren, Y., Maunder, R. G., & Hanzo, L. (2016). Cooperative distributed unmanned aerial vehicular networks: Small and mini drones. *IEEE Vehicular Technology Magazine*, 1-18.
- [8]. Zeng, Y., Zhang, R., & Lim, T. J. (2016). Wireless communications with unmanned aerial vehicles: opportunities and challenges. *IEEE Communications Magazine*, 54(5), 36-42.
- [9]. Chandrasekharan, S., Gomez, K., Al-Hourani, A., Kandeepan, S., Rasheed, T., Goratti, L., ... & Allsopp, S. (2016). Designing and implementing future aerial communication networks. *IEEE Communications Magazine*, 54(5), 26-34.
- [10]. Bor-Yaliniz, I., & Yanikomeroglu, H. (2016). The new frontier in RAN heterogeneity: Multi-tier drone-cells. *IEEE Communications Magazine*, 54(11), 48-55.

Caracterización Nutricional de un Cultivo Controlado de Jitomate Silvestre Mediante Imágenes Multiespectrales

SÁNCHEZ-SUÁREZ, Isahi†*, LORETO-GOMEZ, Gerardo, PADILLA-MAGAÑA, Jesús Fernando, GARCÍA-SAUCEDO, Pedro Antonio

Recibido Julio 5, 2017; Aceptado Noviembre 8, 2017

Resumen

Caracterización nutricional de un cultivo controlado de jitomate silvestre mediante imágenes multiespectrales con la continua demanda de alimentos, la reducción de las tierras cultivables y el cambio climático, los agricultores buscan nuevas formas de mejorar la productividad y la sostenibilidad. Esto ha llevado a buscar diferentes formas de incorporar las nuevas tecnologías en los sistemas agronómicos. La agricultura de precisión aplica una optimización del uso de los insumos, además de que permite estimar en el suelo la cantidad de semilla que cada punto soporta, la cantidad de nutrientes y agua requerida, y además el control de malezas, plagas y enfermedades esto se hace solamente en los puntos que demanden tal control. Objetivos, metodología 1. Obtener imágenes multiespectrales con la cámara ADC-Lite con el software Pixel Wrench 2 para tratamiento de imágenes multiespectrales. 2. Calcular los distintos índices vegetativos y las características que resaltan. 3. Obtener una evaluación multiespectral del estado nutricional de una planta de jitomate silvestre. Contribución: El análisis de las imágenes espectrales capturadas del cultivo mostraron el estado nutricional de la planta y una aproximación de sus respectivos tratamientos nutricionales, sin realizar los estudios físico químicos estándar.

Caracterización nutricional, jitomate silvestre, imágenes multiespectrales

Abstract

Nutritional characterization of a controlled farming wild tomato using multispectral images with continued demand for food, reduced arable land and climate change, farmers are looking for new ways to improve productivity and sustainability. This has led to different ways of incorporating new technologies into agronomic systems. Precision agriculture applies an optimization of the use of inputs, besides it allows to estimate in the soil the amount of seed that each point supports, the amount of nutrients and water required, and also the control of weeds, pests and diseases Only at points that require such control. Objectives, methodology 1. Obtain multispectral images with the ADC-Lite camera with Pixel Wrench 2 software for multispectral image processing. 2. Calculate the different vegetative indexes and the characteristics that stand out. 3. Obtain a multispectral evaluation of the nutritional status of a wild tomato plant. Contribution The analysis of the spectral images captured from the crop will show the nutritional state of the plant and an approximation of their respective nutritional treatments, without performing the standard physical chemical studies.

Nutritional characterization, wild tomato, multispectral image

Citación: SÁNCHEZ-SUÁREZ, Isahi, LORETO-GOMEZ, Gerardo, PADILLA-MAGAÑA, Jesús Fernando, GARCÍA-SAUCEDO, Pedro Antonio. Caracterización Nutricional de un Cultivo Controlado de Jitomate Silvestre Mediante Imágenes Multiespectrales. Revista de Investigación y Desarrollo 2017, 3-10:31-38.

* Correspondencia al autor (Correo electrónico: isanchez198@hotmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

La gran mayoría de especies de plantas requieren una nutrición y un clima específico para su desarrollo. Para ello se requiere un estudio previo de esas características considerando estudios de laboratorio.

Esto limita el estudio a una sola especie de planta a la vez, ya que, al abordar cuestiones técnicas como el color, tamaño, floración y follaje actual, se puede definir de manera amplia y correcta la situación general de un cultivo.

Actualmente la tecnología multispectral aplicada al estudio de cultivos es muy básica, por lo que es difícil encontrarnos con estudios ya realizados al cultivo agrícola específico, por lo que debemos entender las características vegetativas del cultivo, para obtener la firma espectral, con la posibilidad de generar una base de datos para extender su aplicación en diferentes regiones y cultivos.

Marco Teorico

Agricultura de Precisión

La agricultura de precisión es un concepto agronómico de gestión de campos de cultivo, basado en el análisis de la variabilidad del cultivo. Para esto se requiere del uso de tecnologías tales como: Sistema de Posicionamiento Global (GPS), sensores, satélites e imágenes aéreas junto con un Sistema de Información Geográfica para estimar, evaluar y entender dichas variaciones (Marote, 2010).

Los agentes involucrados en el desarrollo y adopción de las prácticas de agricultura de precisión suelen dividir este conjunto de tecnologías en tres etapas diferentes: Recolección de datos, Procesamiento e interpretación de la información y aplicación de insumos.

Siendo los objetivos fundamentales de la agricultura de precisión: Mejorar la producción de la agricultura tanto en calidad como en cantidad, reducir el uso de insumos, el impacto ambiental y aumentar la rentabilidad de la agricultura (Stanley Best, 2008).

La agricultura de precisión es relativamente nueva y las tecnologías en desarrollo hacen posible reducir sus errores y costos para lograr una agricultura ecológica y económicamente sostenible.

Características de la imagen spectral

La captura de la imagen real se transmite hacia un sistema electrónico, para obtener la imagen digital que vemos a través de los dispositivos de medios. Una vez obtenida la imagen digital, se puede trabajar en ella para los fines que se requieran.

En la figura 1 se pueden identificar los elementos que componen una imagen digital. Primero se tiene una fuente de radiación de tipo ondulatoria (electromagnética o acústica) o de tipo corpuscular (neutrones, electrones o positrones).

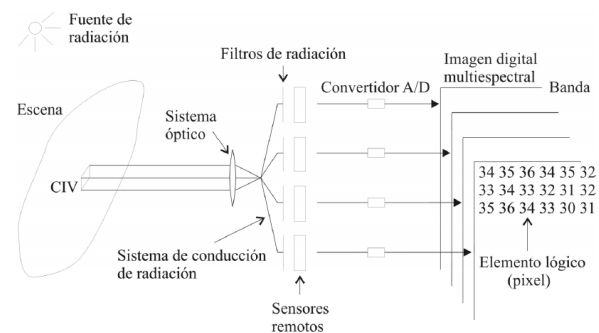


Figura 1 Generación de una imagen digital multispectral a partir de una escena

Fuente: *Diseño propio*

La radiación emitida por la fuente se hace interaccionar con un elemento físico de la escena llamado Campo Instantáneo de Vista (CIV). (Armstrong, 2014).

Y mediante un sistema óptico y un sistema de conducción de radiación, se lleva a los filtros donde unos detectores calibrados de tal manera que se generen un valor de 255 para el CIV más brillante de la escena y un 0 para el más oscuro, para formar la imagen digital. La respuesta de un detector, en la mayoría de los casos, es lineal. Nótese que debido a la naturaleza de los detectores empleados (Salamí, 2014), siempre hay una respuesta, aun para una radiación incidente nula, a esto se le conoce como polarización del detector.

Patrón y clase de patrones

Para identificar otros aspectos de la imagen se define lo siguiente:

Patrón: Arreglo de entes de la misma naturaleza.

Clase de patrones: Conjunto de patrones con características similares.

Esta definición se aplica tanto a patrones espaciales como espectrales; objetos con una cierta forma o tamaño, o píxeles con un mismo valor, son ejemplo de una clase de patrones, en donde por características similares se entienden aquellas propiedades morfológicas o espectrales que son comunes y de interés en un problema (Mapper, 2014).

Calculo de índices vegetativos

Los índices de vegetación (IV) son medidas cuantitativas, basadas en los valores digitales, que tienden a medir la biomasa o vigor vegetal. Usualmente el índice de vegetación es una combinación de las bandas espectrales, siendo el producto de varios valores espectrales que son sumados, divididos, o multiplicados en una forma diseñada para producir un simple valor que indique la cantidad o vigor de vegetación dentro de un píxel.

Permitiéndonos estimar y evaluar el estado de salud de la vegetación, en base a la medición de la radiación que las plantas emiten o reflejan. (Armstrong, 2014).

Altos valores de índices de vegetación identifican píxeles cubiertos por proporciones substanciales de vegetación saludable. Existe una variedad de índices de vegetación que han sido desarrollados para ayudar en el monitoreo de la vegetación. La mayoría de estos índices están basados en las interacciones diferentes entre la vegetación y la energía electromagnética de las bandas del espectro rojo e infrarrojo (Malacara, 2002).

Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI)

Es un concepto que integra el contraste de la alta absorbancia (baja reflectancia) de la banda Roja (R) del espectro visible con la alta reflectancia del Infrarrojo Cercano (NIR) mediante la ecuación:

$$NDVI = (NIR - R) / (NIR + R) \quad (1)$$

Este índice se basa en el peculiar comportamiento radiométrico de la vegetación, relacionado con la actividad fotosintética y la estructura foliar de las plantas, permitiendo determinar el vigor de la planta.

Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada Verde (GNDVI)

Es uno de los índices de vegetación más comúnmente utilizados para determinar la absorción de agua y nitrógeno en el follaje del cultivo. El mismo se define por la ecuación:

$$GNDVI = (NIR - verde) / (NIR + verde)$$

GNDVI básicamente sustituye a la banda de color rojo de la recolección de datos para NDVI con una banda muy específica de la luz en el rango verde para obtener información útil diferente.

Mientras que índices como el NDVI no se pueden determinar sin una banda roja, índices de vegetación alternativos tales como GNDVI tienen un contenido de información y valor similar y no necesitan de la misma. (Gitelson, 1996).

Camara Multiespectral

La cámara que se usó para tomar las imágenes de las plantas para realizar los distintos IV, fue la ADC Lite de la compañía TetraCam Inc. Que se muestra en la fig. 2, La cual es una de muchos dispositivos que ofrece la compañía y todos son enfocados a la agricultura de precisión.



Figura 2 Ejemplo de cámara ADC Lite
Fuente: Tetracam Corp

Las características de la cámara ADC Lite son las siguientes: Resoluciones y precisión espectral alta, controles y operación sencilla. Bandas Red, Green y NIR que proveen la información necesaria para la extracción de índices NDVI, GNDVI, segmentación de canopías, etc. Ultraligera, 198.5 gr. Ideal para equipar con dispositivos aéreos no tripulados u operaciones donde el peso sea una cuestión crítica. Salida de video en formato PAL o NTSC. Lentes intercambiables. Soporte para memoria flash compacta de 2GB hasta 250 GB. Diferentes modos de accionar la cámara: botón, timer automático, accionador remoto, accionador computarizado.

El fabricante provee el Software Pixel Wrench 2 en un solo paquete la posibilidad de administrar las cámaras de Tetracam, editar las fotos DCM10, RAW 8 y RAW 10 y acceder a sus metadatos, manejar grandes cantidades de datos y calcular índices vegetativos e imágenes de cubierta de la canopia. (Tetracam Inc, 2016).

Metodología

Muestras para la aplicación del experimento

Las muestras de las cuales nos servimos para dar validez a nuestro experimento fueron plántulas de tinguaraque, una variedad de jitomate silvestre en ramificación, las cuales se plantaron y ubicaron en un sitio específico de manera equitativa, pero fueron sometidas a distintos tratamientos los cuales sirvieron para demostrar cual era el idóneo para el desarrollo de la planta y a la vez dar una demostración visual de como los tratamientos influirían en el estado nutricional de la planta.

El experimento fue realizado dentro de un invernadero ubicado en la Facultad de Agrobiología Presidente Juárez ubicada en Uruapan, Michoacán. Mex. (19°25'16"N - 102°03'47"W). A una densidad de siembra de 20,000 plantas por ha (0.5x1m).

Al azar, se tomaron 20 plantas y se trasplantaron en bolsas de uso forestal (40x60cm) empleando "tierra de encino" tratada con sulfato de cobre penta-hidratado como sustrato para tratar de emular las condiciones donde se desarrollarían de manera natural, además se colocó malla-sombra para evitar el contacto con la radiación solar directamente. Se aplicaron riegos diarios y fertilizaciones semanales con diferentes fuentes para satisfacer las necesidades de N, P, K, Ca, B, S y Zn. La fórmula general de fertilización fue: 268N-1047P205-170K2O-270CaO-23S-8B-2Zn (Tjalling-Holwerda, 2006), la cual se muestra en la fig. 3.

| Parámetro | Tratamiento 1 [Invernadero]# | Tratamiento 2 [Invernadero]# | Tratamiento 3 [Invernadero]# | Tratamiento 4 [Intemperie]# | Tratamiento 5 [Intemperie]# | Tratamiento 6# | Testigo 1-7# |
|---|--|---|---|--|---|--|--|
| Riego por planta / día# Aplicado mediante goteo# | Trasplante:1# Floración:1.5# Producción:1.9# | Trasplante:1.25# Floración:1.875# Producción:2.375# | Trasplante:0.75# Floración:1.125# Producción:1.425# | Trasplante:1.5# Floración:1.5# Producción:1.9# | Trasplante:1.25# Floración:1.875# Producción:2.375# | Trasplante:1.125# Floración:1.425# Producción:1.9# | Todo el ciclo: 3# 1# |
| Fertilización# kg/ha (N-P-K- CaO-MgO-S)# | 275-100-500-150- 100-75-# | 344-125-625-188- 125-94# | 206-75-375-112- 75-56# | 275-100-500-150- 100-75-# | 344-125-625-188- 125-94# | 206-75-375-112- 75-56# | 0-0-0-0-0# |
| M.O. añadida-kg de sustrato de origen vegetal por planta al momento del trasplante# | 0.5-distribuidos en la zona de goteo-estimada | 0.63-distribuidos en la zona de goteo-estimada | 0.37-distribuidos en la zona de goteo-estimada | 0.5-distribuidos en la zona de goteo-estimada | 0.63-distribuidos en la zona de goteo-estimada | 0.37-distribuidos en la zona de goteo-estimada | 0# La M.O. Permanecerá ligeramente superior al 5# |

Figura 3 Tratamientos Aplicados a las Plantas

Fuente: Diseño propio

La distribución de las plantas fue rectangular a 50 cm entre plantas por 1m entre hileras/camas en la fig. 4 se muestra de manera gráfica el acomodo.

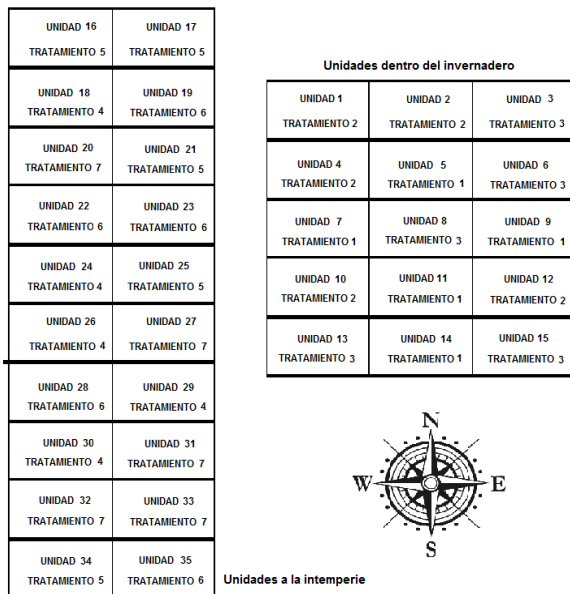


Figura 4 Distribución aleatoria de las plantas

Fuente: Diseño propio

Proceso de Captura de Imágenes

La captura de imágenes se realizó a las 10:00 hrs., suspendiéndose en días lluviosos o nublados para obtener una uniformidad respecto a la cantidad de luz ambiente y todo esto con el objetivo de mantener las variables más importantes controladas.

El procedimiento para la toma de imágenes que se determinó en el experimento fue el siguiente:

Verificar la funcionalidad del equipo, pruebas de energía en las baterías, pruebas de captura de imagen. Realizar el ajuste ergonómico para evitar el ruido y distorsión en las imágenes.

Con el chip de teflón calibrador de luz se realizó la primera captura, como se muestra en la fig. 5, ya que esta nos sirve para que el área a fotografiar cuente con una referencia que posteriormente nos servirá para el procesamiento de la imagen.



Figura 5 Chip de Teflón calibrador capturado por la cámara ADC Lite

Fuente: Diseño propio

Se realizó la toma de imágenes, ubicando una posición similar en todas las tomas para que el contenido capturado siempre sea el mismo. Para el pre procesamiento de las imágenes multiespectrales, se realizó una selección de muestras definida por la calidad y similitud en la imagen. Las muestras que se tomaron en los laterales de la fig. 6, son las que mejor se distinguen.

Carga de Imágenes en el software Pixel Wrench 2

El primer paso a realizar antes de calcular algún índice vegetativo a las imágenes, es calibrar la imagen para evitar la variación entre las bandas del infrarrojo cercano, el rojo y el verde, para esto se debe cargar la imagen del chip de teflón, que se tomó en primera instancia del área, después guardar la configuración para abrir las imágenes con el procesamiento "ADC_default", como se muestra en la fig. 7.

| | |
|----------------------------|----------------------------|
| UNIDAD 16 TRATAMIENTO 5 | UNIDAD 17 TRATAMIENTO 5 |
| UNIDAD 18 TRATAMIENTO 4 | UNIDAD 19 TRATAMIENTO 6 |
| UNIDAD 20 TRATAMIENTO 7 | UNIDAD 21 TRATAMIENTO 5 |
| UNIDAD 22 TRATAMIENTO 6 | UNIDAD 23 TRATAMIENTO 6 |
| UNIDAD 24 TRATAMIENTO 4 | UNIDAD 25 TRATAMIENTO 5 |
| UNIDAD 26 TRATAMIENTO 4 | UNIDAD 27 TRATAMIENTO 7 |
| UNIDAD 28 TRATAMIENTO 6 | UNIDAD 29 TRATAMIENTO 4 |
| UNIDAD 30 TRATAMIENTO 4 | UNIDAD 31 TRATAMIENTO 7 |
| UNIDAD 32 TRATAMIENTO 7 | UNIDAD 33 TRATAMIENTO 7 |
| UNIDAD 34 TRATAMIENTO 5 | UNIDAD 35 TRATAMIENTO 6 |

| | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| UNIDAD 1 TRATAMIENTO 2 | UNIDAD 2 TRATAMIENTO 2 | UNIDAD 3 TRATAMIENTO 3 |
| UNIDAD 4 TRATAMIENTO 2 | UNIDAD 5 TRATAMIENTO 1 | UNIDAD 6 TRATAMIENTO 3 |
| UNIDAD 7 TRATAMIENTO 1 | UNIDAD 8 TRATAMIENTO 3 | UNIDAD 9 TRATAMIENTO 1 |
| UNIDAD 10 TRATAMIENTO 2 | UNIDAD 11 TRATAMIENTO 1 | UNIDAD 12 TRATAMIENTO 2 |
| UNIDAD 13 TRATAMIENTO 3 | UNIDAD 14 TRATAMIENTO 1 | UNIDAD 15 TRATAMIENTO 3 |

Figura 6 Selección de muestras a la intemperie y del invernadero

Fuente: Diseño propio

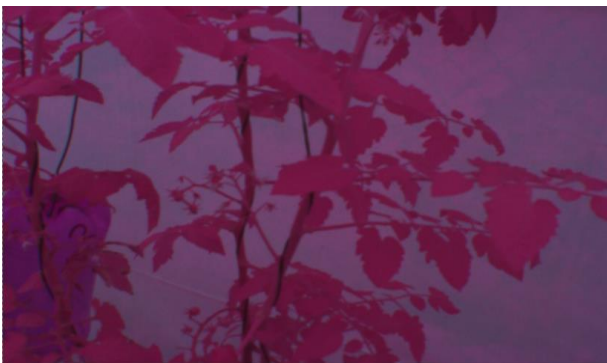


Figura 7 Carga de una imagen en el programa Pixel Wrench 2 con la opción “ADC_default” activada

Fuente: Diseño propio

Resultados

Para las plantas que se estudiaron, se buscó que se pudiera diferenciar de las demás aledañas para que el estudio fuera preciso, y de todas las muestras de plantas que se tenían se definió un grupo de 3, las cuales se encontraban en optima posición y enfoque, siempre cuidando que fueran de tratamientos distintos para diferenciar la efectividad de los tratamientos.

En la fig. 8 se muestra el resultado obtenido para el índice NDVI en una imagen preprocesada tomada en la Semana inicial. Este índice nos muestra la tasa de crecimiento, para lo cual se presentarán las muestras de la misma planta con una diferencia de tiempo para determinar cuál de ellas tiene la mejor tasa de crecimiento.

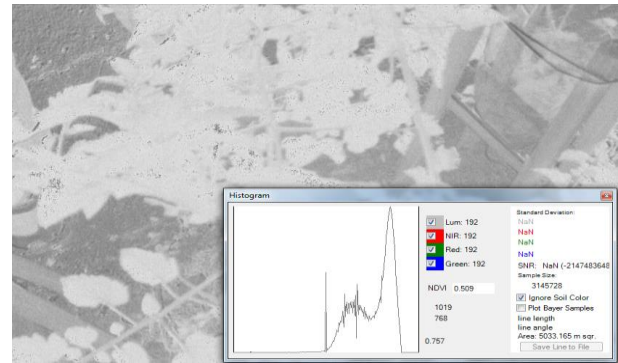


Figura 8 Unidad 24–Tratamiento 4

Fuente: Diseño propio

En las tablas 1 y 2, se muestran los resultados obtenidos para el índice NDVI en las plantas muestreadas tanto a la interperie como en invernadero.

| | Unidad 24 - Tratamiento o 4 | Unidad 31 - Tratamiento 7 | Unidad 35 - tratamiento 6 |
|------------|-----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Semana 1 | 0.509 | 0.606 | 0.41 |
| Semana 2 | 0.515 | 0.607 | 0.508 |
| Diferencia | 0.006 | 0.001 | 0.098 |

Tabla 1 NDVI Intemperie

Fuente: Diseño propio

| | Unidad 1 - Tratamiento 2 | Unidad 2 - Tratamiento 2 | Unidad 3 - Tratamiento 3 |
|------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Semana 1 | 0.352 | 0.385 | 0.355 |
| Semana 2 | 0.407 | 0.425 | 0.357 |
| Diferencia | 0.055 | 0.04 | 0.002 |

Tabla 2 NDVI Invernadero

Fuente: Diseño propio

Los resultados de las diferencias se muestran en la tabla 3 son positivos, los cuales indican una adecuada tasa de crecimiento. Otra cuestión muy importante que hay que resaltar es que se puede definir como un excelente tratamiento el de la unidad 24 ya que presento una buena diferenciación dado que es una planta mucho más frondosa en comparación con la unidad 35. En cuanto a los resultados de la tabla 3 que brinda el experimento en el invernadero se puede entender como si hay mucha diferencia de un tratamiento a otro ya que ambos muestran una tasa de crecimiento bastante buena a diferencia de una planta que contaba con un tratamiento distinto.

En la tabla 3 se muestran los resultados obtenidos para el índice GNDVI en las plantas muestreadas en el invernadero.

| | Unidad 1 - Tratamiento 2 | Unidad 2 - Tratamiento 2 | Unidad 3 - Tratamiento 3 |
|--------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Estado nutricional | 0.82 | 0.106 | 0.76 |

Tabla 3 GNDVI Invernadero

Fuente: *Diseño propio*

Esta parte solo se enfoca al estado nutricional, y nos permite identificar las plantas que necesitan atención.

Conclusiones

En el experimento realizado a las plantas que se encuentran en el invernadero la que resulto con mayor nutrición también tenía una buena tasa de crecimiento, y deja claro que ese tratamiento es idóneo ya que la que le seguía en nivel de nutrición es la del mismo tratamiento. La razón por la cual resulta bajo el resultado en este índice es porque requiere la luz solar para hacer resaltar la reflectancia de las plantas saludables.

Se utilizo el software Pixel Wrench 2 para el tratamiento de imágenes espectrales y para calcular los índices NDVI y GNDVI para evaluar los tratamientos aplicados al cultivo de tinguaraque, mediante imágenes espectrales. Se obtuvo una evaluación multispectral del estado nutricional de la planta de jitomate silvestre, obteniéndose la firma espectral de esa especie.

Trabajo a Futuro y contribución

El análisis de las imágenes multispectrales capturadas del cultivo permitira mostrar la firma espectral asociada al estado nutrimental de la planta, para que en un estudio futuro se pueda generar una base de datos para obtener una aproximación de los tratamientos nutricionales aplicados al cultivo sin realizar los estudios físico químicos estándar y de esta forma proporcionar al agricultor un diagnostico aproximado del estado de su huerta.

El trabajo de definir una firma espectral adecuada de una planta saludable requiere de tener las variables ambientales bien controladas, pero sin duda el tener estas herramientas y la información para desempeñar la agricultura de precisión tiene un impacto significativo en el ambiente y en el bolsillo del agricultor que se sirva de esta tecnología.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la DSA por el apoyo recibido mediante el programa PRODEP para la realización de este trabajo el cual es parte del proyecto de investigación con numero de folio UPUR-PTC-004.

Referencias

Armstrong, L. S. L. (2014). A survey of image processing techniques for agriculture. ECU Publications Post, 406.

Bachmann, F. H., R.; Gebbers, R.; Hafner, V.V. (2013). Micro UAV based georeferenced orthophoto generation in VIS+NIR for precision agriculture. In Proceedings of the UAV. Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XL-1/W2, 11-16.

Chuvieco, L. (2000). The use of qualitative airborne multispectral imaging for managing agricultural crops- a case study in South-Eastern Australia. Aust. J. Exp. Agric, 40, 725 – 738.

Dennis L. Wright Jr, V. P. R., Glen Ritchie, Doran J.Baker, Duane Grant, Hans Hayden, Jason Ellsworth. (2003). Managing protein in hard red spring wheat with remote sensing. The 6th Annual National Wheat Industry Research Forum, Hyatt Regency Albuquerque, New Mexico

D. Malacara (2002). Color Vision and Colorimetry, Theory and Applications, SPIE Press.

Esther Salamí, C. B. a. E. P. (2014). UAV Flight Experiments Applied to the Remote Sensing of Vegetated Areas. *Remote Sens. Environ.*, 6, 11051, 11081.

Gitelson, A. A. K., Y.J.; Merzlyak, M.N. (1996). Use of a green channel in remote sensing of global vegetation from EOS-MODIS. *Remote Sens. Environ.*, 58, 289-298.

Gutierrez-Rodriguez, M. E.-E., J.A.; Rodriguez-Gonzalez, M.T. (2005). Canopy reflectance, stomatal conductance, and yield of *Phaseolus vulgaris* L. and *Phaseolus coccineus* L. under saline field conditions. *Int. J. Agric. Biol.*, 7, 491-494.

J. Lira (2003) (3a Ed.). *La Percepción Remota: Nuestros Ojos Desde el Espacio*, Serie la Ciencia Desde México, Vol. 33, Fondo de Cultura Económica, México.

L.V. Del Priore (1988). The Biophysics of Visual Photoreception, *Physics Today*, Vol. 41, pp. 38 – 46.

Marote, M. (2010). *Agricultura de Precisión*. *Ciencia y Tecnología*, 10, 151.

Mapper, D. (2014). Precision Ag Vegetation Spectral Indices with NIR Aerial Imagery Drone Mapper Imagery Processing. Retrieved Diciembre 15, 2016, from <https://dronemapper.com/>

Pettorelli, N. V., J.O.; Mysterud, A.; Gaillard, J.M.; Tucker, C.J.; Stenseth, N.C. (2005). Using the satellite-derived to assess ecological responses to environmental change. *Trends Ecol. Evol.*, 20, 503–510.

R.E. Crippen (1989). A Simple Spatial Filtering Routine for the Cosmetic Removal of Scan-Line Noise From Landsat TM P-Tape Imagery, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol. 55, pp. 327 – 331.

Stanley Best, I. Z. (2008). *Tecnologías Aplicables en Agricultura de Precisión*. Fundación para la Innovación Agraria, Santiago, Chile, 3, 35.

Biodiesel A Base De Aceites Usados

RAMÍREZ-COUTIÑO, Víctor Ángel †*, CASTAÑEDA-MARTÍNEZ, Emory, SALDAÑA-LÓPEZ, Gerardo, GONZÁLEZ-LÓPEZ, Miguel

Universidad Tecnológica de Querétaro, Av. Pie de la Cuesta No. 2501, Querétaro, Querétaro. C.P. 76148, México

Recibido Agosto 29, 2017; Aceptado Septiembre 30, 2017

Resumen

El propósito del presente trabajo fue obtener biodiesel mediante el tratamiento de aceites usados por la reacción de transesterificación con catálisis homogénea. Los 2 aceites usados fueron obtenidos de un restaurante de mariscos y de un expendio de churros respectivamente. Se llevó a cabo la filtración y secado de los aceites empleando una malla metálica y calentamiento a 80 °C durante 2 h. Posteriormente se calculó el índice de acidez por titulación potenciométrica y humedad. Como catalizador se usó NaOH en solución acuosa con agitación y para la transesterificación metanol, se dejó reposar por 24 h para la separación de la glicerina, a continuación se realizaron 3 lavados. Los aceites usados y las muestras obtenidas de biodiesel se analizaron por cromatografía líquida. Los resultados de los aceites mostraron la presencia de triglicéridos y las muestras de biodiesel de metil ésteres lo cual indica que el proceso de transesterificación se llevó a cabo generando biodiesel para ambos aceites usados. Lo anterior, demuestra que los aceites usados en los restaurantes mencionados pueden emplearse para la producción de biodiesel.

Aceite usado, transesterificación, biodiesel

Abstract

The purpose of the present work was to obtain biodiesel by the treatment of oils used by the transesterification reaction with homogeneous catalysis. The 2 used oils were obtained from a seafood restaurant and churros respectively. Filtration and drying of the oils were carried out using a wire mesh and heating at 80 °C for 2 h. The acidity was then calculated by potentiometric titration and pH. As a catalyst, NaOH was used in aqueous solution with stirring and for transesterification methanol, it was allowed to stand for 24 h for the separation of the glycerin, then 3 washes were carried out. The oils used and samples obtained from biodiesel were analyzed by liquid chromatography. The results of the oils showed the presence of triglycerides and the biodiesel samples of methyl esters which shows that the transesterification process was carried out completely generating biodiesel for both oils used. This shows that the oils used in the above mentioned restaurants can be used for the production of biodiesel.

Used oil, transesterification, biodiesel

Citación: RAMÍREZ-COUTIÑO, Víctor Ángel, CASTAÑEDA-MARTÍNEZ, Emory, SALDAÑA-LÓPEZ, Gerardo, GONZÁLEZ-LÓPEZ, Miguel. Biodiesel A Base De Aceites Usados. Revista de Investigación y Desarrollo 2017, 3-10:39-44.

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: victor.ramirez@uteq.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

En la industria alimentaria actualmente se generan grandes volúmenes de aceite vegetal usado debido a la gran demanda que han tenido los productos fritos, constituyendo un problema desde el punto de vista medio ambiental así como para la salud de los consumidores (Meng et al., 2008).

Desde hace años se sabe que el aceite no debe ser reutilizado en la elaboración de alimentos, al menos no con frecuencia, debido a que las altas temperaturas a que debe ser sometido para freír alimentos generan la liberación de agentes cancerígenos como el benzopireno, un elemento que también está presente en el humo del tabaco (Wang et al., 2007).

Esto se relaciona con los usos que se le da a este producto, que algunos, por las condiciones de trabajo y porque resulta muy caro, reutilizan el aceite indiscriminadamente. En otros casos, se vierte directamente a los suelos, ríos y mares, lo que provoca afectaciones al ecosistema del lugar (Wang et al., 2006).

Esta situación ha conllevado a que se trabaje en la búsqueda de alternativas para el uso de estos aceites. A nivel mundial, una solución a este problema es utilizarlo para la obtención de biocombustible (Zheng et al., 2006).

Los biocombustibles buscan renovar el consumo de carburantes fósiles, debido a su bajo impacto ambiental (Saka and Kusdiana, 2001).

Uno de los más recientes que se puede citar es el biodiesel, el cual se utiliza como aditivo en motores de combustión interna en forma de mezcla que contenga el 20 % y el 50 % de biodiesel (B 20, B 50) o directo que contenga el 100 % de biodiesel (B 100), presentado características similares al diésel (Usta, 2005).

El biodiesel se obtiene a partir de aceites vegetales, el método más habitual es la transformación de los triglicéridos contenidos en los aceites a metil ésteres a través de un proceso de combinación con metanol, hidróxido de sodio (NaOH) o hidróxido de potasio (KOH), conocido como reacción de transesterificación (Meher et al., 2006; Encinar et al., 2005; Xie W, Peng and Chen, 2006), produciéndose un compuesto que se puede utilizar directamente en un quemador o en un motor diésel sin modificar, obteniéndose glicerina como subproducto.

La glicerina puede utilizarse en otras industrias como la farmacéutica, detergentes, etcétera. La utilización de este biocombustible resulta ventajosa desde el punto de vista energético, y mucho más recomendable desde el punto de vista medioambiental, por su menor nivel de emisión de gases nocivos, en particular el dióxido de carbono (CO₂), que es el principal causante del efecto invernadero (Kalligeros, 2003).

Sin embargo, su producción tiene un elevado costo, esto debido a que se emplean aceites comestibles vírgenes. Por lo anterior, se hace necesaria la investigación de la utilización de aceites usados de diferentes orígenes con el propósito de reciclar un producto contaminante y obtener otro de interés como lo es el biodiesel.

El presente estudio evalúa el empleo de aceites usados en la fritura de mariscos y churros para producir biodiesel a través de la reacción de transesterificación.

Materiales y Desarrollo Experimental

Reactivos y aceites usados

El metanol y el hidróxido de sodio grado reactivo fueron obtenidos por el laboratorio J.T. Baker. Dos aceites usados fueron empleados para el estudio, los cuales se recolectaron en frascos de vidrio posteriormente de ser utilizados en la fritura de churros (AUC) y mariscos (AUM) en un restaurante.

Metodología experimental

Los aceites empleados fueron filtrados para quitar los restos de comida y calentados a 60 °C en una parrilla de calentamiento con ayuda de un termómetro, lo anterior con el objetivo de quitar la humedad, después se dejó enfriar a temperatura ambiente. Posteriormente, se determinó el índice de acidez de acuerdo a la Norma Mexicana NMX-F-101-1987, dicha técnica se basa en una titulación potenciométrica empleando una solución de NaOH. El índice de humedad se llevó a cabo según la Norma Mexicana NMX-F-211-1981, la cual es una técnica gravimétrica que determina el contenido de humedad por diferencia de peso de la muestra antes y después de ser sometida en una estufa a 110 °C.

Reacción de transesterificación

Para llevar a cabo la transesterificación, se preparó una solución con 1 g de NaOH y 35 ml de metanol. Se tomaron 150 ml de cada uno de los aceites previamente filtrados para ser calentados a 50 °C, una vez alcanzada esta temperatura se agregó la solución de NaOH en metanol y se agitó durante 1 h. Posteriormente, se pasó la mezcla a un embudo de separación, se dejó reposar 3 h y se removió la glicerina la cual se encuentra en la parte inferior del embudo de un color ambar.

El biodiesel obtenido de color amarillo cristalino se lavó con agua destilada en relación 1:1 durante 1 h en agitación para remover el exceso de metanol e NaOH.

Métodos analíticos

Con el propósito de identificar los triglicéridos en los aceites usados y de comprobar que el producto que se obtiene después de la reacción por transesterificación es biodiesel (metil-ésteres), se empleó un cromatógrafo de líquidos el cual es una de las herramientas con tecnología de punta que más se utilizan para la caracterización de aceites y de biodiesel.

La cromatografía líquida consiste en la separación de los analitos que conforman a las sustancias de estudio mediante la afinidad de éstos con respecto a la columna de separación, obteniendo como resultados picos de absorbancia a diferentes tiempos de elución característicos para cada componente. Mediante esta técnica se puede saber el tipo de analito y su concentración contenida en el aceite y el biodiesel.

El procedimiento que se siguió para este estudio fue primeramente mezclar 100 µL de los aceites usados y el biodiesel obtenido con 1 mL de hexano, posteriormente fueron introducidos y caracterizados en un cromatógrafo de líquidos HPLC (Agilent 1260 Infinity series) equipado con un detector DAD (rango de longitud de onda 254-600 nm) de acuerdo a las condiciones mostradas en la Tabla 1. Cabe mencionar que las inyecciones de las muestras se hicieron por triplicado para todos los casos.

| Especificaciones de separación cromatográfica | |
|---|--|
| Columna | Columna Zorbax Eclipse XDB-C18 (3 x 150 mm con 5 µm partícula) |
| Fase móvil | Metanol, 2-propanol |
| Flujo | 1 mL min ⁻¹ |
| Volumen de inyección | 25 µL |
| Longitud de onda | 205 nm |

Tabla 1 Especificaciones cromatográficas para la caracterización de aceite y biodiesel

Resultados

Caracterización de aceites

Como se puede ver en la Tabla 2, los resultados obtenidos indican que los aceites AUC y AUM tienen un alto grado de acidez con 0.1 % y 0.09 % respectivamente (por encima del 0.05 %).

En cuanto a la humedad, ambos aceites tienen un mínimo contenido de agua del orden del 0.04 % para el AUC y en el caso del AUM del 0.05 %.

| Tipo de aceite | Indice acidez (%) | Indice humedad (%) |
|----------------|-------------------|--------------------|
| AUC | 0.1 | 0.05 |
| AUM | 0.09 | 0.04 |

Tabla 2 Indice de acidez y humedad en los aceites

En el grafico 1 se muestra el cromatograma correspondiente al aceite AUC, en donde se pueden identificar 6 picos a tiempos de elución en el rango de 8 a 12 min los cuales son característicos de presencia de triglicéridos.

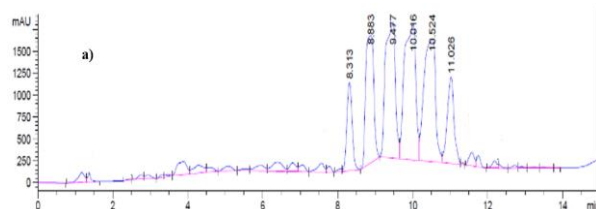


Grafico 1 Caracterización por cromatografía de aceite AUC

Por otro lado, en el cromatograma obtenido para el aceite AUM mostrado en el grafico 2, también se puede notar la presencia de triglicéridos, con similares tiempos de elución y la identificación de 6 picos como en el aceite AUC.

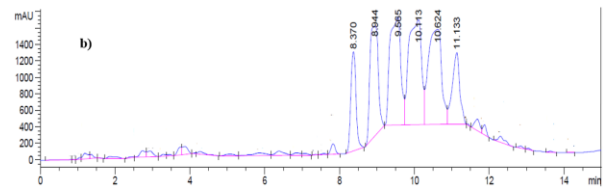


Grafico 2 Caracterización por cromatografía de aceite AUM

Los resultados mostrados validan la presencia de triglicéridos en los dos aceites en estudio, lo cual nos confirma que podemos emplearlos en la reacción de transesterificación para obtener biodiesel.

Producción de biodiesel

Como resultado de la transesterificación llevada a cabo en los aceites usados, se puede ver en la grafico 3 el cromatograma correspondiente al producto de la reacción del aceite AUC.

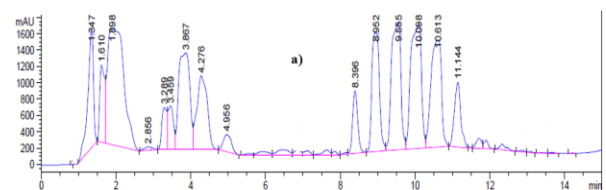


Grafico 3 Caracterización por cromatografía de aceites después de la transesterificación (AUC)

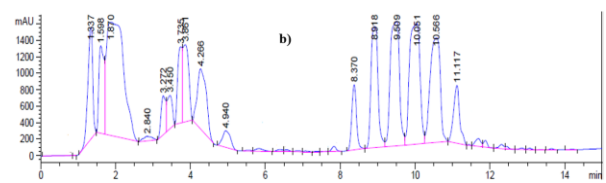


Grafico 3 Caracterización por cromatografía de aceites después de la transesterificación (AUM)

Se puede notar que se identifican 8 picos en el rango de 1 a 5 min, estos picos a esos tiempos de elución son un indicativo de presencia de metil ésteres.

De igual manera, para el aceite AUM se pueden notar en la grafico 4 picos entre 1 y 5 min de tiempo de elución mostrando también la presencia de metil ésteres.

Los resultados anteriores evidencian la obtención de biodiesel a partir de aceites usados en la fritura de mariscos y churros.

Conclusiones

En el presente trabajo se emplearon dos aceites usados en la fritura de mariscos y churros con el propósito de evaluar su utilización para obtener biodiesel a través de la reacción de transesterificación. Los resultados de los cromatogramas mostraron la presencia de triglicéridos en ambos aceites, los cuales son materia prima para la producción de biodiesel. Los cromatogramas resultantes de los productos de la transesterificación indican la presencia de metil esterres, lo que demuestra la generación de biodiesel. Los resultados obtenidos evidencian que los aceites usados en la fritura de mariscos y churros pueden ser empleados para producir biodiesel.

Recomendaciones

Como se puede observar en los cromatogramas de Los grafico 3 y 4 aún hay presencia de triglicéridos, esto es un indicativo que la reacción de transesterificación no se llevo a cabo de manera completa y se puede obtener mas biodiesel, por lo que se recomienda evaluar los tiempos de reacción para identificar el tiempo adecuado en donde se lleve a cabo la reacción completa.

Referencias

Encinar JM, Gonzalez JF, Rodryguez-Reinares A., 2005. Biodiesel from used frying oil. Variables affecting the yields and characteristics of the biodiesel. *Ind Eng Chem Res* 44, 5491–9.

Kalligeros S, Zannikos F, Stournas S, Lois E, Anastopoulos G, Teas Ch., 2003. An investigation of using biodiesel/marine diesel blends on the performance of a stationary diesel engine. *Biomass Bioenerg* 24, 41–9.

Meher LC, Vidya SS, Dharmagadda SNN., 2006. Optimization of alkali catalyzed transesterification of Pongamia pinnata oil production of biodiesel. *Bioresour Technol* 97, 1392–7.

Norma Mexicana NMX-F-211-1981, Determinación de humedad y materia volátil.

Norma Mexicana NMX-F-101-1987, Determinación del índice de acidez.

Saka S, Kusdiana D., 2001. Biodiesel fuel from rapeseed oil as prepared in supercritical methanol. *Fuel* 80, 225–31.

Usta N., 2005. Use of tobacco seed oil methyl ester in a turbocharged indirect injection diesel engine. *Biomass Bioenerg* 28, 7786.

Wang Y, Ou S, Liu P, Zhang Z., 2007. Preparation of biodiesel from waste cooking oil via two-step catalyzed process. *Energy Convers Manage* 48,184–8.

Wang Y, Ou S, Liu P, Xue F, Tang S., 2006. Comparison of two different processes to synthesize biodiesel by waste cooking oil. *J Mol Catal A Chem* 252, 107–12.

X. Meng, G. Chen, Y. Wang., 2008. Biodiesel production from waste cooking oil via alkali catalyst and its engine test. *Fuel Process Technol*, doi:10.1016/j.fuproc.2008.02.006.

Xie W, Peng H, Chen L., 2006. Transesterification of soybean oil catalyzed by potassium loaded on alumina as a solid base catalyst. *Appl Catal A-Gen* 300, 67–74.

Zheng S, Kates M, Dube MA, McLean DD., 2006. Acid-catalyzed production of biodiesel from waste frying oil. *Biomass Bioenerg* 30, 2670–2.

Estudio de las empresas dedicadas a la investigación de materiales, Región sur, para el diseño de un instrumento integral de evaluación, en materia de salud y seguridad en el trabajo

LÓPEZ-VALDIVIESO, Leticia * † MADRIGAL-ELISEO, José Luis, RODRIGUEZ-JAVIER, Elizabeth y FUENTES-LÓPEZ, Mayra Edilia

Recibido Octubre 29, 2017; Aceptado Diciembre 10, 2017

Resumen

Definir la herramienta que se ha de diseñar para la evaluación, Diagnosticar los puntos críticos que se han de evaluar, Proponer el diseño y validación de lineamientos que propicien la autoevaluación, Obtener resultados de la evaluación.

Metodología

La ejecución de la evaluación integral se divide en seis etapas fundamentales. Cada etapa de la evaluación se deberá efectuar con el cuidado suficiente que garantice y asegure que la información obtenida y las conclusiones preliminares que van surgiendo tengan bases sólidas, para que las etapas subsecuentes estén soportadas sobre situaciones reales. En cada etapa se deberá elaborar el informe correspondiente, así como los respectivos programas de trabajo. Al concluir cada una de las etapas de trabajo, se deberá comparar el avance logrado con lo planeado y los tiempos reales con los pronosticados.

Contribución. La importancia de una evaluación integral, es determinar la posición actual en la que se encuentra la organización en un determinado contexto con la finalidad de posible toma de decisiones de mejoramiento. Las empresas pueden llegar a ser una organización de clase mundial y que impacte de manera positiva en la sociedad. El modelo propuesto le servirá como guía para cumplir sus propósitos.

Puntos críticos, evaluación integral, clase mundial

Abstract

Define the tool to be designed for evaluation, Diagnose the critical points to be evaluated, Propose the design and validation of guidelines that promote self-evaluation, Obtain evaluation results.

Methodology

The execution of the integral evaluation is divided into six fundamental stages. Each stage of the evaluation should be carried out with sufficient care to guarantee and ensure that the information obtained and the preliminary conclusions that emerge have a solid basis for subsequent stages to be supported on real situations. At each stage, the corresponding report and the respective work programs should be prepared. At the end of each of the stages of work, you should compare the progress achieved with the planned and the actual times with the predicted. Contribution. The importance of a comprehensive evaluation is to determine the current position in which the organization is in a given context for the purpose of possible decision making for improvement. Companies can become a world-class organization and have a positive impact on society. The proposed model will serve as a guide to fulfill your purposes.

Critical points, integral evaluation, world class

Citación: LÓPEZ-VALDIVIESO, Leticia, MADRIGAL-ELISEO, José Luis, RODRIGUEZ-JAVIER, Elizabeth y FUENTES-LÓPEZ, Mayra Edilia. Estudio de las empresas dedicadas a la investigación de materiales, Región sur, para el diseño de un instrumento integral de evaluación, en materia de salud y seguridad en el trabajo. Revista de Investigación y Desarrollo 2017, 3-10: 45-50.

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: lvaldivieso@itvillahermosa.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

El desarrollo integral de las organizaciones actualmente depende en gran medida del conocimiento que las empresas tienen de sí mismas, es decir los recursos con los que cuenta, sus procesos claves así como su estructura.

Es por ello que surge la necesidad de diseñar un instrumento de evaluación que mida los niveles de competitividad de la empresa desde un enfoque sistémico, que permita integrar la estructura, los procesos y recursos que la conforman para su aprovechamiento óptimo.

El instrumento integral para la evaluación del contenido, resultante del presente estudio se enfoca al sistema de Seguridad y Salud en el Trabajo en la Región sur de un corporativo, con la finalidad de conocer el grado de cumplimiento del mismo, así, de igual manera diagnosticar la posición actual de la empresa y los factores que más inciden en el logro de sus objetivos.

El instrumento de evaluación está conformado por ocho criterios de innovación y calidad el cual fue adaptado al sistema de SST, estos criterios cuentan con sub criterios que permiten conocer los avances obtenidos del sistema y la forma que en el cual se están desarrollando.

Los criterios de alineación de la organización se refieren a la forma en que la organización integra y reconocen a su personal, realizan gestión del conocimiento, usando adecuadamente la información, mejorando y adaptando los procedimientos, haciendo un uso eficiente de los recursos y buscando alianzas con la comunidad a la que sirve.

Descripción del método

La ejecución de la evaluación integral se divide en seis etapas fundamentales. Cada etapa de la evaluación se deberá efectuar con la precisión que garantice y asegure que la información obtenida y las conclusiones preliminares que van surgiendo tengan bases sólidas, para que las etapas subsecuentes estén soportadas sobre situaciones reales. En cada etapa se deberá elaborar el informe correspondiente, así como los respectivos programas de trabajo. Al concluir cada una de las etapas de trabajo, se deberá comparar el avance y los tiempos reales con los planeados.

Durante la ejecución se debe hacer las recomendaciones necesarias, resultado de hallazgos y evidencias encontrados durante la evaluación, para empezar a corregir las anomalías al momento inmediato de su detección y no al término de la evaluación. Resumen de las etapas y el contenido que deberá tener cada informe:

| Etapas | | Informes y programas |
|--------|---|--|
| 1 | Análisis preliminar | Propuesta inicial y programa general |
| 2 | Revisión integral | Diagnostico general y programas específicos |
| 3 | Evaluación específica | Diagnostico específico por área evaluada |
| 4 | Opiniones y recomendaciones | Informe final e informe ejecutivo |
| 5 | Programa de implantación de recomendaciones | Informe de avances de implantación de recomendaciones. |
| 6 | Evaluación de las mejoras obtenidas | Informes de resultados y beneficios |

Tabla 1 Etapas de la investigación integral
Fuente: Elaboración de los autores (2017)

Análisis a partir del método

Se diseña una herramienta para la evaluación integral del contenido del sistema de administración en seguridad y salud en el trabajo, utilizando los ocho criterios del modelo de innovación y calidad adaptado al sistema, creando un total de 52 sub criterios distribuidos estratégicamente por cada criterio.

Estos sub criterios fueron diseñados mediante un proceso de investigación y análisis de cada criterio. Los criterios aquí mencionados, tiene como objetivo obtener un perfil integral de la empresa, referente al desarrollo de su sistema de administración en seguridad y salud en el trabajo, mediante la herramienta de auto evaluación se obtendrá información por cada criterio el cual de acuerdo al porcentaje de cumplimiento y mediante el uso de graficas obtendremos resultados de avance y los focos rojos de la organización en materia de seguridad y salud en el trabajo.

Los criterios del fundamento de la evaluación integral se enlistan a continuación:

- Satisfacción al cliente
- Liderazgo
- Desarrollo del personal y gestión del capital intelectual
- Administración de la información
- Planeación estratégica
- Gestión y mejora de procesos
- Impacto en la sociedad
- Resultados

Los criterios nos permiten obtener un perfil integral de la empresa, referente al desarrollo de su sistema de administración en seguridad y salud en el trabajo. Mediante la herramienta de auto evaluación se obtendrá información por cada criterio el cual de acuerdo al porcentaje de cumplimiento y con el uso de graficas, obtendremos resultados de avance y los focos rojos de la organización.

| Rango de avance de la organización | |
|------------------------------------|---------------|
| 80 – 100 | Clase mundial |
| 65 – 80 | Competente |
| 45 – 60 | Confiable |
| 25 – 40 | Desarrollo |
| 0 – 20 | Inicial |

Tabla 2 Rango de avance de la organización

La evaluación integral se realizara por departamento el cual está conformado por:

- Integridad mecánica
- Ingeniería ambiental
- Ingeniería de proyecto

Resultados

Se diseñaron ocho tablas con cada uno de los criterios de evaluación, calificando el avance por cada sub criterio con un rango de 0% – 100%, esto con el fin de obtener un perfil por criterios, por departamento y el perfil integral de la empresa.

De acuerdo al levantamiento de la información en la subgerencia de protección ambiental con el responsable del SSPA, se logró obtener la siguiente información el cual se sometió a su análisis. Con los resultados obtenidos de la aplicación del instrumento se procede a elaborar una tabla que muestra la evaluación integral e la empresapor criterio:

| Criterios | Avances |
|-------------------------|---------|
| Satisfacción al cliente | 38% |
| Liderazgo | 0.94% |
| Desarrollo del personal | 13.75% |
| Administración | 28% |
| Planeación estratégica | 4.28% |
| Gestión de mejora | 13.57% |
| Impacto a la sociedad | 0% |
| Resultado | 6% |

Tabla 3 Resultado integral de la empresa de 8 criterios evaluados

Fuente: Elaboración de los autores (2017)

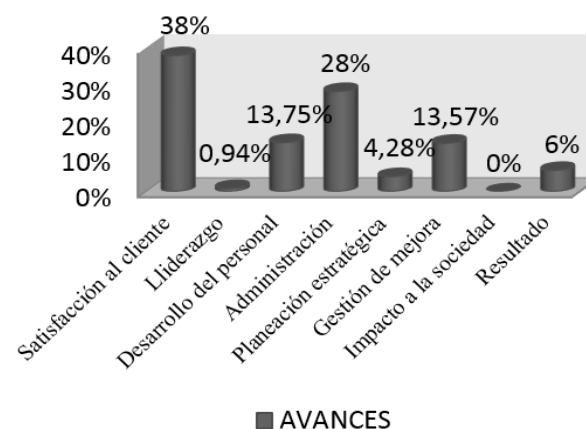


Gráfico 1 Resultado integral de la empresa de 8 criterios evaluados

Fuente: Elaboración de los autores (2017)

Los resultados representados en un gráfico integral (gráfico 1) que muestra el perfil actual de la empresa como sistema, ha permitido detectar los focos rojos que impactan negativamente en la productividad y desarrollo de la misma.

Interpretando los resultados, se detecta que la organización se encuentra débil en los criterios de liderazgo e impacto a la sociedad, ya que su porcentaje de avance es mínimo e incluso nulo, respectivamente, lo cual indica que es necesario establecer estrategias que fortalezcan estos ámbitos pero que a su vez mejoren los criterios restantes, para fomentar en desarrollo integral de la empresa a través de una retroalimentación que permita una mejora continua, tomando en cuenta los cambios repentinos y constantes en el contexto actual.

Propuesta

El análisis de los resultados esboza en el diseño de una propuesta de mejora desde una perspectiva sistémica, en los aspectos críticos de la organización, los cuales obstaculizan el fortalecimiento y desarrollo de la misma.

El modelo de mejoramiento está centrado como punto clave del desarrollo del mismo, el liderazgo, ya que de acuerdo a los resultados obtenidos en la evaluación de la empresa fue un punto principal en el cual se tendría que reforzar con mayor atención para el desarrollo del sistema SASST.



Figura 1 Modelo de mejoramiento

Fuente: Elaboración de los autores (2017)

Teniendo un buen liderazgo se puede desarrollar una buena planeación estratégica, con la cual se pueden realizar la gestión organizacional, capital intelectual y la cultura organizacional.

La gestión organizacional es un factor importante ya que es el proceso en donde todos los encargados de ella valiéndose de sus conocimientos, habilidades y actitudes realizan actividades interrelacionadas, con el fin de lograr los fines y objetivos organizacionales deseados para la empresa y así alcanzar un buen desarrollo organizacional que es el esfuerzo libre e incesante de la gerencia y todos los miembros de la organización, en hacer creíble, sostenible y funcional a la Organización en el tiempo, poniéndole énfasis en el capital humano para que se pueda hacer uso de la tecnología como variable principal, generando con ello el desarrollo del flujo de información eficiente y eficaz.

Para que la empresa pueda alcanzar sus objetivos y metas es necesario tener capital intelectual, y esto está compuesto por el capital humano + capital estructural + capital relacional = capital intelectual.

Todo es funcional si la organización manifiesta una buena cultura organizacional. La cultura organizacional son los valores de la organización como las creencias e ideas acerca de qué tipo de objetivos deben perseguir la misma e ideas acerca de los tipos apropiados o normas de comportamiento que los miembros de la organización deben utilizar para lograr estos objetivos.

Los valores de la organización se basarán en normas, directrices o expectativas que determinen como deberían comportarse los empleados en situaciones particulares y el control de la conducta de los miembros de la organización hacia el exterior.

Todo lo mencionado anteriormente debe ir apoyado por indicadores, sensibilización, cultura de calidad y motivación, sin olvidar los cambios que se pueden generar con las variables del contexto, en aspectos de política, cultural, económica y social. Cabe remarcar que todo ello vendrá a traer como consecuencia el resultado de la productividad de las empresas dedicadas a la investigación, ya que se consideran integralmente los ocho criterios de calidad enmarcados en dos grandes líneas: lo tangible e intangible.

Conclusiones

Cambiar la forma de pensar y actuar en una organización lleva mucho tiempo, pero el empeño y compromiso de los grupos de líderes pueden lograr que todo funcione como un sistema, con personal capacitado y comprometido para el alcance de cualquier objetivo.

El modelo de mejoramiento de la productividad es una herramienta que permite visualizar a los directivos cuales son las variables que están incidiendo directamente a la organización, y no solamente visualizarla sino que también cómo mejorar la productividad de la organización.

El capital intelectual es la base en toda organización a como también lo son los clientes, la meta es satisfacer los requerimientos del demandante y crear personas de valía para determinar el rumbo futuro de la organización.

Para que un sistema fusione y dé como resultado el alcance y logro de las metas, todos los involucrados tienen que estar bien comprometido con la organización, el cual requiere de un buen trabajo en equipo.

La importancia de una evaluación integral, es determinar la posición actual en la que se encuentra la organización en un determinado contexto con la finalidad de posible toma de decisiones para el mejoramiento.

Referencias

BUENO, E. MORCILLO, P. Y SALMADOR, M. P. (2006). *Dirección Estratégica. Nuevas Perspectivas Teóricas*. Madrid: Pirámide.

BRIONES, G. (1995). *Métodos y Técnicas de Investigación para las Ciencias Sociales*. 2ª. reimp., México: Ed. Trillas,

CANTÚ, D. H. (2001). *Desarrollo de una Cultura de Calidad*. México: Editorial McGraw Hill.

CROSBY – PHILIP. (1996). *Reflexiones sobre la Calidad*. 2da Edición. México: Editorial McGraw – Hill,

DEMING, W. E. (1989). *“Calidad, Productividad y Competitividad”*. España: Ed. Días de Santos.

FLEITMAN. (2007). *Evaluación integral para implementar modelo de calidad*. México: Pax,

FRED R., DAVID. (1999). *“Conceptos de Administración Estratégica”*. 5ta Edición.

GALGANO, ALBERTO. (1998). *Calidad Total, clave estratégica para la competitividad de la Empresa*.

KOONTZ, HAROLD. (2008). *Administración: una perspectiva global y empresarial*. México, D.F.: Mc GrawHill Interamericana.

PADUA, JORGE. (2004). *Técnicas de investigación aplicadas a las ciencias sociales*. México.

PORTER, MICHAEL. (1995). *Competitive strategy. Técnicas para el análisis de los sectores industriales y de la competencia*. Vigésima Reimpresión. México: Editorial Continental S.A.

Secretaria de Trabajo y Previsión social (2012). *Casos de éxito*. México.

Estudio de los procesos operativos a un corporativo de servicios integrales al sector petrolero en estado de Tabasco, para la generación de una propuesta de mejora

ELISEO-DANTÉS, Hortensia * †, CASTRO-DE LA CRUZ, Jucelly, PEREZ-PEREZ, Iris Cristel y DE LEON-DE LOS SANTOS, Brissa Roxana

Recibido Junio 14, 2017; Aceptado Octubre 7, 2017

Resumen

Objetivos: Clasificar los procesos, responsabilidades y medida de los mismos, Identificar las fallas e inconformidades en el sistema de procesos para establecer el mejoramiento continuo.

Metodología. La optimización de procesos basado en los Principios de gestión de la calidad ISO 9001 versión: 2015 los cuales marcan las pautas en:

- 1.-Enfoque al cliente
- 2.- liderazgo
- 3.- Participación del personal
- 4.- Enfoque basado en procesos
- 5.- Enfoque de sistemas para la gestión
- 6.- Mejora continua
- 7.- Enfoque basado en hechos para la toma de decisiones.
- 8.- Relaciones mutuamente beneficiosas con el proveedor.

Los principios basados para esto son.

- 4to Principio enfoque basado en procesos
- 5to Principio enfoque de sistema para la gestión
- 6o. Principio Mejora continua

Contribución. Optimizar las actividades que utilizan recursos, y gestión para la transformación de inputs en outputs [ISO 9001:2015]. Naturalmente, un funcionamiento óptimo de las actividades también significa optimizar el conjunto de todos sus procesos. Lo cual permitira proporcionar un modelo integral de procesos interrelacionados, tal y como se requiere actualmente en las organizaciones, para poder realizar sus procesos con un enfoque de sustentabilidad integral. Lo que permitirá resultados optimos en todos los aspectos.

Procesos, mejoramiento continuo, sistema, gestión

Abstract

Goals: Classify processes, responsibilities and measure them, Identify failures and nonconformities in the process system to establish continuous improvement.

Methodology. Process optimization based on the principles of quality management ISO 9001 version: 2015 which set the guidelines in:

1. Customer focus
2. Leadership
3. Staff Involvement
4. Process-based approach
5. Management Systems Approach
6. Continuous Improvement
7. Fact-Based Approach to Decision Making
8. Mutually beneficial relationships with the provider.

The principles based on this are:

- 4th Principle process-based approach
- 5th Principle system approach to management
- 6o. Continuous Improvement Principle

Contribution. Optimize activities using resources, and management to make the transformation of inputs into outputs [ISO 9001: 2015]. Of course, an optimum performance of activities also means optimizing the set of all their processes. This will allow us to provide a comprehensive model of interrelated processes, as currently required in organizations, to be able to carry out their processes with a comprehensive sustainability approach. This will allow optimum results in all aspects.

Processes, continuous improvement, system, management

Citación: ELISEO-DANTÉS, Hortensia, ASTRO-DE LA CRUZ, Jucelly, PEREZ-PEREZ, Iris Cristel y DE LEON-DE LOS SANTOS, Brissa Roxana. Estudio de los procesos operativos a un corporativo de servicios integrales al sector petrolero en estado de Tabasco, para la generación de una propuesta de mejora. Revista de Investigación y Desarrollo 2017, 3-9: 51-59.

* Correspondencia al autor (Correo electrónico: hortensia.dantes@itvillahermosa.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Hoy en día las empresas se enfrentan al cambio constante del contexto donde desarrollan sus actividades, por lo cual deben ser capaces de adaptarse de manera eficaz al movimiento de las variables que forman dicho contexto. Para ello es necesario que la empresa se encuentre plenamente establecida, y tenga identificados y estandarizados sus procesos clave, puesto que son estos los que componen la cadena de valor de la organización.

En el corporativo objeto de estudio se ha detectado que no se cuenta con una actualización constante de los procesos operativos establecidos, lo cual ha generado que se vuelvan obsoletos para reaccionar eficientemente ante los cambios repentinos del contexto actual.

Con base en lo anterior, surge la necesidad de optimizar los procesos del corporativo a través de un análisis integral efectuado con ayuda de un diagrama causa-efecto, que permita conocer y visualizar los problemas que enfrentan las áreas que lo integran en cuestión de procesos para de esta manera poder diseñarlos de formalmente a través de mapeos, de tal modo que sea de fácil comprensión para cualquier involucrado en el mismo y con ello generar una propuesta de mejora al corporativo, que le permita, con ello, ser competitivo en el mercado.

Actualmente el ámbito de actuación de las empresas para ofrecer sus productos y/o servicios no se puede limitar a un nivel local, si no que necesitan la búsqueda de clientes a nivel global, es por ello que las redes de negocios son cada vez más importantes, siendo necesario supervisar las relaciones con los clientes, la comunicación, la confianza o el conocimiento generado; todos los anteriores factores afectan la percepción de la empresa por parte del cliente y por tanto su satisfacción, es por ello que tener implantado un sistema de gestión en base a la norma ISO 9001:2015 genera confianza para poder competir internacionalmente.

En la actualidad muchas las empresas han implantado modelos basados en la norma ISO 9001 no solamente en el ámbito de la ingeniería, lo cual ha sido garantía de una Gestión de la calidad en los procesos operativos dentro de un ámbito de competencia y se avalan con la certificación, siendo este un elemento visible que establece el cumplimiento de dicha norma y de los principios que desarrolla.

De modo que esta diferenciación muestra una empresa con capacidad de generar un producto o servicio que cubre las necesidades del cliente y al resto de las partes interesadas, además de definir el compromiso de mejora continua del modelo del sistema de gestión y sus procesos, y que al aplicarse, desde luego que lleva al cumplimiento de la normativa legal.

La adopción de un sistema de gestión de la calidad es por tanto una decisión que forma parte de la visión y estrategia de la propia organización.

Descripción del método

Para la realización del diagrama causa-efecto fue necesario identificar a los expertos entre los actores involucrados en el tema de interés, lo cual fue posible a través de la aplicación de la metodología Delphi.

Una vez que se seleccionaron los expertos se coordinó con los representantes del corporativo una serie de reuniones para detectar los factores que se encontraban incidiendo en la problemática de la estandarización de procesos operativos. Se involucro a los jefes de las áreas más afectados según el criterio de los expertos, los cuales fueron ingeniería, almacenes y facturación.

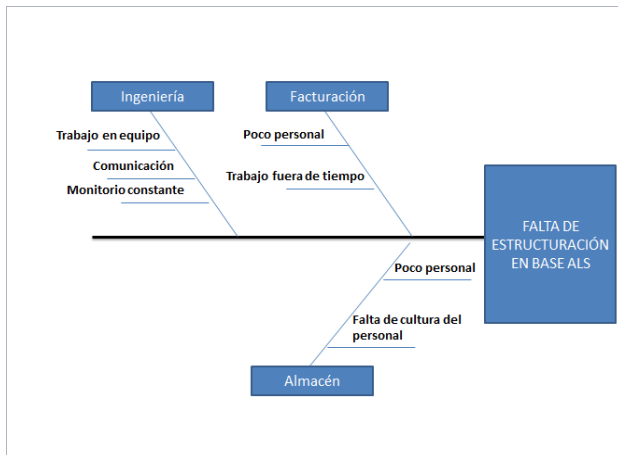


Figura 1 Diagrama causa-efecto de los procesos del corporativo

Fuente: Elaboración de los autores con información otorgada por los expertos (2017)

El resultado fue el diagrama, el cual arroja los factores que repercuten en el comportamiento de los procesos en dichas áreas y de los cuales se parte para la realización del presente estudio.

Análisis a partir del método

En el área de ingeniería las principales causas que se presentaron fueron: el trabajo en equipo y la comunicación. Cabe mencionar que esta área es la encargada del monitoreo a los pozos petroleros. Se manejan pantallas las cuales están entrelazadas con un satélite el cual muestra el comportamiento de los pozos. Existen instantes en se realiza cambio de guardia por parte del personal, lo cual genera pérdida de tiempos, que repercute en la productividad de la actividad, la cual se relaciona con la comunicación y el trabajo en equipo.

La instrumentación aplicada para la recopilación de información arrojó que el personal tiene una manera independiente de ejercer sus operaciones, es decir el proceso no esta estandarizado. También se detecto que existe falta de comunicación entre los operarios lo cual causa que no trabajen sinérgicamente.

El área encargada de gestionar los almacenes del corporativo, en particular presenta deficiencia para llevar a cabo los procesos correctamente debido a la escasez de personal, añadido con la falta de cultura de servicio del mismo, ya que los operarios no hacen una correcta gestión de la maquinaria y equipos a su cargo en los almacenes, tampoco cumplen con sus actividades asignadas eficientemente, lo que desemboca en un descontrol total de los quipos que se encuentran fuera del almacén.

Facturación presenta, de igual forma, problemas con la ejecución de las actividades, ya que el personal no se da abasto para el cumplimiento óptimo de los procesos, por tal razón existe el problema de deficiencia del personal. Una de las actividades más importantes en esta área es el manejo de software. Solo existe una persona encargada en el manejo de este.

Esta área mantiene una relación importante con los almacenes, ya que esta área debe enviar a los almacenes unas fichas para el control de las salidas y entradas de los mismos para así generar una coordinación entre lo que está vendido, lo que esta rentado o almacenado, sin embargo si este registro no se realiza en tiempo y forma el material y maquinaria, se toma como perdido y genera pérdidas a la empresa.

Los procesos establecidos identificados en las áreas críticas del corporativo anteriormente mencionadas se muestran a continuación:

| | |
|-----------------------------------|---|
| 1.-Compra de material | Por medio del sistema de compras SWPS |
| 2.-Recepción de documentos | Llega el cargamento al almacén, se verifica que los documentos estén en regla, se le entrega una copia al transportista de los mismos y la original queda en almacén para archivo. |
| 3.-Salidas de material | Se recibe la Solicitud de material almacén entrega vales de salida al solicitante, este especifica el material requerido en los vales, posteriormente el solicitante devuelve el vale firmado por el y el supervisor por último se entrega el material. |

| | |
|---|--|
| 4.-Actualización de sistema de inventario | En el sistema se verifican los números de parte y serie, cuando hay alguna baja, salida o transferencia se cambia su estado en el mismo. |
| 5.-Orden | Estableciendo límites de espacio para el acomodo del material en jaulas, estantes y si son materiales grandes delimitando su zona con líneas amarillas |
| 6.-Limpieza | Limpieza del almacén por personal. |
| 7.-Señalización | Colocación de letreros en el área donde se esta resguardando el material para identificarlo de manera rápida. |
| 8.-Etiquetado | Las etiquetas se llenan con la información del material como: P.N, QTY, descripción, LOT/serial, P.O, fecha de recepción, se especifica si es inventario, ASSET, M&S, STATUS y se especifica su segmento CMP, RMC, SCT |

Tabla 1 Procedimientos de las actividades generales del área de los almacenes

Fuente: Corporativo (2017)

| | |
|---|--|
| 1.-Estudios y pre diseños en base a la información proporcionada por el cliente y la información recabada en su investigación | Entablar comunicación con el cliente (los superintendentes hacen el primer acercamiento) |
| 2.-Diseña el equipo para la instalación en los activos | Recopilación de la información requerida |
| 3.- Realiza simulaciones | Validación de la información disponible |
| 4.- Instala el equipo | Solicitud de toma de información cuando sea requerida (si no existe mucha información o si la información disponible no es muy reciente) |
| 5.- Pruebas antes del arranque de las operaciones | Evaluación técnica y evaluación económica |
| 6.-Monitoreo constante de las actividades | Monitoreo constante de el comportamiento de yacimientos |

Tabla 2 Procedimientos de las actividades generales de las áreas de ingeniería

Fuente: Corporativo (2017)

| |
|---|
| 1.-Reconocer el revenue del segmento |
| 2.-Lista de tickets de revenue por activo |
| 3.-Llevar un archivo de control de los superintendentes |
| 4.- Elaborar estimaciones de los activos |
| 5.- Control de caja chica |
| 6.- Cargar en Siebel las órdenes de servicio y Notas de Crédito |
| 7.- Elaboración de estimaciones y sabana de facturación mensual |
| 8.- Reportes para PEMEX de volumetría ejercida y conciliación del mismo |

Tabla 3 Procedimientos de las actividades generales de las áreas de facturación

Fuente: Corporativo (2017)

Los procesos fueron determinados por los expertos, ya que el corporativo como tal no los había estandarizado aun por lo cual el personal realizaba sus actividades de acuerdo a lo entendido en sus capacitaciones.

Resultados

Los resultados que se obtuvieron a partir del análisis fueron principalmente relacionados con el personal debido a que no se ha hecho una buena gestión con el mismo, puesto que no se les ha dado la correcta capacitación e integración al corporativo, lo que causa confusio durante la ejecución de sus actividades, desmotivación y falta de compromiso generando así la deficiencia de los procesos que la empresa necesita para llevar a cabo sus operaciones.

La falta de cultura del personal repercute directamente a la productividad de los procesos del corporativo provocando una baja de niveles de calidad causando con ello una mala imagen para los clientes.

El problema que genera las problemáticas en el ámbito del personal, es el desconocimiento, ya que la empresa no cuenta con la tecnificación de sus procesos, lo cual genera que sus actividades no sean especificadas, lo que da pie a malos entendidos de acuerdo a la interpretación que dé el personal a sus capacitaciones. Es decir, no se maneja un orden cronológico lógico de sus actividades.

Es por ello que se realiza un mapeo de los procesos de manera que puedan ser conocidos y comprendidos por todo el personal, que se espera ayude a resolver los problemas de deficiencia, optimizando las tareas y especificando las responsabilidades de cada parte, con base en los procesos proporcionados por el corporativo además de las problemáticas encontradas durante la elaboración del diagrama causa-efecto.

Propuesta

De acuerdo a los procesos identificados por los expertos del corporativo se realiza el mapeo correspondiente de cada proceso que se ejecuta en las áreas anteriormente mencionadas.

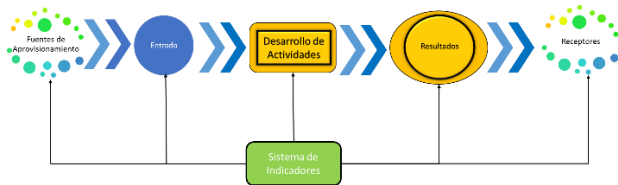


Figura 2 Cadena de valor
Fuente: *Percepción de los autores (2017)*

La implementación ISO 9001 puede traer beneficios internos al implementar los requisitos normativos, se experimenta un aumento en: el control de procesos, la calidad de productos y servicios, la productividad, y la eficiencia (Basak & Henk, 2012). Esta situación puede favorecer a su vez una mejora de la satisfacción de los clientes y, por lo tanto, proporcionar algunos beneficios externos.

Por último, el propio certificado ISO 9001 puede proporcionar beneficios, ya que señala el cumplimiento de los requisitos normativos que la organización realiza, permitiendo una diferenciación con respecto a aquellas que no lo hacen. Para la correcta comprensión de los diagramas se anexa la simbología utilizada en los mismos:

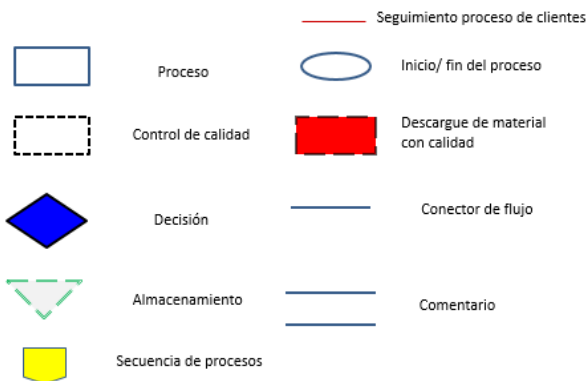


Figura 3 Simbología utilizada en los mapeos propuestos al corporativo
Fuente: *Percepción de los autores (2017)*

En las áreas correspondientes a ingeniería se llevan a cabo diversos procesos, por lo cual se hace el mapeo correspondiente a a cada uno de estos, con el fin de evitar confusiones que puedan alterar el cumplimiento adecuado de las operaciones.

Los procesos correspondientes se muestran a continuación:

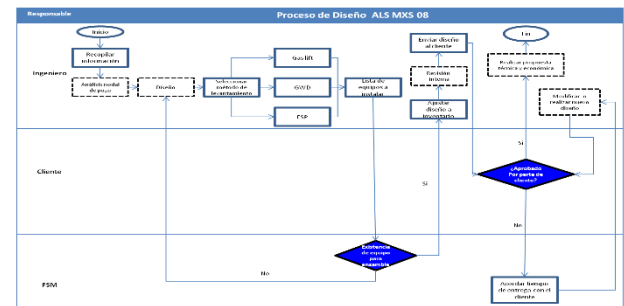


Figura 4 Mapeo del proceso de diseño
Fuente: *Percepción de los autores (2017)*

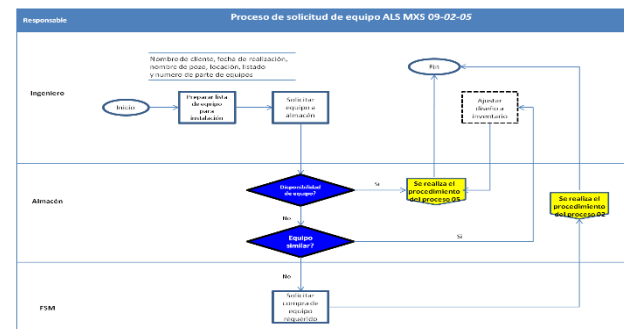


Figura 5 Mapeo del proceso de solicitud de equipo
Fuente: *Percepción de los autores (2017)*

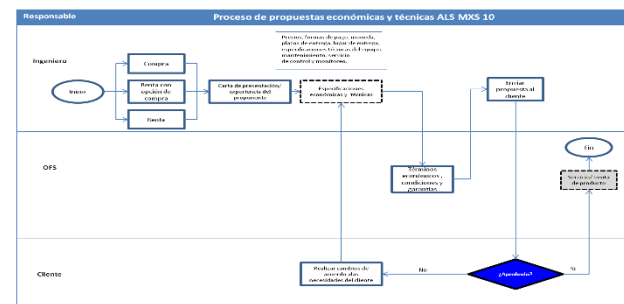


Figura 6 Mapeo del proceso de propuestas económicas y técnicas
Fuente: *Percepción de los autores (2017)*

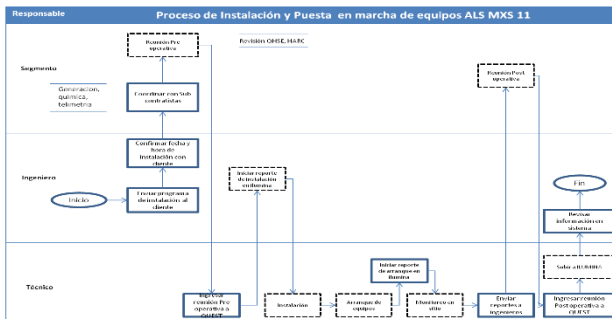


Figura 7 Mapeo del proceso de instalación y puesta en marcha de equipos
Fuente: *Percepción de los autores (2017)*.

En las áreas de facturación solo se lleva a cabo un proceso, sin embargo en este se involucran múltiples actividades y funciones de las cuales es necesaria la interacción con otras áreas del corporativo, lo que requiere mucha precisión al momento de ejecutar sus tareas, ya que esto puede generar irregularidades en otras áreas involucradas en el proceso, por ello es considerada de suma importancia.

El proceso proceso correspondiente se muestran a continuación:

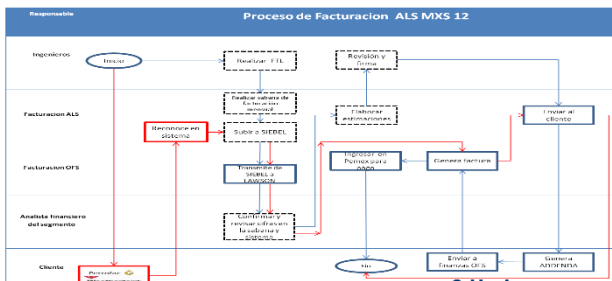


Figura 8. Mapeo del proceso de facturación
Fuente: *Percepción de los autores (2017)*

Los almacenes juegan un papel importante en el funcionamiento del corporativo, por tal razón se estudió y se llevó a cabo la optimización de sus procesos con mayor profundidad, por lo que resulto los siguientes procesos:

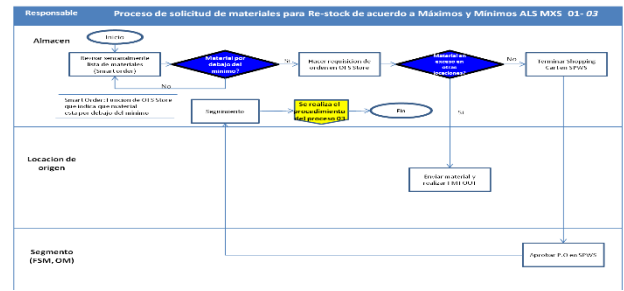


Figura 9 Mapeo del proceso de solicitud de materiales para Re-stock de acuerdo a máximos y mínimos
Fuente: *Percepción de los autores (2017)*

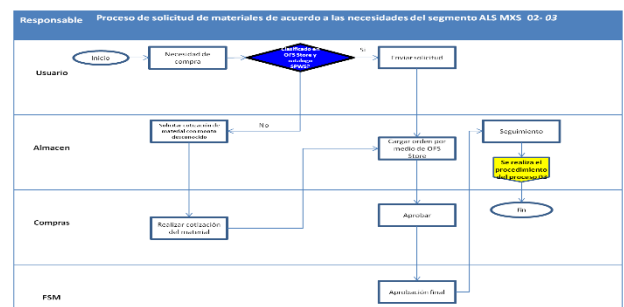


Figura 10 Mapeo del proceso de solicitud de materiales de acuerdo a las necesidades del segmento
Fuente: *Percepción de los autores (2017)*

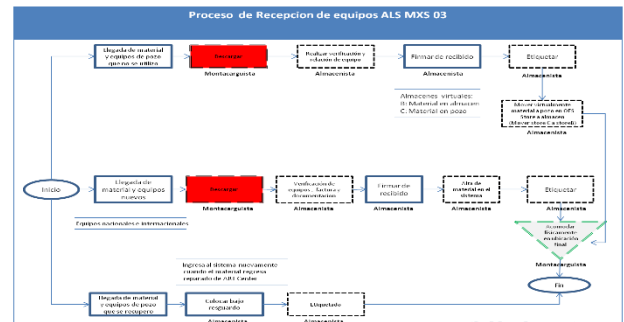


Figura 11 Mapeo del proceso de recepción de equipos
Fuente: *Percepción de los autores (2017)*

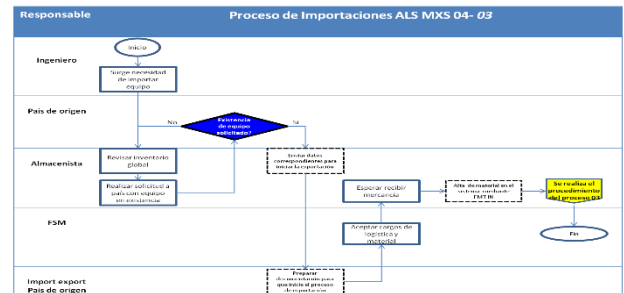


Figura 12 Mapeo del proceso de importaciones
Fuente: *Percepción de los autores (2017)*

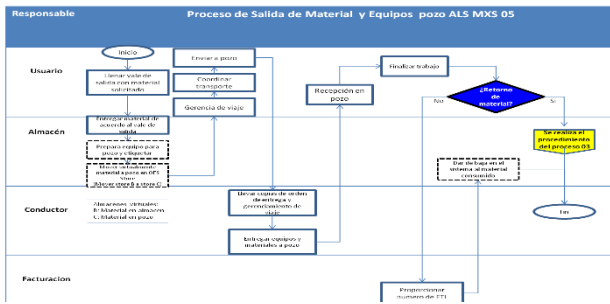


Figura 13 Mapeo del proceso de salida de material y equipos a pozo
 Fuente: *Percepción de los autores (2017)*

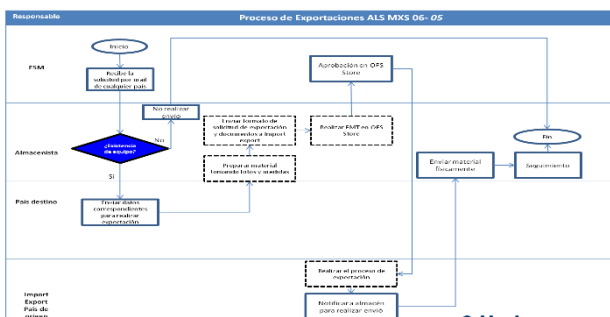


Figura 14 Mapeo del proceso de exportaciones
 Fuente: *Percepción de los autores (2017)*

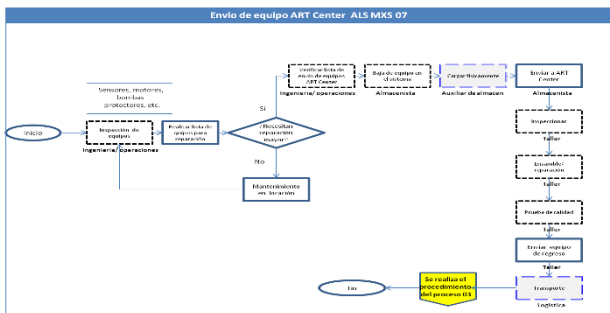


Figura 15 Mapeo del proceso de envío de equipo ART Center
 Fuente: *Percepción de los autores (2017)*

Debido a que el corporativo presenta problemas de estructura y de personal, se puede generar que la implementación de los procesos optimizados no se realice óptimamente. Por ello los autores han diseñado un modelo de mejoramiento de la estructura del corporativo donde el estudio arrojó focos rojos, dando mayor relevancia a las áreas en las que se detectó mayor deficiencia de los procesos.

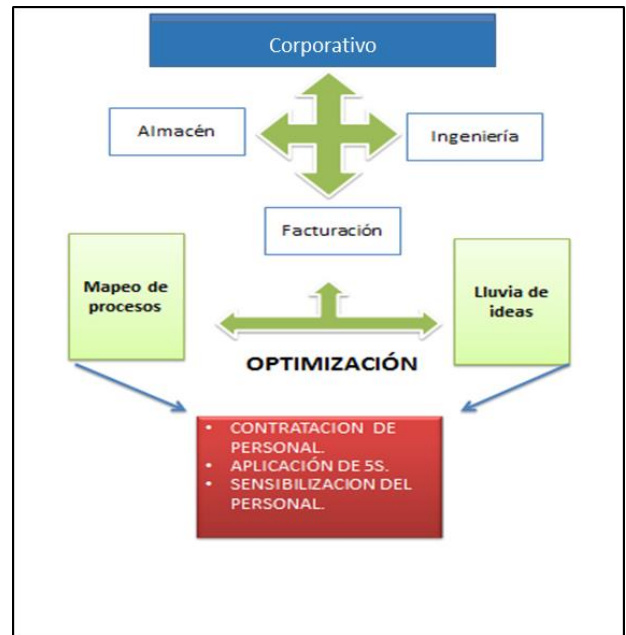


Figura 16 Modelo de mejoramiento
 Fuente: *Elaboración de los autores (2017)*

Como las áreas presentaron diferentes tipos de procesos es necesario llevar a cabo diferentes métodos, los cuales se establecieron de acuerdo a los resultados arrojados en los estudios previos, para la mejora de las áreas del corporativo, que fueron a través de una lluvia de ideas con los expertos seleccionados y el mapeo de procesos estandarizados.

Estas herramientas fueron de suma importancia debido a que su estructuración muestra de manera más clara la optimización que se puede llevar a cabo a través de estos procesos, que al efectuar estas herramientas se muestran los puntos clave a considerar para la materialización de la mejora de la productividad y con ello, también la eficiencia de sus operaciones.

La contratación del personal adecuado es un factor indispensable para dar solución a las problemáticas que se presentan críticas en el presente estudio. Por ello surge la necesidad de un buen programa de reclutamiento y selección de personal al momento de abrir una vacante, de modo que se identifique al aspirante que mejor cubra el perfil solicitado.

También se recomienda la implementación de las 5's. Esta es una metodología que se puede aplicar en todo tipo de organizaciones siempre y cuando se lleve un buen control de los resultados que obtengan. Por último es recomendable la realización de la sensibilización tanto del personal como de los directivos, así como la motivación de los subordinados a través de incentivos con base en los resultados obtenidos de cumplimiento de los objetivos previstos.

Cumpliendo los puntos mencionados anteriormente el corporativo puede obtener una mejora de su productividad. Es importante también destacar que debe haber una retroalimentación que debe ser monitoreada a través de un sistema de indicadores, para con ello detectar el surgimiento de un nuevo problema.

Conclusiones

Cambiar la forma de pensar y actuar en una organización lleva mucho tiempo, pero el empeño y compromiso de los grupos de líderes pueden lograr que todo funcione como un sistema, con personal capacitado y comprometido para el alcance de cualquier objetivo.

El modelo de mejoramiento de la productividad es una herramienta que permite visualizar a los directivos cuales son las variables que están incidiendo directamente a la organización, y no solamente visualizarla sino que también cómo mejorar la productividad de la organización.

El capital intelectual es la base en toda organización a como también lo son los clientes, la meta es satisfacer los requerimientos del demandante y crear personas de valía para determinar el rumbo futuro de la organización. Para que un sistema fusione y dé como resultado el alcance y logro de las metas, todos los involucrados tienen que estar bien comprometido con la organización, el cual requiere de un buen trabajo en equipo.

La importancia de una evaluación integral, es determinar la posición actual en la que se encuentra la organización en un determinado contexto con la finalidad de posible toma de decisiones de mejoramiento.

Referencias

BASAK MANDERS & HENK J. DE VRIES (2012). "Does ISO 9001 pay? – Analysis of 42 studies". ISO (International Organization for Standardization) on 10 October 2012

BUENO, E. MORCILLO, P. Y SALMADOR, M. P. (2006). *Dirección Estratégica. Nuevas Perspectivas Teóricas*. Madrid: Pirámide.

BRIONES, G. (1995). *Métodos y Técnicas de Investigación para las Ciencias Sociales*. 2ª. reimp., México: Ed. Trillas, PADUA, JORGE. (2004). *Técnicas de investigación aplicadas a las ciencias sociales*. México.

CANTÚ, D. H. (2001). *Desarrollo de una Cultura de Calidad*. México: Editorial McGraw Hill.

CROSBY – PHILIP. (1996). *Reflexiones sobre la Calidad*. 2da Edición. México: Editorial McGraw – Hill,

DEMING, W. E. (1989). "Calidad, Productividad y Competitividad". España: Ed. Días de Santos.

FLEITMAN. (2007). *Evaluación integral para implementar modelo de calidad*. México: Pax, Secretaria de Trabajo y Previsión social (2012). *Casos de éxito*. México.

FRED R., DAVID. (1999). "Conceptos de Administración Estratégica". 5ta Edición.

GALGANO, ALBERTO. (1998). *Calidad Total, clave estratégica para la competitividad de la Empresa*.

KOONTZ, HAROLD. (2008). *Administración: una perspectiva global y empresarial*. México, D.F.: Mc GrawHill Interamericana.

PORTER, MICHAEL. (1995). *Competitive strategy. Técnicas para el análisis de los sectores industriales y de la competencia*. Vigésima Reimpresión. México: Editorial Continental S.A.

Análisis de la calidad de ajuste de una red neuronal autoajustable aplicada en la predicción de fallas en un aerogenerador de baja potencia

SALINAS-HERNÁNDEZ, Andrés^{1†}, RICO-ESPINO, José Guadalupe², JIMÉNEZ-GRAJALES¹, Ma. Ángela M. y RAMÍREZ-LÓPEZ, Raúl¹

¹Instituto Tecnológico de Querétaro, Línea: Automatización y Sustentabilidad, Av.Tecnológico s/n, Centro, C.P. 76000 Querétaro, Querétaro, México

²CIATEQ, Gerencia de TI-Electrónica y Control, Av. Manantiales No. 23-A, Parque Industrial Bernardo Quintana, C.P. 76246, El Marqués, Querétaro, México

Recibido Agosto 15, 2017; Aceptado Noviembre 25, 2017

Resumen

En el proceso de identificación de las señales que se encuentran presentes en un determinado sistema, resulta muy conveniente conocer de manera a priori los comportamientos que éste tendrá con base a diferentes valores de entrada, así como contar con herramientas que permitan realizar aproximaciones de dichos comportamientos debido a que la mayoría de los sistemas son analizados dinámicamente. Una técnica eficaz para poder obtener estas aproximaciones del comportamiento del sistema es mediante el uso de redes neuronales, las cuales aprenden las señales objetivo con base a un número de etapas de entrenamiento. Sin embargo, resulta conveniente validar la significancia de factores como la topología utilizada y el número de etapas de entrenamiento con respecto a la calidad de ajuste de la señal de salida y el tiempo de procesamiento que consume la red neuronal en operación. Para ello, se pueden emplear métodos como el del presente trabajo, que consiste en someter a un diseño de experimentos dichos factores. Este trabajo se realizó considerando la señal de aceleración del eje de baja velocidad de un aerogenerador de baja potencia en condiciones de falla mecánica.

Red neuronal, Diseño de experimentos, Energía eólica, Calidad de ajuste, Simulación

Abstract

During the process of identifying the signals that are present at a specific system, it is convenient to know the possible behaviours of the system's output(s) a priori with different levels of the input signal(s), as well as having tools that allow estimations of such outputs given that most systems are analyzed dynamically. An efficient technique that can be used to obtain such estimations are neural networks, which can learn the target signals based on a certain training epochs number. However, it is convenient to validate the significance of the factors like the topology of the network and the number of epochs with the adjustment quality of the output signal and the processing time that the network consumes during its operation. For that, one can employ methods such as the one presented in this work, which consists in subject these factors into an experiment design. This work was done considering the low-speed shaft acceleration signal of a low-speed wind turbine in failure conditions.

Neural network, design of experiments, Wind power, Adjustment quality, simulation

Citación: SALINAS-HERNÁNDEZ, Andrés, RICO-ESPINO, José Guadalupe, JIMÉNEZ-GRAJALES, Ma. Ángela M. y RAMÍREZ-LÓPEZ, Raúl. Análisis de la calidad de ajuste de una red neuronal autoajustable aplicada en la predicción de fallas en un aerogenerador de baja potencia. Revista de Investigación y Desarrollo.2017, 3-10: 60-68.

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Diseño de experimentos

El diseño de experimentos es una técnica estadística que sirve para medir la posible influencia de factores relacionados con un proceso sobre la respuesta del mismo; la medición se logra realizando cambios en los valores de los factores de influencia y observando su efecto sobre una variable de interés. Una vez concluido este proceso de prueba, se realiza el análisis de los resultados, los cuales se resumen en un valor cuantitativo que expresa la significancia del efecto de los factores sobre la variable de interés, observada. (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2008).

Se recurre al diseño factorial cuando se desea estudiar y analizar los efectos de varios factores sobre una o varias respuestas, y pueden tratarse de factores tanto cualitativos como cuantitativos. Uno de estos diseños es cuando se incluyen tres factores de interés. Cada diseño cuenta con un modelo que expresa a la variable de respuesta en función del efecto de los factores incluidos y sus interacciones. Para el caso del diseño con tres factores, el modelo de efectos se establece como:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\alpha\beta\gamma)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl} \quad (1)$$

En donde μ es el valor promedio estimado, α_i , β_j y γ_k los efectos de los niveles i -ésimo, j -ésimo y k -ésimo respectivamente, los efectos de interacción dobles, el efecto de interacción triple, así como el error aleatorio ε_{ijkl} , con l siendo las réplicas del experimento. Por tanto, se cuentan en total con 7 hipótesis a probar, las cuales corresponden a la siguiente notación:

$$H_0 = \text{Efecto } x = 0$$

$$H_1 = \text{Efecto } x \neq 0$$

$$x = \{A, B, C, AB, AC, BC, ABC\}$$

En donde H_0 establece que el efecto del factor x no es significativo sobre la respuesta, mientras que H_1 establece que sí lo es.

Redes neuronales artificiales

Se considera a una red neuronal artificial (RNA) como un modelo programado para funcionar similarmente a las neuronas biológicas de los seres vivos. Estas redes neuronales se conforman por varias unidades de procesamiento conocidas como neuronas, las cuales se encuentran interligadas por conexiones que representan a las sinapsis de las neuronas biológicas.

Las RNAs buscan la solución de problemas complejos de la manera en que funcionaría el cerebro humano; una de sus características es que presentan la capacidad de “aprendizaje”, lo cual se liga con el concepto de adaptación y estimación de los parámetros a los que está sujeta la RNA. Tanto la topología de la red como el método de aprendizaje y la robustez de la misma son acorde a la aplicación donde se requiera.

Uno de los tipos de RNAs más prácticos corresponde al algoritmo de retropropagación (Rumelhart & McClelland, 1987). el cuál permite una respuesta muy fina, considerando cualquier función no-lineal. Esta surge del análisis de la red ADALINE, la cual incorporó una minimización del error mediante el decrecimiento acorde a la dirección del gradiente de la función del error (Widrow & Hoff Jr., 1960):

$$E_p = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^m (e_k^p)^2 \quad (2)$$

La topología utilizada por la RNA de retropropagación se conoce como multicapa, la cual se puede ver representada en la figura 1. Una de las principales ventajas que surgen del uso de redes multicapas en conjunto con el algoritmo de retropropagación es que permiten resolver problemas estocásticamente ante sistemas o funciones no lineales.

Lo cual permite obtener soluciones muy aproximadas en casos complejos; así mismo, utilizando el número adecuado de neuronas en las capas de la red, se pueden obtener procesamientos robustos y aprendizaje profundo (Wasserman & Schwartz, 1988).

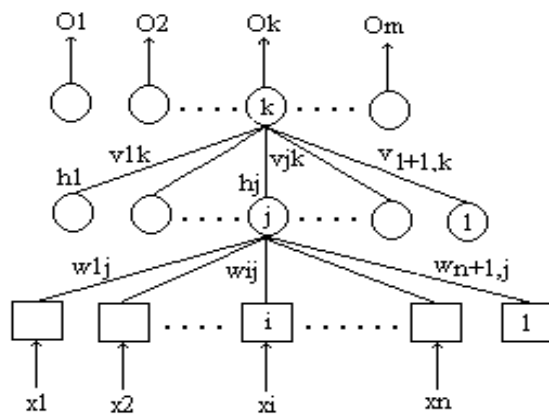


Figura 1 Topología de red neuronal artificial multicapa
Fuente: (Rumelhart & McClelland, 1987)

Aerogeneradores de baja potencia

Los sistemas de producción de energía eólica, en la actualidad, se consideran tan variados como los métodos en los cuales se realiza la conversión de la energía cinética del viento en electricidad. Una de estas variaciones corresponde a los aerogeneradores o turbinas eólicas de baja potencia, los cuales producen un rango de entre 1 y 100 kW de potencia eléctrica. La función principal de este tipo de turbinas es la microgeneración de electricidad, destinada a abastecer de energía a pequeños negocios, hogares y/o comunidades.

Las turbinas eólicas están compuestas de tres secciones principales:

- Rotor.
- Góndola.
- Torre.

En cuestión de análisis, las primeras dos secciones son esenciales, debido a que la torre queda excluida en parte del sistema mecánico móvil de la turbina.

Uno de los elementos principales que forman parte de estas secciones es el tren de potencia mecánico, también conocido como la transmisión de potencia mecánica (figura 2); este elemento se considera crítico, debido a que puede presentar escenarios de falla asociados a cada uno de los sub-elementos que lo conforman, cada uno con diferentes niveles de severidad (Chammas, et al., 2013).

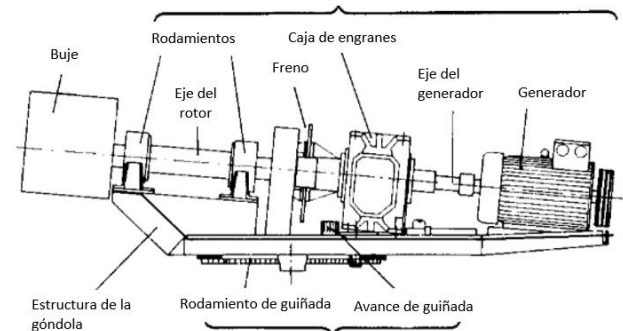


Figura 2 Elementos del tren de potencia
Fuente: (Hau, 2013)

Metodología

Caso de estudio

El caso de aplicación corresponde a realizar un diseño de experimentos que permita determinar la influencia de ciertos factores sobre la calidad del ajuste de una RNA utilizando el algoritmo de retropropagación. Se ha tratado en tiempos recientes el modelado de los sistemas que componen al aerogenerador, el cual es la base para el diseño de cualquier método de detección de irregularidades (Simani, Farsoni, & Castaldi, 2015). Es notable mencionar que se han realizado estudios e implementación de estas técnicas en varios de los elementos móviles de las turbinas de alta potencia, como la caja de engranes (Feng, Qin, & Liang, 2015).

La finalidad de estructurar estos métodos de detección y prevención de fallas es poder llegar a la elaboración de instrumentos que sean capaces de tomar acciones concretas en base a los modelos sobre los que son fundamentados.

El desarrollo de algoritmos de decisión facilita la jerarquización y ejecución de estas acciones en base a la información que sea recabada por el sistema (Asuhaimi Mohd Zin, Saini, Wazir Mustafa, Rizal Sultan, & Rahimuddin, 2015).

La red neuronal se ha diseñado para realizar la etapa de identificación de señales de salida de la simulación de un aerogenerador de baja potencia sometida a una falla mecánica; la principal señal analizada es la aceleración angular del eje de baja velocidad del aerogenerador, la cual se mide a partir de una galga extensiométrica ubicada en un punto de unión entre el eje y la caja multiplicadora. La simulación del aerogenerador se realizó en el ambiente de trabajo de Matlab® con ayuda de la herramienta de simulación FAST® que ha diseñado y distribuido de manera abierta el NREL (Laboratorio Nacional de Energía Renovable, por sus siglas en inglés).

Una vez simulado este comportamiento, se obtuvo una señal de respuesta expresada en términos de la aceleración angular del eje de baja velocidad del aerogenerador, la cual pasa a la etapa de identificación mediante una red neuronal entrenada bajo el algoritmo de retropropagación. Esta señal, representada en la figura 3, muestra una falla causada por una ráfaga de viento simulada, la cual repercute sobre las vibraciones que son transmitidas en el eje de baja velocidad.

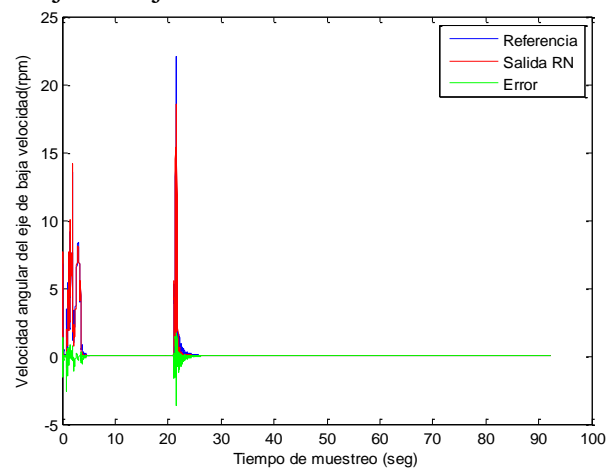


Figura 3 Señal de referencia y aproximación de la red neuronal

Mediante la experimentación, se observaron tres factores que presentan una influencia sobre la aproximación que realiza la red neuronal en comparación con la señal de referencia:

- Número de neuronas en la capa oculta: al trabajar con un esquema de 3, 5 y 8 neuronas que conforman a la capa intermedia (oculta) de la red neuronal, se obtienen diferentes resultados en la aproximación.
- Número de muestras: esto se refiere al número de datos provenientes de la señal de referencia que se utilizan en la etapa de identificación de la señal objetivo. Obteniendo muestras de 10000, 5000 y 2000 datos, se observa una diferencia en el tiempo de procesamiento y en la aproximación de la RNA.
- Valor de la tolerancia del error absoluto: al momento de trabajar con el algoritmo de retropropagación, se considera como factor importante la minimización del error que consigue, siendo éste la diferencia entre la aproximación de la red y la referencia objetivo.

Para propósitos del proyecto, la variable de interés que sirvió como indicador de la calidad de ajuste de la identificación por medio de redes neuronales fue el promedio del error generado por el algoritmo. Así, el diseño de experimentos quedó de la siguiente manera:

| Variables de diseño | | |
|---------------------|--------------------|------------------------------|
| Número de muestras | Número de neuronas | Tolerancia de error absoluto |
| 10000 | 8 | 0.01 |
| 5000 | 8 | 0.01 |
| 2000 | 8 | 0.01 |
| 10000 | 8 | 0.005 |
| 5000 | 8 | 0.005 |
| 2000 | 8 | 0.005 |
| 10000 | 5 | 0.01 |
| 5000 | 5 | 0.01 |
| 2000 | 5 | 0.01 |
| 10000 | 5 | 0.005 |
| 5000 | 5 | 0.005 |
| 2000 | 5 | 0.005 |

| | | |
|-------|---|-------|
| 10000 | 3 | 0.01 |
| 5000 | 3 | 0.01 |
| 2000 | 3 | 0.01 |
| 10000 | 3 | 0.005 |
| 5000 | 3 | 0.005 |
| 2000 | 3 | 0.005 |

Tabla 1 Variables de diseño

El diseño anterior se llevó a cabo en dos ocasiones para poder tener una estimación del error aleatorio.

| Error promedio absoluto | |
|-------------------------|--------|
| 0.0099 | 0.01 |
| 0.01 | 0.01 |
| 0.0152 | 0.0147 |
| 0.0057 | 0.0061 |
| 0.0085 | 0.0088 |
| 0.0139 | 0.0142 |
| 0.01 | 0.01 |
| 0.01 | 0.01 |
| 0.0104 | 0.01 |
| 0.0064 | 0.0063 |
| 0.0085 | 0.0082 |
| 0.0101 | 0.0099 |
| 0.01 | 0.01 |
| 0.01 | 0.01 |
| 0.01 | 0.01 |
| 0.0078 | 0.0077 |
| 0.0083 | 0.0083 |
| 0.0093 | 0.0094 |

Tabla 2 Variable de respuesta

Una vez realizado el experimento en orden completamente aleatorio, se registraron las dos respuestas observadas para cada corrida, y con estos datos se procedió a la ejecución del análisis del experimento mediante el software Minitab®, el cual nos proporciona el siguiente análisis de varianza (ANOVA):

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. |
|---------------------|---------|-----------|-----------|
| Muestras | 2 | 0.000061 | 0.000031 |
| Neuronas | 2 | 0.000016 | 0.000008 |
| Tolerancia Error | 1 | 0.00003 | 0.00003 |
| Muestras*Neuronas | 4 | 0.000044 | 0.000011 |
| Muestras*Tolerancia | 2 | 0.000012 | 0.000006 |
| Neuronas*Tolerancia | 2 | 0 | 0 |
| Error | 22 | 0.000002 | 0 |
| Falta de ajuste | 4 | 0.000002 | 0 |
| Error puro | 18 | 0 | 0 |
| Total | 35 | 0.00016 | |
| Fuente | Valor F | Valor P | |
| Muestras | 322.06 | 0 | |
| Neuronas | 81.85 | 0 | |

| | | |
|---------------------|--------|-------|
| Tolerancia Error | 314.91 | 0 |
| Muestras*Neuronas | 114.78 | 0 |
| Muestras*Tolerancia | 60.59 | 0 |
| Neuronas*Tolerancia | 2.54 | 0.102 |
| Error | | |
| Falta de ajuste | 15.92 | 0 |

Tabla 3 Resultados de ANOVA**Resumen del modelo**

| S | R-cuad. | R-cuad. (ajustado) | R-cuad. (pred) |
|-----------|---------|--------------------|----------------|
| 0.0003081 | 98.73% | 97.98% | 96.60% |

Usando un nivel de confianza del 95% podemos concluir que existe una influencia significativa sobre la respuesta por parte de los 3 factores. Así también se presenta una interacción significativa entre el factor “número de muestras” con cada uno de los factores restantes, la cual influye sobre la calidad del ajuste del algoritmo.

Una vez verificados los supuestos del experimento, se procedió a elegir los mejores niveles de cada factor. Tomando en cuenta que se busca minimizar el error que proporciona la RNA, se eligieron aquellos valores que corresponden con el menor valor estimado, siendo estas 10000 muestras y 8 neuronas dentro de las capas de entrada y oculta.

En las gráficas se observa que el conjunto de resultados que nos da el segundo valor más pequeño de error es correspondiente a 5000 muestras, 3 neuronas en las capas y una tolerancia del error de 0.005, por lo que se diseñó un segundo experimento para probar si existe diferencia entre estas dos combinaciones de niveles en cuanto a la reducción del error absoluto y el tiempo de procesamiento del algoritmo.

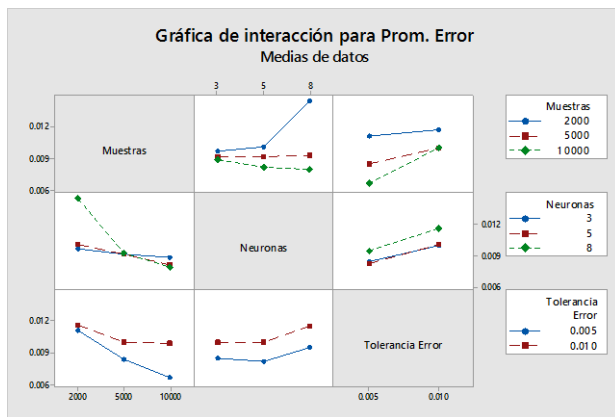


Figura 4 Gráfica de interacción con ‘Promedio de error absoluto’ como variable de respuesta

| Epoch | Tol. Error |
|-------|------------|
| 500 | 0.01 |
| 500 | 0.01 |
| 500 | 0.005 |
| 500 | 0.005 |
| 1000 | 0.01 |
| 1000 | 0.01 |
| 1000 | 0.005 |
| 1000 | 0.005 |
| 1500 | 0.01 |
| 1500 | 0.01 |
| 1500 | 0.005 |
| 1500 | 0.005 |

Tabla 4 Variables y niveles de diseño del segundo experimento

El diseño del segundo experimento correspondió a un diseño por bloques, debido a que para observar la influencia de los diferentes niveles, se buscó observar la respuesta simultáneamente, agregando un factor de bloqueo en la tabla 4, denominando “Bloque 1” a los primeros valores sugeridos y “Bloque 2” a los segundos valores sugeridos. Tal como se realizó en el diseño anterior, se corrió la simulación dos veces, obteniendo los siguientes resultados:

| Tiempo Proc. (seg) |
|--------------------|
| 204.1911 |
| 238.3971 |
| 813.6442 |
| 803.4207 |
| 278.3456 |
| 266.957 |
| 821.4873 |
| 756.1664 |
| 300.4392 |
| 295.2662 |

| |
|----------|
| 969.874 |
| 962.9335 |
| 69.5462 |
| 78.5284 |
| 260.5314 |
| 259.2544 |
| 79.7628 |
| 77.0599 |
| 502.9311 |
| 527.5751 |
| 73.4052 |
| 62.1986 |
| 737.642 |
| 721.3284 |

Tabla 5 Variables de respuesta

Los resultados del ANOVA para el segundo diseño quedaron de la siguiente manera:

Modelo lineal general: Prom. Error vs. Epoch, Tol. Error

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|------------------|----|-----------|-----------|---------|---------|
| Tol. Error | 1 | 1557261 | 1557261 | 251.92 | 0 |
| Epoch | 2 | 120018 | 60009 | 9.71 | 0.002 |
| Bloque | 1 | 443392 | 443392 | 71.73 | 0 |
| Epoch*Tol. Error | 2 | 83126 | 41563 | 6.72 | 0.007 |
| Error | 17 | 105087 | 6182 | | |
| Falta de ajuste | 5 | 101769 | 20354 | 73.59 | 0 |
| Error puro | 12 | 3319 | 277 | | |
| Total | 23 | 2308884 | | | |

Tabla 6 Resultados de ANOVA

Resumen del modelo

| S | R-cuad. | R-cuad. (ajustado) | R-cuad. (pred) |
|---------|---------|--------------------|----------------|
| 78.6232 | 95.45% | 93.84% | 90.93% |

Usando un nivel de confianza de 95%, se puede concluir que los tres factores influyen significativamente sobre el tiempo de respuesta del algoritmo; de igual manera, existe una influencia significativa generada por la interacción de los factores “Número de épocas de entrenamiento” y “Tolerancia del error promedio absoluto”. Después de corroborar el cumplimiento de los supuestos estadísticos del modelo, se procedió a seleccionar los mejores niveles para cada factor.

Tomando en cuenta la doble interacción, se recurrió a la gráfica de interacciones mostrada en la figura 5, en donde se observa que los mejores niveles corresponden a 500 épocas y a una tolerancia de 0.01 unidades.

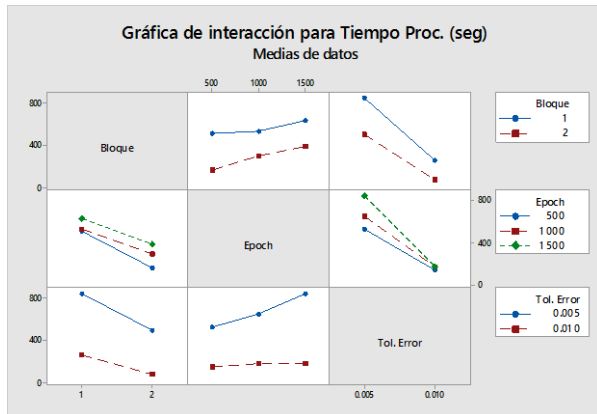


Figura 5 Gráfica de interacción con “Tiempo de procesamiento” como variable de respuesta

De igual manera, con la ayuda del factor de bloqueo, se pudo observar que las mejores respuestas se obtuvieron con el segundo nivel, los cuales corresponden a los segundos valores recomendados por el primer diseño (5000 muestras, 3 neuronas).

Una vez elegidos los mejores niveles, se procedió a realizar un tercer diseño de experimentos para elegir los mejores niveles de los factores “Número de épocas de entrenamiento” y “Tolerancia del error promedio absoluto” y su efecto sobre la respuesta “Error promedio absoluto generado por el algoritmo”. Este experimento se realizó sólo tomando los valores del bloque 2.

Modelo lineal general: Prom. Error vs. Epoch, Tol. Error

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|-----------------|----|-----------|-----------|---------|---------|
| Epoch | 2 | 0.000004 | 0.000002 | 3.92 | 0.065 |
| Tol. Error | 1 | 0.000027 | 0.000027 | 60.25 | 0 |
| Error | 8 | 0.000004 | 0 | | |
| Falta de ajuste | 2 | 0.000004 | 0.000002 | 150.64 | 0 |
| Error puro | 6 | 0 | 0 | | |
| Total | 11 | 0.000034 | | | |

Tabla 7 Resultados de ANOVA, segundo experimento

Resumen del modelo

| | | | |
|-----------|---------|--------------------|----------------|
| S | R-cuad. | R-cuad. (ajustado) | R-cuad. (pred) |
| 0.0006694 | 89.49% | 85.54% | 76.35% |

Resultados

Con un nivel de confianza del 95%, se pudo observar sólo el efecto de la tolerancia del error promedio absoluto influye significativamente sobre la respuesta del error promedio absoluto que devuelve el algoritmo.

Algo que se debe remarcar es que se cumplieron todos los supuestos estadísticos del experimento exceptuando el supuesto de independencia de los residuos. Esto se debió a que la respuesta del error tomando en cuenta un nivel de 0.01 en el factor “Tolerancia del error promedio absoluto” y cualquier nivel del factor “Número de épocas de entrenamiento” siempre será alrededor de 0.01, pues la naturaleza de la programación del algoritmo así lo dictamina. Por tanto, se puede asumir un resultado esperando de no cumplimiento en la prueba de varianzas para este experimento.

Finalmente, se utilizó el gráfico de efectos principales para seleccionar el mejor nivel del factor de la tolerancia del error promedio absoluto, observado en la figura 6.

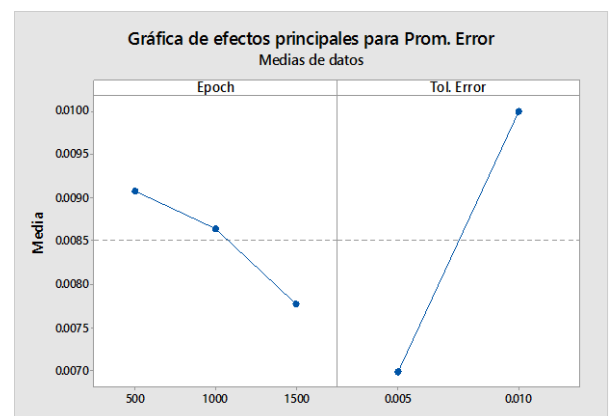


Figura 6 Gráfica de efectos principales para el tiempo de procesamiento, primer caso

Al tomar en cuenta el gráfico, se puede observar que el mejor nivel corresponde a una tolerancia de 0.005, lo cual conlleva a que el tiempo de procesamiento sea mayor. Dado que la naturaleza del sistema es lenta, es posible hacer uso del algoritmo considerando como prioritaria la calidad del ajuste. Por tanto, el algoritmo funcionará de la mejor manera posible considerando los niveles de ambos experimentos: 5000 muestras, 3 neuronas en la capa de entrada e intermedia y una tolerancia del error promedio absoluto de 0.005, esto sin importar el número de épocas de entrenamiento que se deseen utilizar.

Conclusiones

Los diseños de experimentos realizados brindaron la oportunidad de comprobar la influencia significativa que tienen los principales factores involucrados en el uso de una RNA para identificación y aproximación de funciones.

De lo observado, se puede considerar la robustez y facilidad que presenta el uso del algoritmo de retropropagación en el entrenamiento de redes multicapas, al lograr una aproximación significativamente acertada de un sistema de naturaleza lenta y de una cantidad elevada de datos.

Los resultados de este artículo se utilizarán en la última etapa de un caso de estudio de predicción de fallas, en donde al aerogenerador antes mencionado se le aplicará diferentes condiciones de falla y posteriormente se procederá a analizar las aproximaciones de dos topologías diferentes de RNAs en el dominio de la frecuencia, suponiendo la hipótesis de que en cada caso, el algoritmo será lo suficientemente robusto para proporcionar resultados similares en cuanto a calidad de ajuste.

Agradecimientos

Este trabajo es parte de las actividades del proyecto “P07: Integración y consolidación de capacidades nacionales para el desarrollo de pequeños aerogeneradores mediante el diseño, construcción y pruebas exhaustivas de un aerogenerador con capacidad de 30 kW”, que se desarrolla en el contexto del Centro Mexicano de Innovación en Energía Eólica (CEMIE-Eólico) bajo los auspicios del Fondo CONACYT-SENER-Sustentabilidad Energética.

Referencias

- Asuhaimi Mohd Zin, A., Saini, M., Wazir Mustafa, M., Rizal Sultan, A., & Rahimuddin. (19 de Mayo de 2015). New algorithm for detection and fault classification on parallel transmission line using DWT and BPNN based on Clarke's transformation. *Neurocomputing*, 168, 983-993.
- Chammas, A., Duviella, E., & Lecoecue, S. (2013). Fault Diagnosis of Wind Turbine Drive Train Faults based on Dynamical Clustering. *52nd IEEE Conference on Decision and Control* (págs. 5650-5655). Florencia: IEEE.
- Feng, Z., Qin, S., & Liang, M. (2015). Time-frequency analysis based on Vold-Kalman filter and higher order energy separation for fault diagnosis of wind turbine planetary gearbox under nonstationary conditions. *Renewable Energy*, 45-56.
- Gutiérrez Pulido, H., & De la Vara Salazar, R. (2008). *Análisis y Diseño de Experimentos* (Segunda ed.). Ciudad de México: McGraw-Hill.
- Hau, E. (2013). Mechanical Drive Train and Nacelle. En E. Hau, *Wind Turbines. Fundamentals, Technologies, Application, Economics* (págs. 253-318). Berlin: Springer.

Rumelhart, D., & McClelland, J. L. (1987). *Parallel Distributed Processing: Explorations in the Microstructure of Cognition. Foundations* (I ed., Vol. I). Cambridge, Massachusetts, Estados Unidos de América: MIT Press.

Simani, S., Farsoni, S., & Castaldi, P. (2015). Wind turbine simulator fault diagnosis via fuzzy modelling and identification techniques. *Sustainable Energy, Grids and Networks*, 45-52.

Wasserman, P., & Schwartz, T. (1988). Neural networks. II. What are they and why is everybody so interested in them now? (IEEE, Ed.) *IEEE Expert*, 3(1), 10-15.

Widrow, B., & Hoff Jr., M. E. (1960). Adaptive Switching Circuits. *IRE WESCON Convention Record* (págs. 96-104). Stanford: IEEE.

Instrucciones para Autores

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

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

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

Resumen

Titulo

Objetivos, metodología

Contribución

(150-200 palabras)

Abstract

Title

Objectives, methodology

Contribution

(150-200 words)

Keyword

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

Cita: Apellidos en Mayúsculas -1er Nombre de Autor †, Apellidos en Mayusculas -2do Nombre de Autor. Titulo del Paper. Título de la Revista. 2015, 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]

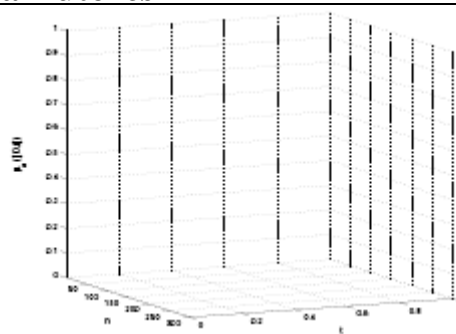


Grafico 1 Titulo y Fuente (en cursiva).

No deberán ser imágenes- todo debe ser editable.

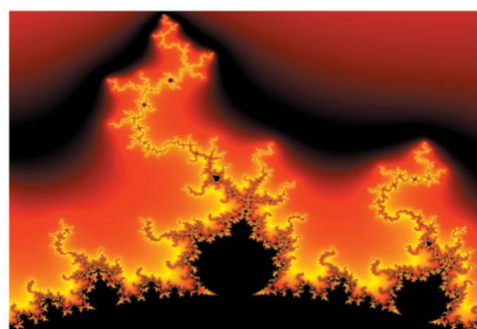


Figura 1 Titulo y Fuente (en cursiva).

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 Título 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

Referencia

Formato de Originalidad



Madrid, España 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



Madrid, España 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-Spain 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-Spain 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 Investigación y Desarrollo

“Modelo de percolación para representar el comportamiento del capital humano dedicado a la I+D”

SÁNCHEZ-HERNÁNDEZ, Guillermo L. NUÑO-DE-LA-PARRA, José P., IZQUIERDO-GARCIA, Belinda y SAN GABRIEL-RIVERA, Isaias

Universidad Veracruzana

Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

“Posicionamiento óptimo de estaciones base áreas en redes móviles”

BORDON-LOPEZ, Raikel , LOPEZ-MONTEAGUDO, F. Eneldo y OLVERA-OLVERA, Carlos

Universidad Autónoma de Zacatecas Francisco García Salinas (UAZ)

“Caracterización Nutricional de un Cultivo Controlado de Jitomate Silvestre Mediante Imágenes Multiespectrales”

SÁNCHEZ-SUÁREZ, Isahi, LORETO-GOMEZ, Gerardo, PADILLA-MAGAÑA, Jesús Fernando, GARCÍA-SAUCEDO, Pedro Antonio

“Biodiesel A Base De Aceites Usados”

RAMÍREZ-COUTIÑO, Víctor Ángel, CASTAÑEDA-MARTÍNEZ, Emory, SALDAÑA-LÓPEZ, Gerardo, GONZÁLEZ-LÓPEZ, Miguel

Universidad Tecnológica de Querétaro

“Estudio de las empresas dedicadas a la investigación de materiales, Región sur, para el diseño de un instrumento integral de evaluación, en materia de salud y seguridad en el trabajo”

LÓPEZ-VALDIVIESO, Leticia, MADRIGAL-ELISEO, José Luis, RODRIGUEZ-JAVIER, Elizabeth y FUENTES-LÓPEZ, Mayra Edilia

“Estudio de los procesos operativos a un corporativo de servicios integrales al sector petrolero en estado de Tabasco, para la generación de una propuesta de mejora”

ELISEO-DANTÉS, Hortensia, CASTRO-DE LA CRUZ, Jucelly, PEREZ-PEREZ, Iris Cristel y DE LEON-DE LOS SANTOS, Brissa Roxana

“Análisis de la calidad de ajuste de una red neuronal autoajustable aplicada en la predicción de fallas en un aerogenerador de baja potencia”

SALINAS-HERNÁNDEZ, Andrés¹, RICO-ESPINO, José Guadalupe², JIMÉNEZ-GRAJALES¹, Ma. Ángela M. y RAMÍREZ-LÓPEZ, Raúl¹

¹Instituto Tecnológico de Querétaro

²CIATEQ, Gerencia de TI-Electrónica y Control

