

Volumen I, Número I — Enero — Marzo - 2017



Revista de
Operaciones
Tecnológicas

ECORFAN[®]



ECORFAN-Taiwán

Indización

- RESEARCH GATE
- GOOGLE SCHOLAR
- HISPANA
- MENDELEY

ECORFAN-Taiwán

Directorio Principal

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD.

Director Regional

VARGAS-DELGADO, Oscar. PhD.

Director de la Revista

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC.

Edición Tipográfica

IGLESIAS SUAREZ- Fernando, BsC.

Edición de Logística

SERRUDO-GONZALEZ, Javier. BsC.

Revista de Operaciones Tecnológicas, Volumen 1, Número 1, de Enero a Marzo 2017, es una revista editada trimestralmente por ECORFAN-Taiwán. Taiwan, Taipei. YongHe district, ZhongXin, Street 69. Postcode: 23445. WEB: www.ecorfan.org/taiwan, revista@ecorfan.org. Editora en Jefe: RAMOS-ESCAMILLA, María. ISSN (2523-6806). Responsables de la última actualización de este número de la Unidad de Informática ECORFAN. ESCAMILLA-BOUCHÁN Imelda, LUNA-SOTO, Vladimir, actualizado al 31 de Marzo del 2017.

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

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

Consejo Editorial

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

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

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

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

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

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

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

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

Consejo Arbitral

VGPA. MsC

Universidad Nacional de Colombia, Colombia

EAO. MsC

Universidad Nacional de Colombia, Colombia

MMD. PhD

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México

BRIIIG. PhD

Bannerstone Capital Management, U.S.

EAO. MsC

Bannerstone Capital Management, U.S.

OAF. PhD

Universidad Panamericana, México

CAF. PhD

Universidad Panamericana, México

RBJC. MsC

Universidad Panamericana, México

Presentación

ECORFAN, es una revista de investigación que publica artículos en el área de: Revista de Operaciones Tecnológicas

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

Como primer capítulo presentamos, *Rendimiento de Tomate Saladet (Solanum Lycopersicum) con la aplicación de Microorganismos benéficos en Yucatán*, por, EK-UC, Azael Oseas & JIMÉNEZ-CHI, José Antonio, con adscripción en la Universidad Tecnológica del Mayab, como siguiente capítulo presentamos, *Interacción genotipo ambiente en cruzamientos varietales de maíz para los estados de Veracruz y Tabasco, México*, por SIERRA-MACÍAS, Mauro, RODRÍGUEZ-MONTALVO, Flavio Antonio, GÓMEZ'-MONTIEL, Noel, y ANDRÉS-MEZA, Pablo, como siguiente artículo presentamos, *Actividad antimicrobiana del cobre en enterobacterias*, por TOLEDO-TREJO, Erika, FUENTES-ROMERO, María Teresa, GALEANA-GARCÍA, Joel, GALVÁN-LUIS, Aarón Sebastián, GRANADOS-OLVERA, Jorge-Alberto, con adscripción en la Universidad Tecnológica Fidel Velázquez, como siguiente capítulo presentamos, *Estudio Citotoxico del Inositol Hexafosfato en la línea celular HeLa*, por SANCHEZ-RAMOS, Sanjuana, FLORES-VILLAVICENCIO, Lerida Liss, CASTRUITA-DOMINGUEZ, José Pedro, y CARRILLO-LANDELL, Felipe Guadalupe, con adscripción en el Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, como siguiente artículo presentamos, *Sistema generador de energía eléctrica por vibraciones*, por, DE LA CRUZ-DURÓN, Raúl, BECERRA-REYES, Hugo De Jesús, RODRÍGUEZ-CONTRERAS, Jorge Antonio, GÓMEZ-TRIANA, Carlos, con adscripción en la Universidad Tecnológica de Calvillo, como siguiente artículo presentamos, *Lazos de control para un Regulador Automático de Voltaje (AVR)*, por DEMILLON-PASCUAL, Rufino & TREJO-LEAL, Huber, como último artículo presentamos, *Diseño de modelo optimizado para el mantenimiento de equipos y procesos industriales aplicado al mantenimiento productivo total*, por AVILÉS-FERRERA, José Josías, RODRÍGUEZ-SÁNCHEZ, Marcos, AMBRIZ-COLÍN, Fernando, FLORES-PÉREZ, José Manuel, CANO-RAMÍREZ, Jaime, con adscripción en la Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato.

Contenido

Artículo	Página
Rendimiento de Tomate Saladet (<i>Solanum Lycopersicum</i>) con la aplicación de Microorganismos benéficos en Yucatán EK-UC, Azael Oseas & JIMÉNEZ-CHI, José Antonio	1-9
Interacción genotipo ambiente en cruzamientos varietales de maíz para los estados de Veracruz y Tabasco, México SIERRA-MACÍAS, Mauro, RODRÍGUEZ-MONTALVO, Flavio Antonio, GÓMEZ-MONTIEL, Noel, y ANDRÉS-MEZA, Pablo	10-16
Actividad antimicrobiana del cobre en enterobacterias TOLEDO-TREJO, Erika, FUENTES-ROMERO, Maria Teresa, GALEANA-GARCÍA, Joel, GALVÁN-LUIS, Aarón Sebastián, GRANADOS-OLVERA, Jorge-Alberto	17-21
Estudio Citotoxico del Inositol Hexafosfato en la línea celular HeLa SANCHEZ-RAMOS, Sanjuana, FLORES-VILLAVICENCIO, Lerida Liss, CASTRUITA-DOMINGUEZ, José Pedro, y CARRILLO-LANDELL, Felipe Guadalupe	22-29
Sistema generador de energía eléctrica por vibraciones DE LA CRUZ-DURÓN, Raúl , BECERRA-REYES, Hugo De Jesús, RODRÍGUEZ-CONTRERAS, Jorge Antonio, GÓMEZ-TRIANA, Carlos	30-34
Lazos de control para un Regulador Automático de Voltaje (AVR) DEMILLON-PASCUAL, Rufino & TREJO-LEAL, Huber	35-48
Diseño de modelo optimizado para el mantenimiento de equipos y procesos industriales aplicado al mantenimiento productivo total AVILÉS-FERRERA, José Josías, RODRÍGUEZ-SÁNCHEZ, Marcos, AMBRIZ-COLÍN, Fernando, FLORES-PÉREZ, José Manuel, CANO-RAMÍREZ, Jaime	49-55

Instrucciones para Autores

Formato de Originalidad

Formato de Autorización

Rendimiento de Tomate Saladet (*Solanum Lycopersicum*) con la aplicación de Microorganismos benéficos en Yucatán

EK-UC, Azael Oseas *† & JIMÉNEZ-CHI, José Antonio

Universidad Tecnológica del Mayab. Carretera Federal Peto-Santa Rosa, km 5, Peto, 97930 Peto, Yuc

Recibido Enero 15, 2017; Aceptado Marzo 10, 2017

Resumen

El exceso consumo de fertilizantes minerales y agroquímicos en la agricultura intensiva ha provocado afectaciones en el agroecosistema, que de no tomarse en cuenta conllevarán a la pérdida de la materia orgánica del suelo, así como un desequilibrio de la ecología microbiana del suelo. Entre la hortaliza más demandante a nivel nacional se encuentra el tomate y la superficie dedicada a su cultivo ha disminuido por el mal uso de los suelos, la incidencia creciente de plagas y enfermedades. Con lo mencionado anteriormente se evaluó el rendimiento del tomate saladette (*Lycopersicum solanum* Jacq.) implementando el uso de bacterias benéficas (*Rhodopseudomonas palustris*, *Bacillus amyloliquefaciens* y *Bacillus subtilis*). Se realizaron dos periodos de siembra en el cultivo de tomate, el primero fue en Marzo-Junio 2016 y el segundo en Octubre 2016-Enero 2017. Se utilizó un sistema de producción protegida por medio de microtúneles. Se utilizó el mismo manejo y sistema de producción en los dos periodos de siembra, fue en el periodo Octubre 2016-Enero 2017 donde se aplicaron los microorganismos. La aplicación de los microorganismos al suelo en el periodo Octubre 2016-Enero 2017, fueron los que obtuvieron los mejores resultados en altura de la planta, peso del fruto y rendimiento.

Bacterias, microtúnel, biofertilizantes

Abstract

The excessive consumption of mineral fertilizers and agrochemicals in agricultural agriculture has caused effects on the agro ecosystem, which, if not taken into account, will lead to the loss of soil organic matter, as well as an imbalance of soil microbial ecology. Among the most demanding vegetable at the national level is the tomato and the area dedicated to its cultivation has been reduced by the misuse of the soils, the increasing incidence of pests and diseases. As mentioned above, the yield of tomato saladette (*Lycopersicum solanum* Jacq.) Was evaluated by the use of beneficial bacteria (*Rhodopseudomonas pastries*, *Bacillus amyloliquefaciens* and *Bacillus subtilis*). Two sowing periods were carried out in the tomato crop, the first one was in March-June 2016 and the second in October 2016-January 2017. The protected production system was used by means of micro-tunnels. The same management and production system was used in the two periods sowed, it was in the period October 2016-January 2017 where the microorganisms were applied. The application of microorganisms to the soil in the period October 2016-January 2017, were the ones that obtained the best results in height of the plant, fruit weight and yield.

Bacteria, microtúnel, biofertilizers

Citación: EK-UC, Azael Oseas & JIMÉNEZ-CHI, José Antonio. Rendimiento de Tomate Saladet (*Solanum Lycopersicum*) con la aplicación de Microorganismos benéficos en Yucatán. Revista de Operaciones Tecnológicas. 2017. 1-1:1-9.

† Investigador contribuyendo como primer autor.

*Correspondencia al Autor Correo Electrónico: azoekazoe@mail.com

Introducción

El alto consumo de fertilizantes minerales y agroquímicos en la agricultura intensiva ha provocado afectaciones en el agroecosistema, que de no tomarse en cuenta conllevarán a la pérdida de la materia orgánica del suelo, así como un desequilibrio de la ecología microbiana del suelo. En la búsqueda de alternativas que permitan disminuir las aplicaciones de fertilizantes minerales, surgen en el mundo un sinnúmero de variantes, que permiten una nutrición ecológicamente sostenible con tendencia a proteger el medio ambiente sin afectar la producción, de manera que se pueda satisfacer la demanda de alimentos cada día más creciente en el mundo.

En este sentido, los biofertilizantes constituyen un componente vital de los sistemas sostenibles, ya que son un medio económicamente atractivo y aceptable de reducir los insumos externos y de mejorar la cantidad y calidad de los recursos internos (Mejía, 1995). Entre la hortaliza más demandante a nivel nacional se encuentra el tomate y la superficie dedicada a su cultivo ha disminuido gradualmente y no solo por el mal uso de los suelos, sino por otros factores; entre ellos, la incidencia creciente de plagas y enfermedades. Las plagas más comunes son: la mosca blanca (*Bemisia tabaci*), pulgones o áfidos (*Mizus percicae*), trips (*Frankiniella occidentalis*), y el minador de la hoja (*Lyriomisa sativae*) (SAGARPA, 2010).

Las enfermedades más comunes son: la podredumbre gris (*Botrytis cinerea*), tizón temprano (*Alternaria solani*), cenicienta (*Oidiopsis taurica*) y el tizón tardío (*Phytophthora infestans*) (Félix, 1993). El tomate no es una de las principales hortalizas cultivadas en el estado de Yucatán, porque los productores lo consideran complicado para su manejo agrícola (Ek, *et al.*, 2015).

En el 2015 se sembró un total de 173.66 ha en Yucatán de las cuales se cosecharon 163.5 ha con una producción de 2530.48 toneladas (INEGI, 2015). En la actualidad se ha logrado un rendimiento de 45.6 ton/ha⁻¹ con un sistema de producción de manejo integrado, sin embargo, en el sur del estado se ha implementado nuevas técnicas para el desarrollo de una agricultura moderna y competitiva, para buscar una nutrición donde se mezcle lo tradicional con nutrientes a base de microorganismos biológicos, que además de ayudar en la nutrición de las plantas recupera los problemas del uso excesivo de los productos organosintéticos usados en la agricultura.

El objetivo del presente estudio fue evaluar el rendimiento del tomate saladette (*Lycopersicon solanum* Jacq.) implementando el uso de bacterias benéficas (*Rhodopseudomonas palustris*, *Bacillus amyloliquefaciens* y *Bacillus subtilis*), para disminuir el uso de sustancias tóxicas, los costos de producción y aumentar los rendimientos de producción.

Justificación

La producción intensiva de tomate demanda gran cantidad de insumos organosintéticos, causando grandes problemas al medio ambiente y la salud de productores y consumidores. Por lo mencionado anteriormente, se buscan nuevas alternativas para mejorar la agricultura y evitar la prececia de los factores que afectan la salud, como es el uso de productos de origen orgánicos que no dañan al ambiente y la salud de los productores. Sin embargo, la lucha cada vez se vuelve más difícil, porque los productores cada vez se aferran al uso de los productos agroquímicos por su fácil aplicación y efectividad.

Entre la búsqueda de nuevas alternativas está el uso de los fertilizantes de origen orgánico, entre ellos el uso de bacterias benéficas para evitar el ataque de enfermedades en el cultivo disminuira la incidencia de enfermedades fungicas y bacterianas, esto a la vez disminuye el uso de fertilzantes sintéticos e incrementa los rendimientos de producción.

Problema

En la península de Yucatán el uso indiscriminado de los productos químicos no es la excepción. Cada año en el estado se incrementa de la superficie cultivada y esto demanda grandes cantidades de fertilzantes, insecticidas y fungicidas de origen sintético que dañan el medio ambiente y la salud humana, esta práctica traen consigo, como intoxicaciones de trabajadores, contaminación del manto freatico, resistencia de plagas y enfermedades a los agroquímicos. Con lo mencionado anteriormente la Universidad Tecnológica del Mayab, busca estrategias para disminuir el uso excesivo de los agroquímicos y concientizar a los productos de la región los problemas que traen los agroquímicos a la agricultura.

Hipótesis

La aplicación de bacterias benéficas en el suelo ayuda a la fertilización del cultivo e incrementa los rendimientos de producción.

Objetivos

Objetivo General

Evaluar el rendimiento del cultivo de tomate bajo un sistema de producción utilizando microorganismos benéficos.

Objetivos específicos

- Comparar dos sistemas de producción de tomate con diferentes fechas de siembra, en donde a un sistema no se le aplicó microorganismos.
- Evaluar los rendimientos de producción del cultivo.
- Aplicar microorganismos benéficos Quantun VFS y Quantun Ligh para obtener productos de calidad.

Marco Teórico

Origen

Acerca del origen del tomate se tiene la seguridad de tres aspectos: primero, el tomate cultivado se originó en el nuevo mundo, ya que todas las especies silvestres relacionadas con el tomate son nativas de la región andina que hoy comparten Chile, Colombia, Ecuador, Bolivia y Perú; segundo, el tomate alcanzó un avanzado estado de domesticación antes de ser conocido en Europa, ya que grabados pertenecientes a los herbarios más antiguos revelan que los primeros tipos cultivados en Europa tenían frutos grandes (en todas las especies silvestres el fruto es pequeño); y tercero, el antecesor más directo del tomate, cereza silvestre (*L. esculentum* variedad cerasiforme) está ampliamente distribuido en toda la América tropical y subtropical y a lo largo de los trópicos del viejo mundo.

México es considerado como la región probable de domesticación aunque se desconoce con exactitud la época y lugar. Sin embargo, la comparación de las variantes enzimáticas hereditarias, revelan una similitud mucho mayor entre las variedades europeas, tomates silvestres de México y América Central.

Asimismo, la región Andina es otro probable Centro de domesticación e irradiación del género *Lycopersicon*, a pesar de que en este lugar el tomate carece de nombre nativo, en tanto que en México se conoce en la lengua náhuatl como tomatl, término que es sin duda el origen del nombre moderno.

Clasificación botánica según Medellín (1980)

Reino: Vegetal
 División: Spermatophyta
 Subdivisión: Fanerógama
 Clase: Angiosperma
 Subclase: Dicotiledónea
 Super orden: Sympétala
 Orden: Tobiflorales
 Familia: Solanácea
 Género: *Lycopersicon*
 Especie: *Esculentum* Mill

Requerimientos climáticos

El tomate se produce muy bien en regiones áridas y semiáridas con riego, no tolera heladas; su temperatura óptima para el desarrollo es de 21 a 24°C, cuando la temperatura media pasa de 27°C las plantas no prosperan adecuadamente. Altas temperaturas y vientos secos dañan las flores y entonces el fruto no cuaja bien. La temperatura óptima durante el día es de 22°C y de 16°C durante la noche; el tiempo aproximado de la siembra de la semilla a la emergencia de la plántula varía entre seis y doce días.

Tecnología de producción para la Península de Yucatán

La fecha óptima de siembra para el tomate es de mediados de septiembre a mediados de enero, ya que durante este período se presentan las condiciones climáticas que le son más favorables como son: temperatura, cantidad de horas luz y humedad ambiental.

Es en este período cuando las variedades mejoradas y los híbridos expresan mejor su potencial genético y se obtienen los mejores rendimientos. Además, presentan menos problemas de plagas, principalmente la mosquita blanca (*Bemisia tabaci*) y enfermedades como el tizón temprano (*Alternaria solani*) y el tizón tardío (*Phytophthora infestans*).

Después de esta fecha se presentan problemas de amarre de fruto debido a que la floración coincide con temperaturas altas (mayores de 36 °C), las cuales provocan que el polen pierda rápidamente su viabilidad y no alcance a fecundar a los óvulos del ovario, lo cual provoca la caída de la flor.

Manejo de plagas

La resistencia de los insectos y patógenos hacia los plaguicidas sintéticos que se utilizan para su combate, así como su impacto negativo en el ambiente, ha obligado al ser humano a minimizar su impacto mediante su uso racional, al manejar adecuadamente el concepto “práctica correcta en el uso de plaguicidas” que consiste en el reconocimiento oportuno de la plaga, selección del producto adecuado, aplicación de la dosis adecuada en el tiempo oportuno y con la técnica de aplicación adecuada y bajo las medidas de seguridad pertinentes. Otros conceptos importantes que se están tomando en cuenta son: residuo de plaguicidas, persistencia, toxicidad, límite máximo de residuos e intervalos de seguridad (Bautista *et al.*, 2002).

No obstante, estas acciones son aún insuficientes y no generalizadas, por lo que es necesario e imperativo generar estrategias y herramientas de manejo que suplan total o parcialmente, a los insecticidas convencionales que sean menos peligrosas al ambiente y al ser humano, y que usadas dentro de un contexto de manejo integrado conlleven a una producción rentable y sustentable (Bautista *et al.*, 2002).

Dentro de las alternativas, el uso de productos ecológicamente amigables así como los agentes de control biológico y control orgánico juegan y jugarán en un futuro no lejano, un papel importante en la protección vegetal. El desarrollo de insumos para la protección vegetal de última generación se ha definido como “eco- racionales” o “bio- racionales” (Bautista *et al*, 2002).

Producto microbiano

El producto microbiano es un consorcio bacteriano de propiedades únicas que ofrece una selección de microorganismos heterótrofos, anaeróbicos y fotosintéticos que generan factores de crecimiento naturales, aumentan la biología del suelo e impulsan la función energética de la planta. Este consorcio microbiano maximiza la fotosíntesis de las plantas e incrementa la reserva adicional de energía proveniente de nutrientes, carbono y luz. Quantum Light no contiene componentes húmicos. Este revolucionario descubrimiento es el núcleo de los productos.

Las bacterias principales son *Rhodopseudomonas palustris* que fija el nitrógeno atmosférico y el carbono. Se puede aplicar a la zona radicular o a nivel foliar. El producto funciona para cualquier tipo de cultivo. Es eficaz en la aplicación a través de cualquier sistema de riego convencional como Centro de Pivote, Pulverizador de Velocidad, Sistemas de Inyección de Riego, Inmersión de raíz, Pulverizador de Mochila o regadera.

Microtúneles (túneles pequeños)

Los microtúneles son pequeñas estructuras, sencillas, de fácil instalación y económicamente accesibles, que soportan la malla o pantalla que provee protección temporal al cultivo.

En general, son utilizados para proteger los cultivos en sus primeras etapas, contra los agentes climáticos, plagas y enfermedades. La estructura del túnel está conformada por una hilera de arcos (pueden ser de tubos, mangueras o alambre grueso) entre los cuales se tiende la malla facilitando su apertura durante las horas diurnas. Poseen una altura que varía de 0.5 a 1 m, cubriendo una o más hileras de cultivo. En ellos las prácticas culturales se efectúan desde el exterior. Las ventajas de los microtúneles son muchas, entre ellas podemos mencionar:

- Protección a los cultivos de la lluvia, viento, granizo, heladas, insectos, pájaros, gallinas entre otros.
- Reducción en el uso de agroquímicos, lo que incide en la disminución de los costos de producción.
- Aumenta los rendimientos y la calidad de las cosechas.
- Mantiene las temperaturas del aire y del suelo permitiendo un mejor desarrollo de las plantas.
- Se pueden obtener cosechas en casi cualquier época del año y en algunos casos en menos tiempo, alcanzando mejores precios en el mercado.

Metodología de Investigación

El trabajo de investigación se llevó a cabo en la Universidad Tecnológica del Mayab, ubicada en carretera federal Peto- Santa Rosa km 5 Peto, Yucatán. La Universidad Tecnológica del Mayab se encuentra en el municipio de Peto, ubicada a 180 km de la ciudad de Mérida, capital del estado, al sur de Yucatán; comprendido entre los paralelos 19° 47' y 20° 19' de latitud norte y los meridianos 88° 35' y 88° 59' de longitud oeste; posee una altura promedio de 35 msnm. Limita al norte con Yaxcabá – Tahdziú; al sur con el estado de Quintana Roo; al este con Chikindzonot y al oeste con Tzucacab.

La superficie es plana, clasificada como llanura de barrera con piso rocoso o cementado, complejo. No existen corrientes superficiales de agua. Sin embargo, en el subsuelo se forman depósitos comúnmente conocidos como cenotes. Respecto al clima, la región está clasificada como cálida sub-húmeda, con lluvias en verano. Tiene una temperatura media anual es de 26.4 °C. y su precipitación pluvial media anual de 82.9 milímetros. Los vientos dominantes provienen en dirección sureste-noreste. Está constituido por terrenos de la era terciaria. Estos son permeables y altos en materiales consolidados, sub-explotados. La composición de suelo corresponde al tipo luvisol.

Implementación del cultivo

La preparación del terreno consistió en los siguientes pasos:

- a. Limpieza del terreno: se eliminaron de manera manual las malezas, piedras y restos de maderas que no se quemaron por completo. Todos los residuos fueron depositados fuera del área del experimento. Al terminar la limpieza se prosiguió a la medición de donde se ubicarían las parcelas experimentales.
- b. Medición de las camas de cultivo y labranza: se midió el terreno y se determinaron los surcos que se utilizarían, la distancia entre surco fue de 1.5 m, tomando en cuenta esta medida para la instalación de los microtúneles. Posteriormente se aró sólo las camas donde se sembró las plantas de chile habanero. Se utilizó un motocultor para la remoción del suelo.
- c. Instalación del sistema de riego: para el riego se utilizó un sistema por goteo con emisores cada 20 cm, que se adaptaron a una tubería principal de 1.5" pulgadas, las líneas regantes (cintillas) se ubicaron a una distancia de 1.5m una de otra.
- d. Instalación de los microtúneles: se utilizó un sistema de agricultura protegida por medio de microtúneles, para construir el sistema se utilizó poliducto de ½ pulgada, con 1.8 m de largo para los arcos, la distancia entre cama de siembra fue de 1.5 m para la facilitar la instalación de los microtúneles. La distancia entre cada arco fue de 2.5 m, se utilizó rafia tomatera para el soporte de las mallas en los microtúneles.
- e. Siembra: Se realizaron dos fechas de siembra diferente. El primero fue en el periodo de Marzo-Junio 2016 y Octubre 2016-Enero 2017. La superficie sembrada fue 1400 m² la distancia de siembra fue de 40 cm y en total se sembró 2000 plántulas. Se utilizó el mismo manejo y sistema de producción en los dos periodos se siembra, pero en el periodo Octubre 2016-Enero 2017 fue donde se aplicaron los microorganismos. En el periodo Marzo-Junio 2016, el manejo agronómico fue de manera convencional donde se utilizó una fertilización balanceado aplicado por medio de fertirriego con un inyector de Venturi, el tratamiento de fertilización utilizado fue 100-175-100 kg/ha⁻¹ de N, P y K, dicho tratamiento fue ajustado tomando en cuenta el análisis de suelo y agua.

Tratamientos

En el periodo Octubre 2016-Enero 2017 el manejo agronómico fue de manera integrada donde se utilizaron productos a base de materiales orgánicos para el control de plagas y enfermedades y microorganismos para mejorar el rendimiento del cultivo y cuidado de los suelos. Después de los 45 días después de la siembra se descubrieron las plantas quitando completamente las mallas que lo protegían.

Los tratamientos se aplicaron según la etapa fenológica del cultivo una por semana (Tabla 1).

Aplicación	Dosis	Especificación
Primera aplicación	2.35 Litros de Quantum Light + 2.35 Litros de Quantum VSC	Al trasplante a nivel radicular
Segunda aplicación	1.15 Litros de Quantum Light + 1.15 Litros de Quantum VSC	Antes de la etapa de floración a nivel radicular
Tercera aplicación	1.15 Litros de Quantum Light + 1.15 Litros de Quantum VSC	Durante la etapa de fruto a nivel radicular
Aplicaciones de mantenimiento	1.15 Litros de Quantum Light + 1.15 Litros de Quantum VSC	Cada 15 días a nivel radicular, repitiendo a lo largo de la etapa de cosecha

Tabla 1 Productos con microorganismos utilizados para el cultivo de tomate saladet

El producto utilizado es un consorcio microbiano de amplio alcance que tiene como base la tecnología de Quantum, adicionando a ésta microorganismos formadores de esporas cuidadosamente seleccionados por su alta eficiencia para descomponer elementos orgánicos acumulados normalmente en el suelo.

El producto utilizado posee las siguientes especificaciones: 0.25% *Rhodopseudomonas palustris* 2.5E+6 UFC/ML, 0.75% *Bacillus amyloliquefaciens* 1.0E+8 UFC/ML, 0.25% *Bacillus subtilis* 3.3E+7 UFC/ML, gravedad Específica: 1.4, tamaño de Partícula: 1100% a través de 100 de malla, pH: 6.5-8.0, apariencia: Líquido negro/marrón oscuro, no contiene organismos genéticamente modificados, ni bacterias patógenas, no contiene productos químicos ni hormonas, no tóxico para humanos, animales ni plantas, 100% Natural y Biodegradable

Las variables que se midieron fueron: altura de la planta, número de frutos por planta y peso del fruto y el rendimiento en las dos etapas de siembra Marzo-Junio 2016 y Octubre 2016-Enero 2017. Se realizaron muestreos para comprobar la efectividad del producto orgánico en el cultivo cultivo. El testigo fue una línea de siembra sin cubrir en ambos casos. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar, se realizó el análisis de varianza y la comparación múltiple de medias por el método de Tukey ($P \leq 0.05$).

Resultados

Se realizaron dos periodos de siembra en el cultivo de tomate, el primero fue en Marzo-Junio 2016 y Octubre 2016-Enero 2017. En ambos casos el manejo agronómico del cultivo fue el mismo, a excepción del segundo periodo que fue donde se implementaron los microorganismos al suelo, con referente a la altura de la planta si hubo diferencia significativa en las diferentes etapas de siembra (Grafico 1).

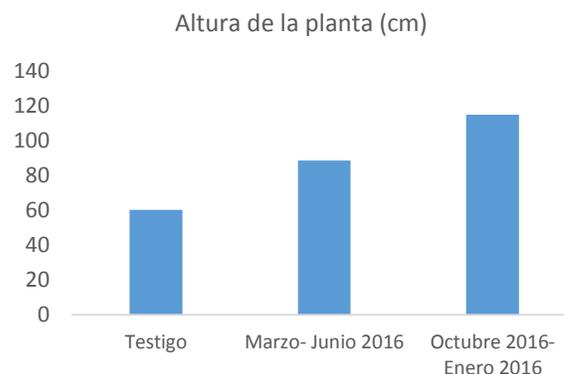


Grafico 1 Altura promedio de la planta de tomate saladet en diferentes fechas de siembra (Tukey $P \leq 0.05$)

El periodo Octubre 2016- Enero 2017 fue el que obtuvo mayor altura con un promedio de 118.5 m de altura. Este resultado fue debido al manejo al uso de los microorganismos en el suelo.

Con este resultado se demuestra que las plantas inoculadas con algún microorganismo que estimule su crecimiento y desarrollo, presentan una mayor capacidad para absorber más eficientemente el agua y los nutrientes del suelo a través del estímulo provocado en el sistema radical, que se evidencia en el estado nutricional de las plantas.

En el peso del fruto también hubo diferencia significativa entre periodos de siembra. En Octubre 2016- Enero 2017 fue donde se alcanzó un peso de 58.2 gr, sin embargo el periodo Marzo-Junio 2016 tuvo un promedio de 55.3 gr, este promedio es casi igual al mejor tratamiento, esto quiere decir que también para este ciclo se logró un buen peso de fruto (Grafico 2).

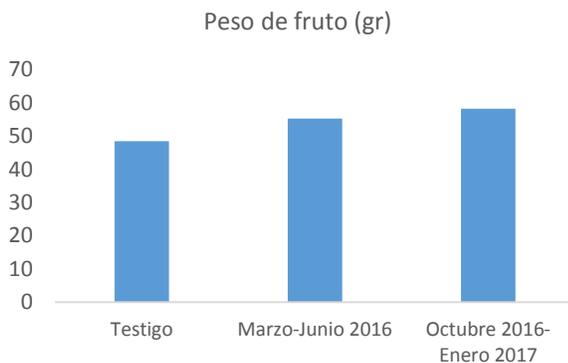


Grafico 2 Peso promedio del fruto en diferentes fechas de siembra (Tukey $P \leq 0.05$)

Con respecto al rendimiento, en el periodo octubre 2016-enero2017 el rendimiento fue de 5.5 ton por la superficie sembrada (Grafico 3), se incrementó los rendimientos de producción, esto se debió al uso de los microorganismos y también se disminuyó el uso de los fertilizantes sintéticos y los costos de producción en el cultivo

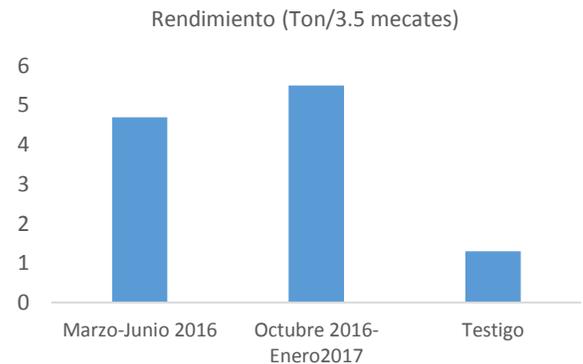


Grafico 3 Rendimiento promedio en diferentes fechas de siembra (Tukey $P \leq 0.05$)

Hernández (2005), realizaron una investigación con microorganismos donde tuvieron un efecto positivo sobre el crecimiento de las plántulas, así como en el estado nutricional de las plantas, con un rendimiento agrícola superior a un 11% con respecto a las plantas testigo. Se obtuvo un alto nivel poblacional en la rizosfera de las plantas inoculadas. El mayor rendimiento que se obtuvo fue de $35.12 \text{ ton/ha}^{-1}$, estos resultados fueron menores a los obtenidos en esta investigación, en el periodo octubre 2016-enero2017 se obtuvo un rendimiento de 39.2 ton/ha^{-1} , en consideración con la superficie sembrada en esta investigación.

El uso de los microorganismos estimula positivamente el crecimiento, desarrollo y rendimiento en el cultivo del tomate a partir de una alta colonización. Este resultado apoya el criterio de selección de esta especie como una alternativa eficiente para la producción del cultivo del tomate.

Conclusiones

Usar microorganismos en el suelo favorece la nutrición y desarrollo de las plantas, también ofrece nuevas alternativas para incrementar el rendimiento y mejorar la eficiencia del uso de los fertilizantes minerales.

La aplicación de bacterias del género *Rhodopseudomonas palustris*, *Bacillus amyloliquefaciens* y *Bacillus subtilis* incrementan el rendimiento del tomate saladette (*Solanum lycopersicum* Jacq) y ayuda a disminuir los costos de producción cuando se emplea dentro de una fertilización convencional.

Referencias

Ek, U. A. O; Jiménez, C. J. J. A; Chi, G. M. M; Castillo, L. E. (2015). *Uso de microtúneles para el control de plagas y enfermedades en el cultivo de tomate (Solanum lycopersicum) en el sur de Yucatán, México*. Memorias del segundo congreso internacional de agricultura Urbana, suburbana y Familiar, La Habana Cuba. Agrotecnia de Cuba. Vol. 39, No. 3., Pag. 71-73.

Félix, G.R. 1993. *Control de Tizón tardío Phytophthora infestans en tomate industrial considerando la influencia de algunos factores ambientales para el uso de fungicidas*. Memorias XX Congreso Nacional de Fitopatología. Sociedad Mexicana de Fitopatología. Resumen 31 pp.

Hernández, A. 2003. *Microorganismos benéficos como biofertilizantes eficientes para el cultivo del tomate (Lycopersicon esculentum, Mill)*. Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal. Rev. Colomb. Biotecnol. Vol. VII No. 2 Diciembre 2005 47-54.

Mejía, G. 1995. *Agricultura para la vida: movimientos alternativos frente a la agricultura química*. Cali, Colombia: Feriva, 252

SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación), 2010. *Monografía de cultivos "Jitomate", Subsecretaría de Fomento a los agronegocios*. 10 p. Disponible en línea: <http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/pablo/Documentos/Monografias/Jitomate.pdf> (consulta abril 18, 2013).

Interacción genotipo ambiente en cruzamientos varietales de maíz para los estados de Veracruz y Tabasco, México

SIERRA-MACÍAS, Mauro*†, RODRÍGUEZ-MONTALVO, Flavio Antonio, GÓMEZ-MONTIEL, Noel, y ANDRÉS-MEZA, Pablo

Recibido Enero 15, 2017; Aceptado Marzo 10, 2017

Resumen

Durante el ciclo primavera verano 2016 se condujo un experimento de cruzas varietales de maíz en las localidades de Cotaxtla y Carlos A. Carrillo en el estado de Veracruz y Huimanguillo en el estado de Tabasco. El experimento se distribuyó bajo un diseño alpha látice 7x4 con 28 tratamientos y tres repeticiones en parcelas de dos surcos de 5 m de largo con una densidad de 62,500 pl ha⁻¹. Del análisis de varianza combinado para las tres localidades, se encontró significancia estadística al 0.01 de probabilidad para Genotipos (G), para Ambientes (A) y para la interacción GxA. De los 28 híbridos varietales y de acuerdo con los parámetros de estabilidad, 25 fueron caracterizados como estables, uno con buena respuesta en ambientes favorables y consistente y dos con respuesta mejor en buenos ambientes pero inconsistente. Las cruzas varietales sobresalientes al 0.01 de probabilidad, fueron SINT-2BxVS-536, SINT-3BxSINT-1BQ, SINT-4B xVS-536, SINT-4BxSINT-2B, SINT-5BxVS-537C, con rendimiento de grano de 7.1 a 7.8 t ha⁻¹, mismos que superaron de un 6 a 17% al testigo comercial H-520; estas cruzas registraron planta y mazorca baja, buen aspecto y sanidad de planta y de mazorca, con buena cobertura de mazorca y bajo porcentaje de mazorcas podridas.

Heterosis, cruzas varietales, *Zea mays* L

Abstract

During the spring summer season in 2016, there were conducted an experiment of varietal crosses of maize in Cotaxtla and Carlos A. Carrillo in Veracruz state and huimanguillo in Tabasco state. The experiment was distributed in Alpha lattice design 7x4 with 28 entries and three replications in plots of two rows 5 meters long and 62,5 plants per hectare. From the combined analysis for the three locations, there was found high significant difference for Genotypes (G), For Environments (E), and for Interaction GxE. From the 28 varietal hybrids and according with the stability parameters, 25 were characterized as stables, one of them had good response in favorable environments and was consistent and two of them with better response in good environments but inconsistent. The best yield for varietal crosses at 0.01 of probability were SINT-2BxVS-536, SINT-3BxSINT-1BQ, SINT-4BxVS-536, SINT-4BxSINT-2B, SINT-5BxVS-537C, with 7.1 a 7.8 t ha⁻¹, of grain yield, which besides had from 6 to 17 % more grain yield than the commercial check H-520, these crosses registered short plant and ear height, good plant and ear aspect and sanity, good husk cover and low percentage of ear rot.

Heterosis, varietal crosses, *Zea mays* L

Citación: SIERRA-MACÍAS, Mauro, RODRÍGUEZ-MONTALVO, Flavio Antonio, GÓMEZ-MONTIEL, Noel, y ANDRÉS-MEZA, Pablo. Interacción genotipo ambiente en cruzamientos varietales de maíz para los estados de Veracruz y Tabasco, México. Revista de Operaciones Tecnológicas. 2017. 1-1:10-16.

† Investigador contribuyendo como primer autor.

*Correspondencia al Autor Correo Electrónico: sierra.mauro@inifap.gob.mx

Introducción

En México, el cultivo de maíz es el más importante por ser el alimento principal de la población, por su superficie sembrada, valor de la producción y ocupar el 20% de la población económicamente activa (Betanzos *et al.*, 2003; SAGARPA, 2012). El uso principal es en la alimentación humana con un consumo *per cápita* aparente de 209.8 kg. (Morris y López, 2000). En la región tropical del país se siembran 3.2 millones de hectáreas de maíz, de las cuales un millón están comprendidas en provincias agronómicas de buena y muy buena productividad y 100 mil hectáreas son sembradas bajo condiciones de riego, en las cuales, es factible el uso de semilla mejorada de híbridos y variedades sintéticas con mejor rendimiento bajo condiciones favorables de clima suelo y manejo por parte de los agricultores (Sierra *et al.*, 2004).

En el uso de semilla híbrida se aprovecha la heterosis en la producción de maíz al cruzar progenitores con relativa divergencia genética (Reyes, 1985; Gómez 1986; Vasal *et al.*, 1992a; Vasal *et al.*, 1992b). Reyes (1971), usó el patrón heterótico Trópico húmedo x Trópico seco en la formación de los híbridos H-503 y H-507. Sierra *et al.*, (2004), usaron como probadores líneas endogámicas con buena aptitud combinatoria específica (ACE), LT154, LT155, CML247, CML254, las cuales permitieron identificar líneas avanzadas y separar grupos heteróticos.

En el mejoramiento de maíz para el trópico se generan subproductos que son variedades de polinización libre, variedades sintéticas e híbridos de maíz (Sierra *et al.*, 2014). En híbridos es importante identificar progenitores con buena aptitud combinatoria, buen rendimiento *per se* y facilidad en la producción de semilla (Sierra *et al.*, 1992; Reyes 1985; Vasal *et al.* 1994).

Las cruas varietales representan una alternativa en la producción de maíz debido a la heterosis al cruzar dos variedades de polinización libre y es rentable la producción de semilla (Reyes, 1985).

La adaptabilidad de los genotipos permite conocer la respuesta a los diferentes ambientes definidos por el clima, el suelo y el manejo agronómico, (Eberhart y Russell, 1966). La interacción genotipo ambiente es el comportamiento relativo diferencial que exhiben los genotipos cuando se les somete diferentes ambientes (Márquez, 1992). El modelo de Eberhart y Russell (1966), utiliza el coeficiente de regresión para medir la respuesta de una variedad a distintos ambientes y desviación de regresión, que mide la consistencia de dicha respuesta. Variedad estable es aquella con coeficiente de regresión igual a 1 y desviación de regresión igual a 0. El modelo estadístico es:

$$Y_{ij} = \mu_i + b_i I_j + d_{ij} \quad (1)$$

Donde:

Y_{ij} = Media de la variedad i en el ambiente j
 μ_i = Media de la variedad i en todos los ambientes
 b_i = Coeficiente de regresión
 I_j = Índice ambiental
 d_{ij} = Desviación de regresión

Este modelo fue utilizado por Carballo y Márquez (1970) para clasificar la adaptabilidad de las variedades (Cuadro 1).

Cat	β_i	$S^2 d_i$	Descripción
A	=1	=0	Variedad estable
B	=1	>0	Buena respuesta en todos los ambientes pero inconsistente
C	<1	=0	Responde mejor en ambientes desfavorables y consistente
D	<1	>0	Responde mejor en ambientes desfavorables e inconsistente
E	>1	=0	Responde mejor en buenos ambientes y consistente

F	>1	>0	Responde mejor en buenos ambientes e inconsistente
Cat= Categoría, β_i = Coeficiente de regresión, S^2_{di} = Desviación de regresión			

Tabla 1 Clasificación de variedades, coeficientes de regresión y las desviaciones de regresión

Durante los últimos años se generaron híbridos y variedades con buen rendimiento, adaptados al trópico húmedo del Sureste del país, entre ellos H-520, VS-536, H-519C, V-537C, V-556AC y H-564C. (Sierra *et al.*, 1992b; Sierra *et al.*, 2008; Sierra *et al.*, 2004).

Objetivos

Conocer el rendimiento, adaptabilidad y las características agronómicas de cruza varietales de maíz en los estados de Veracruz y Tabasco
Conocer la interacción genotipo ambiente de las cruza varietales

Materiales y métodos

Localización

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el ciclo primavera verano 2016 en las localidades Campo Experimental Cotaxtla, CBTA 84 de Carlos A. Carrillo en Veracruz y Huimanguillo en el estado de Tabasco con clima Aw1, Aw2 y Am para cada localidad, respectivamente, las cuales, de acuerdo con la clasificación climática de Köppen modificada por García (1981), corresponden a los climas cálido húmedo y subhúmedo zonas representativas donde el cultivo de maíz es importante.

Germoplasma utilizado

El germoplasma de maíz utilizado en la presente investigación son cruza varietales de maíz formadas con variedades sintéticas experimentales pertenecientes a la raza Tuxpeño

Descripción de los experimentos

Durante el ciclo primavera verano 2016 se condujeron experimentos de cruza varietales de maíz, bajo diseños alpha látice 7x4 con 28 tratamientos y tres repeticiones en parcelas de dos surcos de 5 m de largo en densidad de 62,500 pl ha⁻¹

Variables

Las variables registradas fueron días a floración masculina y femenina, altura de planta y de mazorca, aspecto y sanidad de planta de mazorca, plantas acamadas, enfermedades; a la cosecha se registraron las variables de rendimiento de grano, pudrición de mazorca, humedad de grano.

Métodos estadísticos

Los diseños utilizados fueron Alpha látice 7x4 con 28 tratamientos y tres repeticiones. Se realizó un análisis individual para cada experimento y un análisis combinado de las cruza varietales en los tres ambientes de evaluación (Reyes, 1990), para caracterizar las cruza varietales en función de su respuesta los ambientes se hizo el análisis de parámetros de estabilidad de Eberhart y Russell (1966). Las variables registradas fueron analizadas estadísticamente y la separación de medias fue con la DMS al 0.05 y 0.01 de probabilidad.

Resultados y discusión

Del análisis de varianza combinado para las cruza varietales (Cuadro 2), se encontró significancia estadística al 0.01 de probabilidad para Genotipos (G), para localidades (A) y para la interacción GxA, siendo más importante la varianza debida al factor localidades.

Así también, el coeficiente de variación registrado fue de 12.78% valor relativamente bajo, que sugiere que el manejo de los experimentos y los datos obtenidos son confiables (Reyes, 1990).

De los 28 híbridos varietales evaluados y de acuerdo con los parámetros de estabilidad, 25 fueron caracterizados como estables, uno de ellos con buena respuesta en ambientes favorables y consistente y dos con respuesta mejor en buenos ambientes pero inconsistente (Eberhartt y Russell, 1966; Carballo y Márquez, 1970).

Fuente Variación	GL	CM
Genotipos (G)	27	2193557**
Ambientes (A)	2	122914605**
Interacción GxA	54	2124543**
Error	162	706816
CV		12.78%

B=Ciclo primavera verano; GL=Grados de libertad; CM=Cuadrados medios; CV= Coeficiente de variación

Tabla 2 Análisis combinado de cruzas varietales de maíz. Veracruz y Tabasco. 2016B

De las cruzas varietales estables, fueron sobresalientes al 0.01 de probabilidad, las cruzas SINT2BxVS-536, SINT3BxSINT1BQ, SINT4BxVS-536, SINT4BxSINT-2B, SINT-5BxVS-537C, con rendimiento de grano de 7.1 a 7.8 t ha⁻¹, mismos que superaron de un 6 a 17% al testigo comercial H-520 (Cuadro3), lo que los ubica como genotipos “deseables”, con la ventaja de mantener solamente dos progenitores variedades de polinización libre con mayor facilidad y rentabilidad de semilla;

Trat	Cruza	Cot	Huim	Carr	Prom	% Rel	Desc
1	SINT2BxVS-536	7993	6344	9157	7831*	117	E
18	SINT3BxSINT1BQ	7730	6007	7972	7236**	108	E
14	SINT4BxVS-536	8674	6053	6899	7208**	108	E
17	SINT4BxSINT2B	7635	5833	8107	7191**	107	E
9	SINT5BxV-537C	7246	5792	8296	7111**	106	E
12	SINT4BxSINT3B	7343	5019	8595	6985	104	E
8	SINT4BxSINT1BQ	7508	5033	8098	6879	103	E
20	VS-536xVS-537C	7140	5228	8134	6834	102	E
15	SINT5BxSINT1BQ	7009	4565	8541	6705	100	E
28	H-520	7419	5922	6736	6692	100	E
16	SINT5BxVS-536	7030	4858	8166	6685	100	E
23	SINT3B	7018	4355	8470	6615	99	E
11	SINT3BxSINT2B	7730	6055	6055	6613	99	E
3	SINT5BxSINT4B	7099	5123	7600	6607	99	E
21	SINT1BQ	8183	4572	7038	6598	99	E
19	SINT2BxVS-537C	7745	5127	6891	6587	98	E
7	SINT5BxSINT3B	7335	4911	7370	6539	98	BAC
6	SINT3BxVS-537C	6686	5420	7409	6505	97	E
13	SINT1BQxVS-536	6765	5394	7335	6498	97	E
2	SINT5BxSINT2B	7554	5708	6084	6449	96	E
10	SINT2BxSINT1BQ	7776	4815	6157	6249	93	E
24	SINT4B	6222	4563	7694	6160	92	E
22	SINT2B	7354	4764	6257	6125	92	E
27	V-537 C	5221	4220	8917	6120	91	BAI
26	VS-536	6951	4622	6507	6027	90	E
4	V-537CxVS-536	7123	5685	4458	5755	86	BAI
25	SINT5B	6999	4137	6071	5736	86	E
5	SINT4BxVS-537C	7166	5029	4969	5722	86	E
	PROMEDIO	7273.2	5184	7285.1	6580.8		
	CV	12.78					
	DMS 0.05	549.27					
	DMS 0.01	721.85					

Trat=Tratamiento, Cot=Cotaxtla, Huim=Huimanguillo, Carr=Carlos A. Carrillo, Prom=promedio, % Rel=Porcentaje relativo, E=Estable; BAI=Respuesta mejor en buenos ambientes pero inconsistente; BAC=Respuesta mejor en buenos ambientes y consistente

Tabla 3 Rendimiento y estabilidad de cruzas varietales de maíz. Veracruz y Tabasco 2016

Así también, se observa en estos cruzamientos la presencia de la variedad VS-536, de mayor uso comercial en el sureste de México (Sierra *et al.*, 1992b).

Indices ambientales

Los índices ambientales, de acuerdo con Eberhart Russell (1966), las localidades de Cotaxtla, y Carlos A. Carrillo, Ver., registraron valores positivos promedio con 7273 y 7285 kg ha⁻¹, para cada localidad respectivamente, mientras que la localidad de Huimanguillo Tabasco registró los endimientos medios más bajos con un valor para el índice ambiental negativo (-1397) (Tabla 4).

Ambiente	Rend Kg ha ⁻¹	Índices
Cotaxtla, Ver	7273	692
Carlos A. Carrillo, Ver.	7285	704
Huimanguillo, Tab	5184	-1397
Promedio	6581	

Tabla 4 Índices ambientales en evaluación de cruza varietales. CIRGOC 2016B

Estas cruza varietales registraron ciclo biológico intermedio con 51 a 53 días a floración masculina, altura de planta y mazorca baja con 217 a 255 cm y de 108 a 132 cm para altura de planta y mazorca, respectivamente, presentan buen aspecto y sanidad de planta y de mazorca, tolerantes al acame, con buena cobertura de mazorca, bajo porcentaje de mazorcas podridas y con buena posición de la mazorca lo que les permite mayor tolerancia al acame (Tabla 5).

Trat	Genealogía	Días a flor	Alt pl	Asp pl	Asp mz	San pl	San mz	% acame	% cob
1	SINT-2BxVS-536	51	238	1.7	2.3	1.8	2.2	7.43	0.79
2	SINT-5BxSINT-2B	52	225	2.3	2.2	2.5	2.2	8.12	9.41
3	SINT-5B X SINT-4B	53	237	2.7	2.7	2.3	2.3	12.26	9.15
4	V-537C X VS-536	51	227	2.2	2.8	2.3	2.3	16.5	2.98
5	SINT-4B X VS-537C	51	223	2.5	2.5	2.2	2.5	8	4.14
6	SINT-3B X VS-537C	52	245	2.5	2.5	2.5	2.7	5.03	4.45
7	SINT-5B X SINT-3B	52	227	2.3	2.7	2.3	2.2	7.05	6.03
8	SINT-4B X SINT-1BQ	52	235	2	2.2	2	2.2	3.34	0.67
9	SINT-5B X VS-537C	51	225	2.3	2.2	2.3	2.2	5.9	5.02
10	SINT-2BxSINT-1BQ	52	222	2.2	2.2	2.3	2.2	5.79	2.9
11	SINT-3BxSINT-2B	52	225	2.5	2.3	2.2	2.3	1.99	1.39
12	SINT-4B X SINT-3B	52	223	1.8	2.5	2.2	2.3	5.09	3.35
13	SINT-1BQ X VS-536	53	238	2.3	2.5	2.5	2.2	37.95	2.54
14	SINT-4B X VS-536	51	228	2.3	2.2	2.2	2.3	11.36	5
15	SINT-5B X SINT-1BQ	52	217	2.2	2.3	2.2	2.3	7.79	2.18
16	SINT-5B X VS-536	51	235	2.3	2.3	2.2	2.2	20.15	3.69
17	SINT-4B X SINT-2B	52	227	2.2	2.7	2.3	2.7	13.58	3.29
18	SINT-3BxSINT-1BQ	51	230	2.3	2.5	2.3	2.3	1.39	2.56
19	SINT-2B X VS-537C	51	255	2.2	2.2	2.7	2.2	15.26	8.99
20	VS-536xVS-537C	52	253	2.2	2.8	2.2	2.7	24.66	2.66

21	SINT-1BQ	51	220	2.3	2.2	2.7	2.2	0	3.27
22	SINT-2B	52	212	2.7	2.3	2.3	2.3	4.94	1.95
23	SINT-3B	51	242	2.5	2.8	2.5	2.3	4.77	8.82
24	SINT-4B	52	225	2.3	2.5	2.3	2.3	2.07	2.38
25	SINT-5B	52	223	2	2.3	2.3	2	3.98	8.83
26	VS-536	52	232	2.5	2.7	1.7	2.7	24.83	4.78
27	V-537 C	52	225	2.3	2.8	2.5	2.5	13.53	5.87
28	H-520	51	228	2.2	2.3	2	2.2	14.76	4.11

Trat=tratamiento, alt pl=Altura de planta, asp pl=Aspecto de planta, Asp mz=Aspecto de mazorca, San pl=Sanidad planta, San mz=Sanidad mazorca, % Cob=Porcentaje de mala cobertura % Pod=Porcentaje de mazorcas podridas

Tabla 5 Características agronómicas de cruza varietales de maíz. Cotaxtla 2016B

Conclusiones

Las cruza varietales con mejor rendimiento y características agronómicas fueron: SINT2BxVS-536, SINT3BxSINT1BQ, SINT4BxVS-536, SINT4BxSINT2B, SINT5BxVS-537C. En las cruza sobresalientes participa variedad VS-536, de mayor uso comercial en el sureste de México. De los 28 híbridos varietales, 25 fueron caracterizados como estables, uno de ellos con buena respuesta en ambientes favorables y consistentes y dos con respuesta mejor en buenos ambientes pero inconsistente

Las cruza varietales representan una ventaja importante en el mantenimiento de los progenitores, mayor rentabilidad y facilidad en la producción comercial de semilla.

Referencias

Betanzos M., E.; Gómez M., N.; Ortega C., A.; Peña R., A.; Preciado O., R.E.; Ramírez D., J.L.; Velásquez C., G. 2003. Propuesta de reorganización del programa nacional de mejoramiento genético de maíz del INIFAP. Documento de trabajo. INIFAP. 66 p.

Carballo, C., A. y Márquez, S. F. 1970. Comparación de variedades de maíz del Bajío y de la mesa Central por su rendimiento y estabilidad. *Agrociencia* 5(1): 129-146.

- Eberhart S.A. and Russell W.A. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 6: 36-40
- García., E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 3ª Ed. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geografía. México D.F. México. 252 p.
- Gómez M.N. 1986. Aptitud combinatoria de maíces tropicales y subtropicales en la región de transición baja de Guerrero. *Rev. Fitotecnia Mexicana* 8: 3-19.
- Márquez S., F. 1992. La interacción genético ambiental en genotecnia vegetal. *In: Memorias del simposium interacción genotipo ambiente en genotecnia vegetal del 26 al 27 de marzo en Guadalajara, Jal., México.* p. 1-27
- Morris M.L.; y López P., M.A. 2000. Impactos del mejoramiento de maíz en América Latina 1966-1997. México D.F. CIMMYT 45 p.
- Reyes 1990. Diseño de experimentos aplicados. Ed trillas 3ª Ed. México D.F. 348p
- Reyes C., P. 1985. Fitogenotecnia básica y Aplicada. AGT Editor S.A. México. 460 p.
- Reyes C., P. 1971. Genotecnia del maíz para tierra caliente. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. División de Ciencias Agropecuarias y Marítimas. Departamento de Agronomía. Monterrey, N.L. México. 138p.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) (2012) *Anuario estadístico de la producción agrícola de los estados unidos Mexicanos.* <http://www.siap.sagarpa.gob.mx> (Cons. 11/2014).
- Sierra, M. M.; Rodríguez, M. F. A., Palafox, C. A., Gómez, M., N.; Espinosa, C., A. 2014. Síntesis histórica del mejoramiento genético de maíz para el trópico húmedo de México. Cap. De Libro en Aportaciones en ciencias agronómicas y ambientales. Universidad Autónoma de Chapingo. p. 20-30
- Sierra M., M; Palafox C., A.; Rodríguez M., F.A.; Espinosa C., A.; Gómez M., N.; Caballero H., F.; Barrón F., S.; Zambada M., A.; y Vásquez C., G. 2008. H-520, híbrido trilineal de maíz para el trópico húmedo de México. *Agricultura Técnica en México* 34 (1): 119-122.
- Sierra M., M; Márquez S., F.; Valdivia B., R.; Córdova O., H.; Lezama G., R.; Pescador R., A. 2004. Uso de probadores en la selección de líneas para formar híbridos de maíz (*Zea mays* L). *Agric. Téc. Méx.* Vol 30 (2): 169-181
- Sierra M., M.; Rodríguez M.,F.A.; Castillo, G., R.A. y Márquez S., F. 1992. La aplicación de los parámetros de estabilidad en el mejoramiento de maíz de la región sur de México. *In: Memorias de Simposium de Interacción Genotipo-Ambiente en Genotecnia Vegetal del 26 al 27 de marzo de 1992.* Sociedad Mexicana de Fitogenética (SOMEFI). Guadalajara, Jal. p 239-260.
- Sierra M., M; Rodríguez M., F; Castillo G., R; Preciado O., R.E. y Márquez S., F. 1992b. VS-536 variedad sintética de maíz para el trópico de Veracruz y regiones similares. Folleto Técnico Núm. 2 Campo Cotaxtla. SARH. INIFAP. CIRGOC. 11 p.
- Vasal S., K.; Vergara N. y Mc Lean.S. 1994. Estrategias en el desarrollo de híbridos tropicales de maíz. *Agronomía Mesoamericana* 5: 184-189.

Vasal S., K; Srinivasan G. Crossa J. and Beck D.L.1992a. Heterosis and combining ability of CIMMYT's subtropical and temperate early maturity maize germplasm. Crop sci. 32(4): 884-890.

Vasal S., K; Srinivasan G. Han C., y Gonzalez F. 1992b. Heterotic patterns of eighty eight white subtropical CIMMYT maize lines. Maydica 37: 319-327.

Actividad antimicrobiana del cobre en enterobacterias

TOLEDO-TREJO, Erika*†, FUENTES-ROMERO, Maria Teresa, GALEANA-GARCÍA, Joel, GALVÁN-LUIS, Aarón Sebastián, GRANADOS-OLVERA, Jorge-Alberto

Universidad Tecnológica Fidel Velázquez, Calle Emiliano Zapata S/N Col. El Tráfico Nicolás Romero Edo. México

Recibido Enero 15, 2017; Aceptado Marzo 10, 2017

Resumen

El presente estudio se realizó con el objetivo de evaluar las propiedades antibactericidas en el grupo bacteriano enterobacterias con cupones de cobre de uso doméstico. Para lograrlo, se realizó un cultivo de las mismas partiendo de agua contaminada. La actividad antimicrobiana del cobre se evaluó a través del registro cualitativo de colonias de enterobacterias, con la finalidad de demostrar que el cobre es un material antimicrobiano, y que es la mejor elección para utilizar en superficies de contacto (de transporte público, hospitales, centros de trabajo entre otros lugares donde puede generarse un contagio por actividad microbiana en superficies), así como para utilizar en líneas de llegada y circuitos de transporte de sustancias líquidas o gaseosas (ya que no permite el crecimiento dentro de la tubería de microbios aun cuando hay constante paso de agua). Los resultados obtenidos presentan que el cobre mostró capacidad inhibitoria de las enterobacterias en las pruebas realizadas y se considera que ésta actividad puede estar dada por la pureza del material validada con el análisis químico por chispa y difracción por rayos X realizado en esta investigación.

Cobre, Enterobacterias, Antimicrobiano

Abstract

This work is about the evaluation of the antimicrobial properties of copper when exist enterobacteria present in water effluent. The study was carried on contaminated water. The antimicrobial copper activity was evaluated through qualitative analyze of enterobacteria colony to demonstrate that copper is the best option during selection of material by contact surfaces for example; (buses, hospital and working places, where can exist a contagion by microbial activity on surfaces) also for using in hydraulic and gas pipes due to it does not allow the growth inside the pipeline of microbes even when there is constant water flow. The results obtained described that copper is an antimicrobial material when exist enterobacteria in the water. Thus the copper is inhibitor of the growth of enterobacteria due to the high pure chemistry comprobate in chemical analyze and X-Ray diffraction

Copper, Enterobacteria, Antimicrobial

Citación: TOLEDO-TREJO, Erika, FUENTES-ROMERO, Maria Teresa, GALEANA-GARCÍA, Joel, GALVÁN-LUIS, Aarón Sebastián, GRANADOS-OLVERA, Jorge-Alberto. Actividad antimicrobiana del cobre en enterobacterias. Revista de Operaciones Tecnológicas. 2017. 1-1:17-21.

† Investigador contribuyendo como primer autor.

*Correspondencia al Autor Correo Electrónico: eritotr@hotmail.com

Introducción

El cobre fue de los primeros metales en ser utilizados por el hombre. Las civilizaciones como los griegos, romanos, egipcios, aztecas y mayas, utilizaban el cobre en la fabricación de vasijas para preservar agua y alimentos, como también en la fabricación de instrumentos quirúrgicos y en la curación de heridas. En el siglo XVII se descubrió la capacidad del cobre para combatir plagas en la agricultura, específicamente para controlar infecciones por hongos en plantaciones de trigo.

Hoy en día están disponibles en el mercado diferentes pesticidas que contienen cobre en diversas formulaciones químicas, los cuales se utilizan en agricultura. También existen pinturas con cobre usadas en embarcaciones para evitar adherencia de microorganismos y, secundariamente, crustáceos (Prado, V. et. al. 2012). En la actualidad se siguen desarrollando investigaciones que incluyen al cobre por su actividad antimicrobiana en grupos específicos. En esta investigación es de interés el grupo enterobacteria por ser un grupo que incluye representantes de potencial patógeno y de fácil dispersión por el agua.

Justificación

La importancia de la sanidad del agua es un tema de interés mundial y es bien sabido el impacto que tiene en la salud la presencia de microorganismos nocivos en el agua. Entre el grupo de organismos con potencial patógeno y que pueden propagarse por el agua -entre otros medios- son la enterobacterias dentro de este grupo encontramos representantes como la *Salmonella*, *Escherichia*, *Klebsiella*, *Yersinia*, *Enterobacter*, *Serratia*, *Shigella*.

Dichos microorganismos causan infecciones en el hombre variadas que se localizan tanto en el sistema nervioso central, tracto respiratorio, torrente sanguíneo, tracto digestivo y tracto urinario (Puerta, A. y Mateos, F. 2010). Ahora bien, el Cobre es un material usado tanto para para conducción de agua como en utilería de laboratorio y que se sabe tiene actividad antimicrobiana. En este trabajo se busca conocer la capacidad antimicrobiana del cobre sobre el grupo Enterobacterias.

Problema

Las enterobacterias son un grupo de microorganismos de alto potencial patógeno y que se pueden encontrar en el agua y se debe buscar alternativas para el control y/o eliminación de las mismas en tuberías domésticas.

Hipótesis

Al tener el cobre capacidad antimicrobiana inhibirá el crecimiento de enterobacterias.

Objetivos

Objetivo General

Establecer la capacidad antimicrobiana del cobre sobre el grupo bacteriano Enterobacterias.

Objetivos específicos

- Realizar cultivo del grupo enterobacterias a partir de agua contaminada.
- Realizar crecimientos bacterianos en placas de enterobacterias en presencia de cobre.
- Realizar crecimientos bacterianos en placas de enterobacterias en presencia de cobre.

- Evaluar la actividad antimicrobiana del cobre a través del registro de crecimiento o ausencia de colonias de enterobacterias.
- Realizar caracterizaciones de difracción por rayos X y análisis químico al cobre para comprobar la composición química y mineralógica del material.

Marco Teórico

En la actualidad, las tuberías residenciales más usadas son de cobre, las de PVC, CPVC y PPR. Por lo general, las tuberías de cobre son usadas para el abastecimiento agua, mientras que las tuberías fabricadas de polímeros son empleadas por presentarse con un bajo precio. La gran ventaja de utilizar cobre para el transporte de agua es que se considera seguro e higiénico para el consumo humano; por lo que el empleo del mismo se sugirió para la fabricación de utensilios domésticos desde la antigüedad.

Es muy mencionado que estudios recientes indican que bacterias, incluyendo algunas cepas nocivas de *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus* meticilin-resistente, mueren en pocas horas cuando se colocan sobre superficies de aleaciones de cobre a temperatura ambiente. Esta habilidad natural para reducir la carga biológica de los microorganismos del medio ambiente se explota en la purificación del agua, pintura, material de construcción y la industria textil.

Los compuestos de cobre, como sulfato de cobre e hidróxido de cobre, son materiales inorgánicos tradicionales que tienen un amplio uso como antibacterianos (Citado en Sandoval, P. et. al; 2014) Con el respaldo de la evidencia científica acumulada, el 25 de marzo de 2008, la EPA registró al cobre como el primer y único metal con propiedades antibacterianas, autorizando la difusión de conceptos importantes.

Entre ellos que "las superficies de cobre eliminan 99,9% de los patógenos bacterianos después de 2h de exposición" y certificando que superficies de cobre metálico y sus aleaciones son antimicrobianos naturales, poseen eficacia antimicrobiana de larga duración, tienen un efecto autodesinfectante y son superiores a otros revestimientos disponibles en el mercado. Este registro autoriza el uso de superficies de cobre en ambientes hospitalarios (Sandoval, P. et. al; 2014). Entre los principios que hacen al cobre antimicrobiano es la interacción de este con las enzimas respiratorias de la membrana celular (Truman, B y Gerba, C.1989).

Considerando que según la OMS (2011) millones de personas están expuestas a concentraciones peligrosas de sustancias biológicas y químicas que contaminan el agua de beber, debido en parte al manejo inadecuado de las aguas residuales urbanas, industriales o agropecuarias es necesario seguir con la evaluación del potencial microbiano, para esta investigación resulta de interés las enterobacterias.

Las enterobacterias pueden encontrarse de forma universal en el suelo, el agua y la vegetación, así como formando parte de Las enterobacterias son un grupo de microorganismos de alto potencial patógeno y que se pueden encontrar en el agua y también algunas como *Escherichia coli* forman parte de la flora intestinal normal de muchos animales además del hombre (Puerta, A. y Mateos, F. 2010) y son indicadores de contaminación fecal.

Metodología de Investigación

Esta investigación fue de tipo experimental, en la cual se realizaron pruebas en laboratorio realizando pruebas en placas de cobre proporcionadas por la empresa Nacobre®.

Se realizaron siembras en medios específicos para la propagación y aislamiento de enterobacterias de muestras de distintos cuerpos de agua con descargas de aguas residuales municipales, el medio usado fue Eiosina Azul de Metileno, una vez habiendo el crecimiento se realizaron resiembras a placas con cupones de cobre de 1x1 cm cada siembra e relaizooon tres repeticiones.

Las placas resemebradas fueron incubadas a 30°C por un periodo de 72 hrs, se realizaron observaciones de crecimiento bacteriano a microscopia estereoscopiaca y se realizaron frotis de los cupones y con ellos observaciones a mcicroscopia optica con la intención de verificar la presencia o ausencia de enterobacterias sobre los cupones. Los registros de crecimiento se realizaron a las 24 hrs, 48 hrs y 72 hrs Como grupo control se hicieron resiembras en placa de enterobacterias también en medios eosina azul de metileno sin presencia de cupones de cobre.

Resultados

Resultados microbiológicos

Los resultados obtenidos después del tiempo de incubación de enterobacterias en placas tanto para los grupos experimentales como para el control s e presenta a continuación en la tabla 1 que se presenta a continuación.

	Rep	Control Neg	Placa 1	Placa 2	Placa 3	Placa 4	Placa 5
24 hrs	1	+	-	-	-	-	-
	2	+	-	-	-	-	-
	3	+	-	-	-	-	-
48hrs	1	+	-	-	-	-	-
	2	+	-	-	-	-	-
	3	+	-	-	-	-	-
72hrs	1	+	-	-	-	-	-
	2	+	-	-	-	-	-
	3	+	-	-	-	-	-

Tabla 1 Crecimiento de enterobacterias registrado en las placas. + Crecimiento - Ausencia de crecimiento

Como se observa en la Tabla 1, el grupo control que no presentaba cupones de cobre registro cremiento de enterobacterias en las 3 repeticiones y a los 3 tiempos de incubación. Con respecto a los grupos experimentales los 5 grupos y sus respectivas repeticiones no mostraron crecimiento sobre los cupones de cobre. En la figura 1 se muestra el crecimiento de enterobacterias alrededor del cupon, pero no en él.



Figura 1 Crecimeto de bacterias en placas. Observaciones a microscopia estereoscópica. Se señala el crecimiento bacteriano

Con respecto a las pruebas de frotis a placas experimentales con cupones de cobre que no mostraron crecimiento con observaciones a microscopia estereoscópica para confirmar la falta de crecimiento no hubo presencia de bacterias en ningún cupon de ninguna placa ni en ninguna repetición confirmandonos que en la placa de cobre no se desarrollan las bacterias.

Resultados de difracción por rayos X y composición química del cobre

La técnica de caracterización de difracción de rayos (DRX) es una herramienta para comprobar la composición química del material, así como su estructura cristalina, la cual para esta investigación se tiene un material con estrucutra cristalina cúbica centrada en el cuerpo. Por lo que el material empleado en esta investigación presenta un 99.99% de Cu.

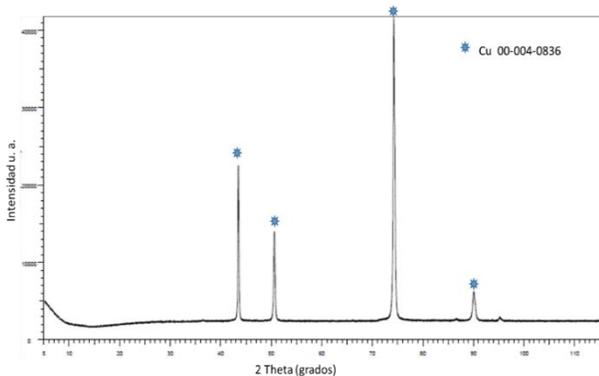


Figura 2 Difractograma del material de Cobre

De acuerdo con la norma NMX-W-018-SCFI-2006. Se realizó un análisis químico por chispa del material, donde el resultado obtenido fue 99.99% Cu puro.

Conclusiones

Se realizaron cultivos de enterobacterias y se probó el efecto del cobre. Se encontró que los cupones de cobre, colocados en placas sembradas con enterobacterias inhibía el crecimiento de las enterobacterias, mostrándose crecimiento alrededor de este, pero no en el área que este metal ocupaba ni en el metal.

Por lo que es importante resaltar que el cobre utilizado en esta investigación es un cobre comercial con alta pureza en su composición química, lo cual constituye un potencial antimicrobiano en este caso específicamente sobre el grupo bacteriano enterobacterias el cual tiene representantes con potencial patógeno.

Estos resultados obtenidos muestran que el cobre siendo un elemento esencial en nuestra vida humana a través de los tiempos ha demostrado ser un material de propiedades físicas de resistencia y biológicas como metal bactericida lo cual significa menor riesgo de transmisión de patógenos en el uso de tuberías utilizadas para el transporte de agua potable y otros servicios.

Agradecimientos

Esta investigación fue realizada gracias al apoyo en el uso de materiales, equipos e instalaciones de la Universidad Tecnológica Fidel Velázquez.

Al grupo Elementia, en especial la división de metales Nacobre® que proporcionó el material de cobre para llevar a cabo esta investigación.

Referencias

OMS. 2011. Agua potable, saneamiento y salud. 64ª Asamblea mundial de la salud. Recuperado el 21 de abril de 2017. http://apps.who.int/gb/ebwha/pdf_files/WHA64-REC1/A64_REC1-sp.pdf

Prado, V. Vidal, R. y Duran, C. 2012. Aplicación de la capacidad bactericida del cobre en la práctica médica. *Rev Med Chile*. 140: 1325-1332.

Puerta, A. y Mateos, F. 2010. Enterobacterias. *Medicine Unidad de Enfermedades Infecciosas. Servicio de Medicina Interna. Complejo Hospitalario Universitario de Albacete. Albacete. España*. 10 (51), 3426-31

Sandoval, P; Gajardo, S; Benites, J. y Lopez, D. 2014. Utilización de sulfato de cobre para la elaboración de un jabón líquido antiséptico. *Rev Cubana Farm*. 48 (4): 542-549.

Truman, R, Gerba, C. 1989. The molecular mechanisms of copper and silver ion Disinfection of bacteria and viruses. Vol 18, Capitulo 4. Pag 295 - 315.

Estudio Citotóxico del Inositol Hexafosfato en la línea celular HeLa

SANCHEZ-RAMOS, Sanjuana*†, FLORES-VILLAVICENCIO, Lerida Liss, CASTRUITA-DOMINGUEZ, José Pedro, y CARRILLO-LANDELL, Felipe Guadalupe.

Instituto Tecnológico Superior de Irapuato

Recibido Enero 15, 2017; Aceptado Marzo 10, 2017

Resumen

El hexafosfato de inositol (IP6) es un compuesto orgánico que se encuentra presente en casi todas las células de mamíferos. En este trabajo se evaluó la inhibición de crecimiento que presenta un cultivo de células HeLa (CCL-2, adenocarcinoma cervicouterino humano), cultivadas en medio DMEM con SFB 10%, a 37°C y 5% de CO₂. Para llevar a cabo este estudio, se expusieron las células a diferentes concentraciones de IP6 (0.048-25mg/mL). Posteriormente, se determinó la actividad metabólica por el ensayo de XTT y el método de azul de tripano para medir la viabilidad celular y evaluar la permeabilidad de la membrana. Para realizar el análisis estructural de las células se empleó DAPI y Faloidina-FITC para analizar el núcleo y los microfilamentos de actina por microscopía de epifluorescencia. Para la obtención del patrón de proteínas totales se utilizó SDS-PAGE 10%. Los resultados indican que el núcleo permanece íntegro independiente de la concentración de IP6, en contraste a altas concentraciones el citoesqueleto presenta daño celular. En base al estudio realizado el IP6 muestra un efecto citotóxico. Es necesario realizar estudios para evaluar el efecto antioxidante del IP6.

Inositol hexafosfato (IP6); citotoxicidad; cáncer; HeLa

Abstract

Inositol hexaphosphate (IP6) is an organic compound found in almost all mammalian cells. In this work the growth inhibition of a culture of HeLa cells (CCL-2, human cervical adenocarcinoma) cultured in DMEM medium with 10% FBS to 37 ° C and 5% of CO₂ was evaluated. To carry out this study the cells were exposed to different concentrations of IP6 (0.048-25mg / mL). Subsequently, the metabolic activity was determined by the XTT assay and the trypan blue method to measure cell viability and to evaluate membrane permeability. To perform the structural analysis of the cells, DAPI and Phalloidin-FITC were used to analyze the nucleus and actin microfilaments by epifluorescence microscopy. SDS-PAGE 10% to obtain the total protein pattern. The results indicate that the nucleus remained intact independent of the concentration of IP6, in contrast to high concentrations the cytoskeleton presented cellular damage. Based on the study, the IP6 shows a cytotoxic effect. Studies are needed to evaluate the antioxidant effect of IP6.

Inositol hexaphosphate (IP6); Cytotoxicity; Cancer; HeLa

Citación: SANCHEZ-RAMOS, Sanjuana , FLORES-VILLAVICENCIO, Lerida Liss, CASTRUITA-DOMINGUEZ, José Pedro, y CARRILLO-LANDELL, Felipe Guadalupe. Estudio Citotóxico del Inositol Hexafosfato en la línea celular HeLa. Revista de Operaciones Tecnológicas. 2017. 1-1:22-29.

† Investigador contribuyendo como primer autor.

*Correspondencia al Autor Correo Electrónico: sansanchez@itesi.edu.mx

Introducción

El cáncer es definido como el crecimiento tisular producido por la proliferación de células anormales [1], y dado que puede invadir y dañar otros tejidos, existen al menos 200 tipos de cáncer que pueden presentarse en cientos de formas, dentro de las cuales se encuentran los sarcomas, los carcinomas, las leucemias y los linfomas; y de acuerdo a la OMS, el cáncer representa en la actualidad una de las primeras causas de muerte a nivel mundial [2][3]. Desde hace varios años, ha sido objeto de estudio la prevención de enfermedades como el cáncer, para lo cual los expertos sugieren seguir una dieta rica en fibra, y se ha encontrado que el IP6 presente principalmente en la fibra, podría ser el responsable de dichos efectos protectores [Shamsuddim y col., 1997].

El inositol hexafosfato (IP6) es un carbohidrato natural que se encuentra presente en la mayoría de las células de los mamíferos, incluyendo las células humanas, y es requerido tanto para llevar a cabo como para regular las funciones corporales más importantes [Fox y col, 2002 5]. El IP6 se encuentra naturalmente en aquellos alimentos ricos en fibra, como los cereales integrales y las legumbres, sin embargo, en la actualidad también es posible obtenerlo mediante suplementos alimenticios [Fox y col, 2002 4], y se le atribuyen grandes cualidades, siendo el efecto antioxidante el más reconocido, puesto que impide la formación de radicales libres, los cuales son causantes de producir enfermedades degenerativas, como el cáncer [6]. Además, hay estudios que indican que el inositol hexafosfato impide el crecimiento celular anormal, como en el caso de los tumores [Liu y col., 2015; Fu y col., 2016; Singh y col., 2005; Verghese y col., 2006 7], sin embargo, no hay reportes que indican el efecto que éste presenta a nivel celular y estructural. Por lo que. en este estudio, se evaluó el efecto del IP6 sobre células cancerosas.

Justificación

En la actualidad se comercializa como suplemento alimenticio, de acuerdo a los reportes que indican que el inositol hexafosfato posee un potencial efecto antioxidante, pero existen pocos reportes que indiquen el efecto que presenta a nivel celular y estructural.

Problema

El cáncer en la actualidad, específicamente el cervicouterino, representa una de las principales causas de muerte en mujeres mayores a 25 años, por ello, se han buscado tratamientos alternativos, tal es el caso de sustancias activas cuya actividad citotóxica o antitumoral es aprovechada en lugar de los tratamientos neoplásicos convencionales, ya que en muchas de las ocasiones, éstos representan un riesgo mayor para el paciente. Existen diversos estudios que demuestran que el inositol hexafosfato, también conocido como IP6, presenta un alto efecto antioxidante por lo que juega un papel importante en la prevención y disminución del daño oxidativo, es posible que represente una alternativa viable para evaluar el efecto citotóxico que presenta en células cancerosas

Hipótesis

Se espera que el Inositol hexafosfato presente un efecto citotóxico en células cancerosas dependiente de la concentración.

Objetivos

Objetivo General

Evaluar el efecto del Inositol hexafosfato (IP6) sobre células cancerosas

Objetivos específicos

- Estudio citotóxico del IP6 sobre células cancerosas
- Evaluación del efecto del IP6 en organelos celulares

Marco Teórico

El término cáncer hace referencia a un amplio grupo de enfermedades que pueden llegar a afectar cualquier parte del cuerpo, puesto que es un crecimiento tisular descontrolado, producido por la proliferación constante de células anormales con capacidad de invadir y destruir cualquier tejido. (Silvia Aibar; et al, 2008).

El cáncer se origina cuando las células comienzan a crecer de forma descontrolada, y se les llama de acuerdo a su localización primaria, sin importar qué otras partes del cuerpo se hayan visto afectadas, ya que en ocasiones, el cáncer se propaga de su localización primaria, es decir, la parte del cuerpo en la que se desarrolla inicialmente, a una o más localizaciones metastásicas (American Cancer Society, 2014).

Una de las causas de cáncer en seres humanos se encuentra la contaminación de aire, agua y comida, factores de dieta, obesidad, inactividad física, tabaquismo, alcohol, radiación solar, factores hormonales, incluso factores hereditarios, tal como se muestra en la figura 1.

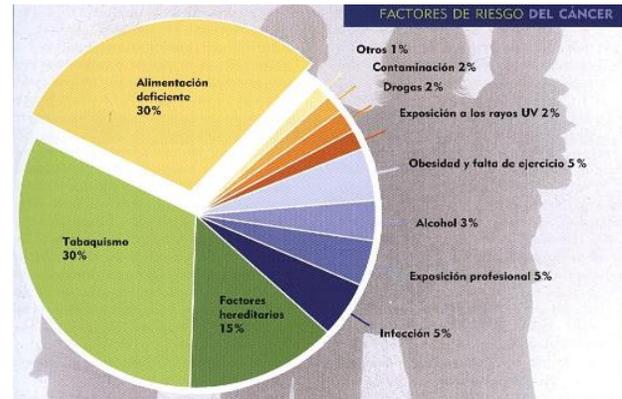


Figura 1 Factores de riesgo del cáncer (Timo Partanen, 2009)

Para algunos trastornos hereditarios, los cromosomas tienen una fragilidad intrínseca, lo que conlleva un riesgo elevado de presentar cáncer (Silvia Aibar; et al, 2008). En la actualidad existe un sinnúmero de sustancias químicas consideradas altamente cancerígenas, como el alquitrán de hulla y sus derivados, ya que sus vapores provenientes de algunas industrias, el cigarrillo. El alcohol es también un importante promotor, ya que el abuso crónico del mismo incrementa el riesgo de padecer cáncer inducido por otros agentes (Silvia Aibar; et al, 2008).

Las radiaciones ionizantes son uno de los factores causales de cáncer más reconocidos ya que produce cambios en el ADN como roturas o trasposiciones cromosómicas y actúa como iniciador de la carcinogénesis, pues induce alteraciones que progresan hasta convertirse en cáncer. Los rayos ultravioleta y los rayos X aumentan la propensión de adquirir cáncer de piel y leucemia (Silvia Aibar; et al, 2008).

En la Tabla 1 se muestran algunos de los agentes como bacterias y parásitos asociados a tumores humanos de los cuales se tiene evidencia de que infecciones provocadas por éstos pueden llegar a provocar cáncer, en especial en pacientes que presentan inmunodepresión. (Silvia Aibar; et al, 2008).

Agente	Sitio de cáncer
Helicobacter pylori	Estómago
Schistosoma haematobium	Vejiga
Opisthorchis viverrini	Hígado

Tabla 1 Tumores relacionados a bacterias y parásitos

A continuación, en la Tabla 2 se presentan los virus más comunes asociados a tumores humanos. (Silvia Aibar; et al, 2008).

Agente	Sitio de cáncer
Hepatitis B	Hígado
Hepatitis C	Hígado
HIV-1	Sarcoma de Kaposi
HTLV-1	Linfoma T del adulto
HPV	Cuello uterino y orofaringe
Epstein-Barr	Linfoma de Burkitt, nasofarínge, Enfermedad de Hodgkin.

Tabla 2 Tumores relacionados a virus

Metodología

Cultivo celular

La línea celular humana HeLa de cáncer cérvico uterino (ATCC® CCL-2™), se cultivó a 37 ° C en botellas de 25 cm² con DMEM (medio Eagle Modificado de Dulbecco, GIBCO, USA) suplementado con suero bovino fetal al 10% (GIBCO, USA), en una atmosfera de 5% de CO₂ humidificada. Las células se tripsinizaron y la suspensión celular se cuantificó en cámara de Neubauer para obtener una densidad de 1x10⁴ células/mL, para realizar los experimentos. Exposición de células HeLa a el Inositol hexafosfato

Para determinar los efectos del IP6 en las células, se expuso a diferentes concentraciones. Para ello, se sembraron 1x10⁴ células HeLa/mL en una placa de 96 pozos (Corning-costar) y se incubaron por 24h. Después del tiempo de incubación, se expusieron al IP6 realizando una dilución seriada, iniciando con la concentración de 100 hasta 0.048 mg/mL de IP6.

A continuación, la placa se incubó a 37°C / 24h / 5% de CO₂. Después de la incubación se determinaron las pruebas celulares y bioquímicas como a continuación se describe.

Ensayo de la actividad metabólica

La actividad metabólica se determinó cuantificando la capacidad de las células para reducir la sal de tetrazolio XTT amarilla (2,3-bis (2-metoxi-4-nitro-5-sulfofenil) -2-h-tetrazolio-5-carboxanilida) a formazan, por enzimas deshidrogenasas (mitocondrias) en células metabólicamente activas. Brevemente, después durante 90 minutos con una solución de incubaciones experimentales, después de la exposición las células se incubaron de XTT 0.25 mg/mL a 37°C. Después, se determinó la absorción del formazan a una longitud de onda de 450 nm (Espectrofotometro, Epoch Biotek).

Determinación de la viabilidad celular

El azul de tripano puede usarse para discriminar entre células viables (no teñidas) y no viables (teñidas de azul). Las células fueron HeLa expuestas al IP6 como se ha descrito anteriormente. Después de la exposición, se añadió una solución de azul de tripano al 0,4% y se incubó 3 minutos. Las células viables se contaron en una cámara de Neubauer utilizando un microscopio invertido (Primo Vert, Carl Zeiss).

Análisis del núcleo y citoesqueleto

Las células control y las expuestas a IP6 (0.048-100 mg/mL) durante 24 h, se fijaron con p-formaldehído al 4% durante 20 min, se permeabilizaron con Triton al 0,05%, posteriormente se expusieron a Faloidina-FITC (Sigma Aldrich). Las preparaciones se montaron utilizando VECTOR-DAPI, el DAPI se une fuertemente a las regiones ricas en AT en ADN (Vector Laboratories, USA).

Y se observó bajo un microscopio de epifluorescencia (Leica, DMLS) utilizando un filtro B de 450-490 nm. La adquisición de imágenes fue con la cámara AxioCam ICc1 (Carl Zeiss).

Análisis del perfil de proteínas totales

Las células expuestas a IP6 fueron homogenizadas con SDS 2% en PBS (solución amortiguadora de fosfatos) más un cocktail de inhibidores de proteasas (ROCHE). El perfil de proteínas totales se obtuvo mediante SDS-PAGE 10%, las proteínas fueron teñidas con Azul de Coomassie al 0.25% para la visualización de las proteínas, la adquisición de la imagen se realizó en un equipo ChemiDoc MP System-BIORAD utilizando el software Image Lab™ software (BIORAD).

Resultados

Efecto del IP6 sobre la actividad metabólica de células HeLa

El IP6 no reduce significativamente la actividad metabólica de las células HeLa (Gráfico 1). Indicando que no existe un efecto del IP6 sobre la actividad metabólica.

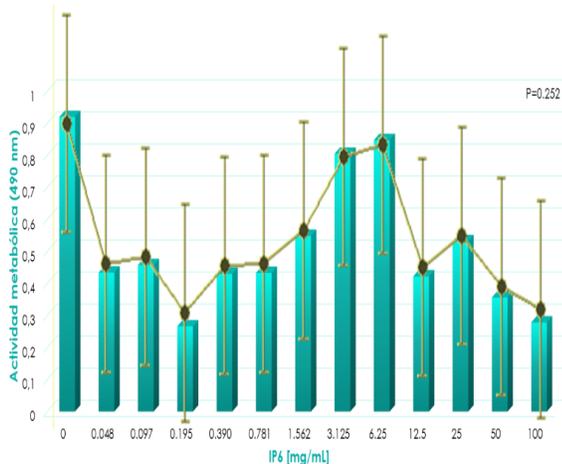
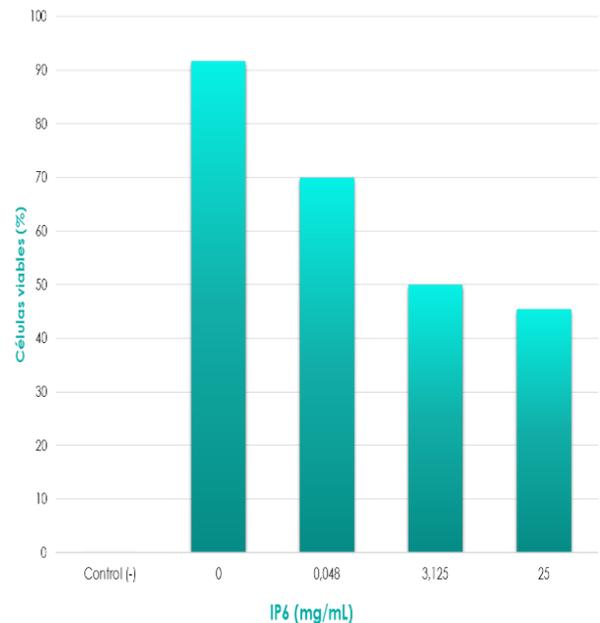


Gráfico 1 Efecto del IP6 sobre la actividad metabólica de células HeLa. Los resultados de tres experimentos independientes, se analizaron mediante una prueba estadística Tukey Kramer, n=9, *p≤0.05.

Viabilidad celular

Al analizar la viabilidad celular, se observó una significativa reducción en la viabilidad celular dependiente de la concentración (Gráfica 2). A partir de la concentración de 3.125mg/mL IP6, existe un 50% de reducción de la viabilidad celular. Estos resultados, indican una alteración en la permeabilidad de la membrana plásmatica por efecto del IP6.



Gráfica 1 Efecto del IP6 en la viabilidad de las células HeLa. El control positivo de daño celular fueron células expuestas a H₂O₂ 3%

En la figura 2, se muestran las células expuestas al IP6 y teñidas con azul de tripano. Se puede apreciar que a medida que la concentración aumenta, es mayor el número de células teñidas, a diferencia del control (células sin exposición al IP6), donde las células HeLa son viables.

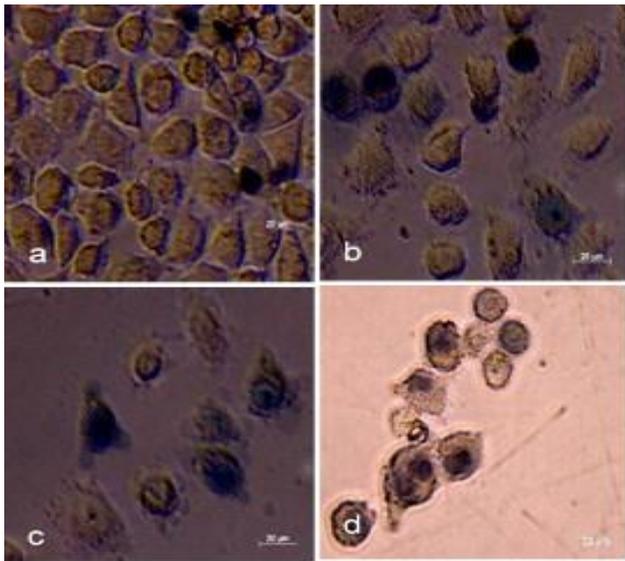


Figura 2 Analisis de la permeabilidad de la membrana plásmatica, a) Control, células no expuestas a IP6; b), c) y d) Células HeLa expuestas a 0.048, 3.125 y 25 mg/mL IP6 respectivamente.

Análisis estructural de núcleo y citoesqueleto

El efecto del IP6 en las células HeLa, muestra la despolimerización de los microfilamentos (citoesqueleto) y como consecuencia la pérdida de la formación de la monocapa y el redondeamiento de las células sin pérdida de la adhesión celular en las células expuestas. Sin embargo, la exposición a la concentración de 25mg/mL de IP6 la célula comienza no solo a perder la comunicación extracelular sino que también pierde su morfología característica. En el núcleo no se observan evidentes alteraciones.

En el control positivo de daño celular (H_2O_2 3%), se puede apreciar que el núcleo permanece íntegro a diferencia del citoesqueleto, el cual pierde su forma característica y no es posible apreciar los microfilamentos de actina, ya que el peróxido de hidrógeno tiene la capacidad de inducir la desorganización de la actina de los microfilamentos, afectando directamente la morfología.

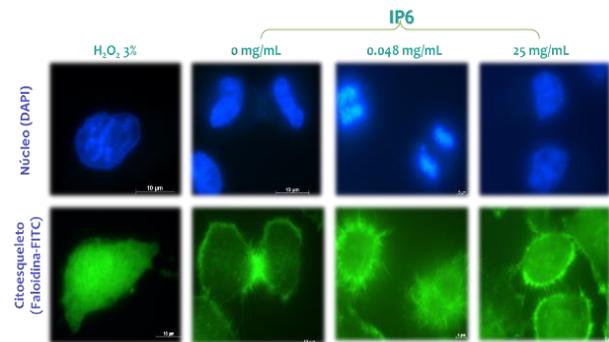


Figura 3 Análisis estructural de los organelos de las células HeLa expuestas a IP6

Perfil de proteínas totales

En la figura 5 se puede observar el perfil total de proteínas de células HeLa expuestas a diferentes concentraciones de IP6, en el que se muestra que existe una alteración en el perfil de proteínas totales ($Mr \geq 180-26$).

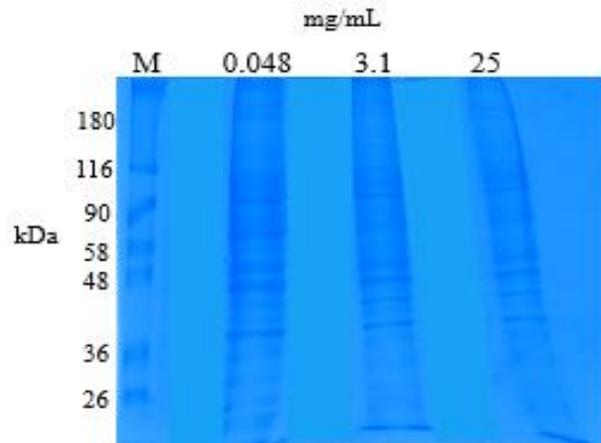


Figura 4 Perfil de proteínas totales de células HeLa expuestas a diferentes concentraciones de IP6

Conclusiones

El IP6 presenta un efecto citotóxico dependiente de la concentración mediante la alteración del citoesqueleto y la membrana celular.

Agradecimiento

Agradezco todo el apoyo al Departamento de Biología, División de Ciencias Naturales y Exactas, campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato.

Referencias

Abulkalam M. Shamsuddin, I. V. (1997). IP6: A NOVEL ANTI-CANCER AGENT. Elsevier, 343-354.

American Cancer Society, I. (2014). Cáncer de origen primario desconocido. Atlanta, Estados Unidos.

American Cancer Society, I. (2015). Métodos complementarios y alternativos para la atención del cáncer.

American Cancer Society, I. (2016). Cancer Facts & Figures . Obtenido de <http://www.cancer.org/acs/groups/content/@research/documents/document/acspc-047079.pdf>

Borghi, A. (2011). Vitaminas y Suplementos Útiles para Personas con Cáncer. Obtenido de <http://www.sanasana.com/latinohealthmagazine/vitaminas-y-suplementos-utiles-personas-con-cancer/>

Cole, P., & Rodu, B. (2001). Cancer: Principles & Practice of Oncology. 6a, pp: 241-252.

Fox C. H., Eberl M. Phytic acid (IP6), (2002), Novel broad spectrum anti-neoplastic agent: asystematic review. Complimentary therapies in Medicine, 10, pp: 229-234.

Fu Min, Song Yang, Wen Zhaoxia Lu Xingyi, Cui Lianhua. (2016). Inositol Inhibit Colorectal Cancer Metastasis to the liver in Balb/c Mice. Nitrientes, 8, pp: 286-302.

Gómez, M. (2006). IP6 o ácido fítico. . Obtenido de <http://www.dietametabolica.es/ip6.htm>

Hidalgo Martínez, A. C. (2006). El cáncer cérvico-uterino, su impacto en México y el por qué no funciona el programa nacional de detección oportuna. Biomed, pp: 81-84.

Instituto Nacional del Cáncer, I. (2008). Manual de Enfermería y Oncología. A. Goldman, pp: 7.

Instituto Nacional del Cáncer, I. (2014). Antioxidantes y prevención del cáncer. Obtenido de <https://www.cancer.gov/espanol/cancer/causas-prevencion/riesgo/dieta/hoja-informativa-antioxidantes>.

Lazcano Poce Eduardo Cesar, D. S.-V.-Q.-L.-A. (1999). Factores que determinan la participación en el tamizaje de cáncer cervical en el estado de Morelos. Salud pública de México, pp: 278-285.

Liu Guiyuan, Song Yang, Cui Lianhua, Wen Zhaoxia, Lu Xiaoquin. (2015). Inositol hexaphosphate suppresses growth and induces apoptosis in HT-29 colorectal cancer cells in culture: PI3K/Akt pathway as a potential target. Int J Clin Exp Pathol; 8 (2), pp:1402-1410

Loewus, F. (2002). Biosynthesis of phytate in food grains and seeds. Food Chemistry, pp: 53-61.

López Gonzalez A.A., F. G. (2009). Fitato y su utilidad en la práctica clínica. Medicina Balear, pp: 39-46

Murray, M. B. (2002). La curación del cáncer, pp: 181.

Nootriment. (2011). Inositol Hexaphosphate Benefits, Dosing & Safety Information. Obtenido de <http://nootriment.com/inositol-hexaphosphate/>

Mundial de la Salud, I. (2012). Datos y cifras sobre el cáncer. Obtenido de <http://www.who.int/cancer/about/facts/es/>

Organización Mundial de la Salud, I. (2015). Cáncer. Obtenido de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs297/es/>

Reddy, N. R. (2002). Occurrence, distribution, content, and dietary intake of phytate. Food phytates, 25-51.

Shamsuddin Abulkalam M., Vucenik Ivana, Cole E. (1997). Ip6: A novel anticancer agente. Life Xcienses, Vo. 61, No. 4, pp: 343-354

Silvia Aibar; et al. (2008). Manual de enfermería oncológica.

Sing Rana, Agarwal Rajesh. (2005). Prostate Cancer and Inositol Hexaphosphate: Efficacy and Mechanisms. Anticancer Research, 25, pp: 2891-2904.

Solórzano del Río, H. E. (2015). El hexafosfato de inositol y el cáncer. Obtenido de <http://hector.solorzano.com.mx/036.html>

Timo Partanen, P. M. (2009). Causas y prevención del cáncer ocupacional. Acta médica constitutiva, 51 (4), pp:195-205.

Vikas Kumar, A. K. (2009). Dietary roles of phytate and phytase in human nutrition: A review. Elsevier, pp: 945-959.

Sistema generador de energía eléctrica por vibraciones

DE LA CRUZ-DURÓN, Raúl *†, BECERRA-REYES, Hugo De Jesús, RODRÍGUEZ-CONTRERAS, Jorge Antonio, GÓMEZ-TRIANA, Carlos

Universidad Tecnológica de Calvillo

Recibido Enero 15, 2017; Aceptado Marzo 10, 2017

Resumen

El poder aprovechar el movimiento cotidiano de vehículos y su circulación por calles y avenidas, podría representar la generación de energía sustentable. El tránsito vehicular se está incrementando como repercusión del crecimiento de las ciudades y de la necesidad de traslado de sus habitantes, por lo que este fenómeno que difícilmente pudiera controlarse y que representa un alto índice de contaminación ambiental, pudiera aprovecharse para la creación de energía sustentable, ayudando de esta manera a disminuir las afectaciones al medio ambiente y los recursos naturales. Tal proyecto plantea la creación de dispositivos cuya función es el aprovechar el tránsito vehicular, colocando dispositivos sobre alcantarillas que transformen la vibración mecánica producida por los vehículos en un sistema sustentable y ecológico de energía renovable, que además permitan recuperar los costos de instalación en poco tiempo, al requerir de un mantenimiento sencillo y económico.

Abstract

Being able to take advantage of the daily moving of vehicles and their circulation through streets and avenues, could represent the generation of sustainable energy. Vehicle traffic is increasing as an impact of the growth of cities and the need of transportation for their inhabitants, so that this phenomenon that could hardly be controlled and represents a high rate of environmental pollution, could be used to create sustainable energy, helping in this way to diminish the affectations to the environment and the natural resources. This project involves the creation of devices whose function is to take advantage of vehicle traffic, placing devices on sewers that transform the mechanical vibration produced by vehicles into a sustainable and ecological system of renewable energy, which also will allow to recover the installation costs in a short time at requiring of a simple and economical maintenance.

Citación: DE LA CRUZ-DURÓN, Raúl, BECERRA-REYES, Hugo De Jesús, RODRÍGUEZ-CONTRERAS, Jorge Antonio, GÓMEZ-TRIANA, Carlos. Sistema generador de energía eléctrica por vibraciones. Revista de Operaciones Tecnológicas. 2017. 1-1:30-34.

† Investigador contribuyendo como primer autor.

*Correspondencia al Autor Correo Electrónico: raul.delacruz@utcalvillo.edu.mx

Introducción

A través de la historia, el hombre ha experimentado una necesidad creciente de generar energía para lograr subsistir en diferentes entornos y condiciones y, constantemente ha realizado acciones poco favorables para el medio ambiente, agotando de una u otra forma los recursos naturales que nos proveen de dicha energía. Por este motivo es importante tomar conciencia de la importancia de conservar los recursos, pues de su adecuado manejo depende no solo nuestra existencia en este planeta, pero también la conservación y permanencia de otras especies tanto vegetales como animales, que son parte del mismo ecosistema.

Para maximizar el aprovechamiento de los recursos es necesario considerar la forma de generación de energía, ya sea física, química o nuclear; la energía siempre se conserva, pero puede convertirse de una forma a otra. Para evitar el deterioro del medio ambiente es imprescindible comenzar a utilizar otras fuentes de generación de energía diferentes a las que hemos utilizado hasta ahora.

Justificación

El crecimiento del agujero de la capa de ozono debido a las emisiones contaminantes por los hidrocarburos ha provocado que se busquen nuevas formas de generar energía limpia y sustentable; además, el crecimiento de la sociedad a nivel mundial a lo largo de la historia ha provocado una demanda energética cada vez mayor. Hoy en día se cuestiona si los recursos fósiles existirán más o menos tiempo, pero si hay una idea clara y asentada, es que este tipo de recurso es limitado, a pesar de que el desarrollo de nuevas tecnologías permite encontrar yacimientos que anteriormente no eran tecnológicamente accesibles.

Las nuevas fuentes de energía generarán reestructuraciones económicas a escalas regional y global y estas fuentes han de ser respetuosas con el medio ambiente.

Problema

A medida que el mundo va convirtiendo sus fuentes de energía de no renovables (antiguas turbinas alimentadas por energía nuclear, carbón, gas, etcétera) a renovables (eólica, fotovoltaica, hidroeléctrica, etcétera) es más difícil mantener el equilibrio en la red eléctrica; un equilibrio entre la generación y el consumo. Cuando requerimos de energía eléctrica se pone en funcionamiento un sofisticado y costoso sistema que inicia en las centrales de producción donde se genera la energía. Posteriormente esta energía se transforma en alta tensión y se transporta por instalaciones eléctricas hasta los centros de distribución. Desde allí se transforma nuevamente a los niveles de tensión necesarios para cada tipo de consumo.

Para que la electricidad llegue en el momento preciso en que se requiere, todo este sistema tiene que operar en tiempo real, todos los días del año, las 24 horas del día. Esto debido a que la energía no se puede almacenar en grandes cantidades, es por eso que tiene que generarse en cada momento la cantidad precisa que se necesita.

Hipótesis

Es posible generar energía eléctrica limpia y a bajo costo a partir de la energía que producen los vehículos al pasar por objetos tales como topes y alcantarillas.

Objetivos

Objetivo General

Generar energía eléctrica a través de las vibraciones producidas por el paso de vehículos en objetos que comúnmente se colocan en caminos y carreteras, como pueden ser topes y alcantarillas.

Objetivos específicos

- Reconocer la energía por vibración como una fuente de energía renovable, capaz de generar energía eléctrica.
- Proveer de energía eléctrica al alumbrado público mediante nuevas fuentes de energía renovable.
- Reducir la contaminación del medio ambiente.

Marco Teórico

Revolución Industrial 4.0

"Estamos al borde de una revolución tecnológica que modificará fundamentalmente la forma en que vivimos, trabajamos y nos relacionamos. En su escala, alcance y complejidad, la transformación será distinta a cualquier cosa que el género humano haya experimentado antes", Los "nuevos poderes" del cambio vendrán de la mano de la ingeniería genética y las neurotecnologías, dos áreas que parecen crípticas y lejanas para el ciudadano de a pie.

Pero las repercusiones impactarán en cómo somos y nos relacionamos hasta en los rincones más lejanos del planeta: la revolución afectará "el mercado del empleo, el futuro del trabajo, la desigualdad en el ingreso" y sus coletazos impactarán la seguridad geopolítica y los marcos éticos.

5 claves para entender la Revolución 4.0

La cuarta revolución tiene el potencial de elevar los niveles de ingreso globales y mejorar la calidad de vida de poblaciones enteras, las mismas que se han beneficiado con la llegada del mundo digital (y la posibilidad, por caso, de hacer pagos, escuchar música o pedir un taxi desde un celular ubicuo y barato). Sin embargo, el proceso de transformación sólo beneficiará a quienes sean capaces de innovar y adaptarse (<http://www.bbc.com/mundo/noticias-37631834>, s.f.).

Energía autosustentable

El concepto de energía renovable abarca categorías heterogéneas de tecnologías. Algunos tipos de energía renovable permiten suministrar electricidad y energía térmica y mecánica, y producir combustibles capaces de cubrir las múltiples necesidades de los servicios energéticos. Algunas tecnologías de la energía renovable pueden ser adoptadas en el lugar de consumo (en régimen descentralizado) en medios rurales y urbanos, mientras que otras son implantadas principalmente en redes de suministro de gran tamaño (en régimen centralizado). Aunque es cada vez mayor el número de tecnologías de la energía renovable técnicamente avanzadas que han sido adoptadas en mediana escala, otras se encuentran en una fase menos evolucionada y su presencia comercial es más incipiente, o bien abastecen nichos del mercado especializados.

Teoría de las vibraciones mecánicas 1

Movimiento vibratorio o vibración es la variación o cambio de configuración de un sistema en relación al tiempo, en torno a una posición de equilibrio estable, su característica fundamental es que es periódico, siendo frecuente el movimiento armónico simple, por lo que este movimiento adquiere una singular importancia en los estudios vibratorios.

Los sistemas mecánicos al ser sometidos a la acción de fuerzas variables con el tiempo, principalmente periódicas, responden variando sus estados de equilibrio y, como consecuencia, presentan cambios de configuración que perturban su normal funcionamiento. Actualmente, el estudio y análisis de las vibraciones mecánicas ha adquirido gran importancia en la supervisión de los sistemas mecánicos, sobre todo de elementos de tipo rotativo. Independientemente de los planes de mantenimiento correctivo y preventivo, el plan de mantenimiento predictivo se basa, principalmente, en el estudio de las vibraciones mediante la instalación de sensores que permiten detectar vibraciones fuera de rango. En general, se suponen vibraciones de pequeña amplitud porque fuera de ellas dejan de tener validez la mayoría de las hipótesis que se establecen para su estudio.

Piezoeléctrico

Los materiales piezoeléctricos pueden convertir la tensión mecánica en electricidad, y la electricidad en vibraciones mecánicas. El cuarzo es un ejemplo de un cristal piezoeléctrico natural. Los cristales de cuarzo están hechos de átomos de silicio y oxígeno en un patrón repetitivo. En el cuarzo, los átomos de silicio tienen una carga positiva y los átomos de oxígeno tienen una carga negativa. Normalmente, cuando el cristal no está bajo ningún tipo de estrés externo, las cargas se dispersan uniformemente en las moléculas a través del cristal. Pero cuando el cuarzo se estira o exprime, el orden de los átomos cambia ligeramente. Este cambio causa que las cargas negativas se acumulen en un lado y las cargas positivas se acumulen en el lado opuesto. Cuando haces un circuito que conecta un extremo del cristal con el otro, puedes utilizar esta diferencia potencial para producir corriente. Entre más aprietas el cristal más fuerte será la corriente eléctrica.

Propiedades

Ya que el efecto piezoeléctrico exhibido por materiales naturales tales como el cuarzo, la turmalina, la sal de Rochelle, etc, Es muy pequeño, se han desarrollado mejoras, por ejemplo, los materiales cerámicos ferroeléctricos policristalinos, como el BaTiO_3 y el Zirconato Titanato de Plomo (PZT). Los cerámicos PZT, disponibles en muchas variaciones, son materiales más ampliamente usados hoy para aplicaciones como actuadores o sensores. La estructura cristalina del PZT es cúbica centrada en las caras (isotrópico) antes de la polarización y después de la polarización exhiben simetría tetragonal (estructura anisotrópica) por debajo de la temperatura de Curie, que es aquella la cual la estructura cristalina cambia de de forma piezoeléctrica (no-simétrica) a no-piezoeléctrica. A esta temperatura los cerámicos PZT pierden las propiedades piezoeléctricas.

Metodología de Investigación

Los métodos utilizados en este proyecto fueron el deductivo y el analítico, ya que consistió en obtener conclusiones particulares a partir de una ley universal. En el método analítico se determinaron los hechos más importantes en el fenómeno por analizar, se dedujeron las relaciones constantes de naturaleza uniforme que dan lugar al fenómeno y con base en esas deducciones se formuló la hipótesis. En el método analítico, se distinguieron los elementos de dicho fenómeno, procediendo a revisar ordenadamente cada uno de ellos por separado.

Tipo de Investigación

La investigación es de tipo documental práctica aplicada, ya que se realizó apoyándose de fuentes de carácter documental.

Como son las obtenidas a través de las fuentes bibliográficas; de aplicación práctica porque se aplicaron y utilizaron los conocimientos que se adquirieron durante la investigación, analizando primordialmente las consecuencias prácticas.

Resultados

Con el análisis de la información y los datos obtenidos en prácticas de laboratorio se estimó que un artefacto colocado en las alcantarillas para aprovechar las vibraciones producidas por el paso de vehículos sería capaz de producir un aproximado de 338.4 KwH en un periodo de 24 horas. Cabe mencionar que tal energía es el equivalente a la que en promedio se utiliza en dos meses en una casa habitación, con un consumo básico de electricidad de un costo aproximado de \$500.00.

Conclusiones

Es urgente el cuidado al medio ambiente y recursos naturales, así como el plantear alternativas que ayuden al sistema de generación de energía que actualmente prevalece, a eliminar la gran dependencia que éste tiene de los combustibles fósiles. Existen algunos sistemas de energía renovable que generan problemas ecológicos particulares; algunos ejemplos son, los primeros aerogeneradores, los cuales representaron un peligro para las aves por sus aspas al girar muy deprisa. También las centrales hidroeléctricas pueden crear obstáculos a la migración de peces, un problema serio que se presenta en ríos del todo el mundo. Por lo anterior, el presente proyecto plantea el concepto de energía renovable por vibración mecánica mediante la utilización de la circulación de vehículos, un sistema sustentable y ecológico que en poco tiempo permite recuperar la inversión en los costos de instalación y que requiere de un mantenimiento sencillo.

Agradecimiento

Agradecemos a la Universidad Tecnológica de Calvillo por el apoyo brindado para el desarrollo de este proyecto.

Referencias

(s.f.). Obtenido de <http://www.bbc.com/mundo/noticias-37631834>: <http://www.bbc.com/mundo/noticias-37631834>

K. Kuhnen, H. J. (1999). Compensation of Creep and Hysteresis affects of piezoelectric Actuators. Alemania. Obtenido de <http://www.vdivdeit.de/mst/ARCHIVE/9905/M SRART1.html>

Operating Performance of Piezoactuators. (1999). Obtenido de Dyna Optic Motion: <http://www.dynaoptics.com/ctc-600-1/operating-perf-piezoactuators.htm>

Ottmar Edenhofer, R. P.-M. (2011). *Informe especial sobre fuentes de energía renovables y mitigación del cambio climático.* Michael Melford/National Geographic Stock.

Piezoelectric Flexure Elements. (1999). Obtenido de Sensor Technology Ltd.: <http://www.sensortech.ca/flexure.html>

PTZ & Piezo Actuator. (1999). Obtenido de <http://www.physikinstrumente.com/produkte.htm>

Teoría de las vibraciones mecánicas. (s.f.). Obtenido de <http://www.sc.ehu.es/swb/fisica/oscilaciones/oscilacion.htm>

Lazos de control para un Regulador Automático de Voltaje (AVR)

DEMILLON-PASCUAL, Rufino*† & TREJO-LEAL, Huber

Recibido Enero 15, 2017; Aceptado Marzo 10, 2017

Resumen

Un sistema de alimentación y control de corriente de campo se le conoce como Regulador Automático de Voltaje (AVR Automatic Voltage Regulators). El sistema de excitación es entendido como la fuente para hacer circular corriente en los devanados de campo de la máquina síncrona. A través del nivel de la tensión y la corriente de campo, se realiza el control de voltaje en el lado de potencia, permitiendo proteger al sistema de potencia (control de límites de capacidad de la máquina síncrona, del sistema de excitación y componentes adicionales). Los tipos de sistemas de excitación en base a la fuente de potencia utilizada, se clasifican en:

- Sistema de excitación rotativo de corriente continua.
- Sistema de corriente rotativo de excitación alterna.
- Sistema de excitación estático.

El enfoque del trabajo es el desarrollo del control de **un sistema de excitación estático**, cuyas características es que todos los componentes son estáticos (no rotan) y proveen de corriente de excitación directamente al campo del generador con anillos rozantes, con posibilidades de mantenimiento, asimismo; la fuente de potencia de los rectificadores es el generador (o la barra de servicios auxiliares) mediante un transformador reductor que provee una tensión adecuada para inyectarlo a los SCRs.

AVR, Corriente, Máquina Síncrona, PLC

Abstract

A power supply and field current control system is known as the Automatic Voltage Regulator (AVR). The excitation system is understood as the source for circulating current in the field windings of the synchronous machine. Through the voltage level and the field current, voltage control is performed on the power side, allowing the power system to be protected (control of capacity limits of the synchronous machine, excitation system and additional components). The types of excitation systems based on the power source are classified as:

- Direct Current Rotating Excitation System.
- Alternating Excitation Rotary Current System.
- Static Excitation System.

The focus of the work is the development of the control of a static excitation system, whose characteristics are that all the components are static (do not rotate) and provide excitation current directly to the generator field with friction rings, with maintenance possibilities, as well; The power source of the rectifiers is the generator (or the auxiliary service bar) used a reductor transformer which provides a suitable voltage to inject it to the SCRs.

AVR, Current, Synchron Machine, PLC

Citación: DEMILLON-PASCUAL, Rufino & TREJO-LEAL, Huber. Lazos de control para un Regulador Automático de Voltaje (AVR). Revista de Operaciones Tecnológicas. 2017. 1-1:35-48.

† Investigador contribuyendo como primer autor.

*Correspondencia al Autor Correo Electrónico: rdemillon@utvm.edu.mx

Introducción

La máquina síncrona es el elemento primordial que permite generar energía eléctrica a potencias elevadas, sin embargo está expuesta a variaciones de cargas, las cuales debe soportar en un estado estable; una mayor carga implica mayor demanda de corriente; esto provoca que los voltajes en las terminales del generador sean movidos hacia abajo, por el contrario si se desconecta cargas muy grandes el voltaje tiende a elevarse, ante situaciones mencionadas la variable a controlar es la corriente de campo, la cual no debe sobrepasar la banda de operación permisible.

Lograr la estabilidad de voltaje, se requiere de sistemas de controles adecuados para la corriente de campo; debido a que ésta repercute directamente en los voltajes en las terminales del generador y en parámetros eléctricos adicionales. El sistema debe estar dentro de un estado estable, en caso pasar a un estado inestable se debe de ajustar los parámetros al máximo permisible, disponiendo de sistemas de control de respuesta rápida para evitar algún daño al generador, en caso de no lograr estabilizar el sistema es necesario salir de operación.

En el transcurrir de los tiempos, los sistemas de control han evolucionado; buscando ser más robustos, estables y confiables. Estos sistemas deben ser amigables para los programadores y operadores, de tal forma que les permita realizar ajustes de parámetros cuando esto sea requerido. En el mercado existen diversos sistemas de control para la excitación de las máquinas síncronas, cada fabricante tiene diseños particulares. Un AVR tiene el reto de mantener la tensión dentro de ciertos límites sin exponer la integridad del generador, cumpliendo los estándares y normatividades pertinentes (ejemplo la *IEEE Standard 421.5- 2005*, ANCE, N. M. (marzo 2005), ANSI C50.13-1989).

Para este fin se han utilizado distintas soluciones, como aquellas que emplean reguladores de tensión, en sus distintas configuraciones. Estos reguladores clásicos compensan las variaciones lentas de tensión que se presentan en las líneas de alimentación.

La tendencia actual en investigación, tiene como objetivo implementar reguladores que puedan compensar diversas perturbaciones de tensión, tales como las variaciones rápidas, las cuales no pueden ser corregidas por los reguladores estándares. El diagrama general de un AVR está compuesto generalmente por:

- Un regulador.
- Un excitador.
- Un transductor de la tensión terminal.
- Un compensador de carga.
- Un estabilizador de potencia del sistema.
- Distintos circuitos de protección de la máquina.

Justificación

Para obtener potencia eléctrica en una máquina síncrona, se requiere de energía mecánica y una fuente de voltaje en DC. La fuente de DC se obtendrá de un sistema de excitación estático, provee de varias ventajas, como mayor velocidad de respuesta, mayor robustez y continuidad en el servicio. Tener continuidad implica reducir costos de operación, aunque inicialmente se requiere inversiones económicas muy elevadas.

La investigación y desarrollo tecnológico busca nuevos esquemas de AVR con características técnicas que de más confiabilidad como: ser más robusto ante cualquier eventualidad transitoria, una mayor velocidad de respuesta contar con un sistema redundante y, ser más económico como producto final respecto a los AVR disponibles en el mercado.

Los AVR's impiden con todas sus alternativas de control que el generador salga de operación o de sincronía; al mismo tiempo protege al equipo.

Problema

De acuerdo a¹ los esquemas de variación de voltaje, las principales perturbaciones de tensión son las siguientes:

- Sobretensión de larga duración. - Es un incremento superior al 110% de la tensión nominal, durante un tiempo mayor a un minuto. Generalmente resultan de la desconexión de una carga muy grande.
- Baja tensión de larga duración. - Es una disminución a un valor menor que el 90% del nominal, durante un tiempo mayor a un minuto. Su principal causa es la sobrecarga en las líneas.
- Sobretensión de corta duración (*swell*). - Es un incremento a un valor entre el 110% y el 180% del nominal, con una duración entre 0.5 ciclos de línea a 1 minuto. De manera similar a la sobretensión de larga duración, se produce generalmente por la desconexión de cargas muy grandes.
- Baja tensión de corta duración (*sag*). - Es una disminución a un valor entre el 10% y el 90% del nominal, con una duración entre 0.5 ciclos de línea a 1 minuto. Generalmente es ocasionado por la conexión de grandes cargas o el encendido de motores.

Estabilidad de tensión y generación distribuida se están tomando como eje principal para la confiabilidad y seguridad de un sistema de potencia, los estudios de estabilidad de tensión toman mucha fuerza en la actualidad, principalmente por el crecimiento de las redes eléctricas.

Además de la importancia de mantener el sistema disponible la mayor cantidad de horas posibles y al menor costo. Dependiendo de su magnitud, pueden provocar daños en equipos eléctricos, desconexión de dispositivos de la red, interrupciones del servicio en sectores del sistema y hasta apagones. Según Kundur (1994), la estabilidad de tensión “es la habilidad de un sistema de potencia de mantener dentro de un rango de valores permisibles la tensión en todas las barras del sistema, bajo condiciones normales de operación y después de estar sujeto a una perturbación”.

La estabilidad de tensión de un sistema de potencia está interrelacionada con la generación, la transmisión y la distribución. Se ve afectada por perturbaciones en el sistema como por ejemplo cortocircuitos (monofásicos, bifásicos o trifásicos), salida de generadores del sistema, cambios significativos de carga, entre otras.

Un AVR debe de responder a perturbaciones transitorias, forzando al campo compensar una caída de tensión momentánea o reducir la misma en caso de una elevación de tensión, además consiste en la capacidad y velocidad de respuesta del generador sin exceder sus límites como son:

Situación	Efecto
Límite de tensión de campo	Falla de la aislación del rotor
Límite de la corriente de campo	Calentamiento del rotor
Límite de carga MVA	Calentamiento del estator
Límite de subexcitación	Calentamiento región final del estator

Tabla 1. Elementos de control y efectos de pasar el límite permitido

¹ R. C. Dugan, et al, Electric Power Quality, McGraw Hill, New York, 1996.

Un sistema de generación debe operar en estado estable, dentro de los parámetros establecidos, a pesar de las perturbaciones que puedan suscitarse en el sistema.

En la figura 1 muestra el diagrama a bloques de un sistema de generación, con sus elementos de control y protección que permite tener mayor claridad de la misma. Los AVR's disponibles en el mercado varias de ellas cuentan con varias entradas/salidas analógicas y digitales, en muchos casos no se utilizan todos los canales, que se consideran innecesarios, sin embargo, ya vienen ensamblados lo que hace que los costos de los AVR's comerciales en el mercado se eleven drásticamente sus costos.

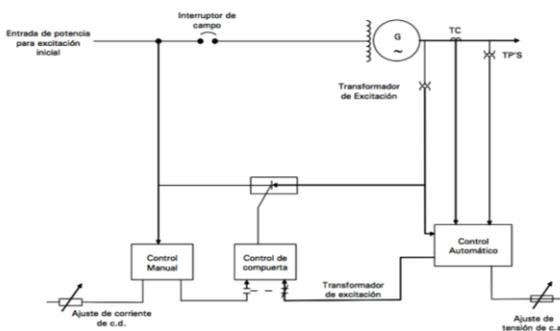


Figura 1 Sistema de generación eléctrica (NMX-J-501 ANCE-2005)

Con el propósito de reducir el tiempo de respuesta de los AVR's, se han desarrollado varias alternativas tal como esquemas en los cuales se utilizan técnicas de modulación de ancho de pulso (PWM), además de dispositivos de potencia modernos, tales como el transistor bipolar de compuerta aislada (IGBT)

Hipótesis

Un AVR debe poseer diversas herramientas para brindar la mayor disponibilidad y confiabilidad posible. Esto se logra teniendo varios elementos de control y protección, así como la redundancia máxima.

La propuesta del AVR se busca alcanzar mayor robustez mediante una mayor redundancia, en los sistemas de retroalimentación, tener un menor costo económico del AVR, debido a que se pretende reducir las cantidades de entradas y salidas, dejando solamente las que se requieren.

El diseño busca conjugar las características de respuesta de los elementos primarios de potencia (Generador, Transformador de Excitación y Convertidor de tiristores) de tal manera que cumplan los requerimientos de respuesta determinados por el planeador de la red eléctrica. Las características básicas de respuesta se orientan a condicionar la máxima respuesta transitoria del generador durante disturbios en la red con el objeto de aumentar los márgenes de estabilidad.

La velocidad de respuesta transitoria, en el caso de los sistemas con excitadores estáticos, a base de convertidores de tiristores las tensiones de techo, están limitadas por la relación de la transformación de excitación, por otra parte, la velocidad de respuesta está determinada así mismo por las tensiones de techo, la cantidad de hierro en los núcleos de los circuitos magnéticos y la eficacia de la función de control. Los tiempos que se busca alcanzar con los sistemas de control son los siguientes:

- Tiempo de respuesta menor a 0.25s.
- Tiempo de estabilización mayor a 0.7 s y menor de 1 s. con una banda de estabilización de $\pm 2\%$ de la magnitud del escalón.

Objetivos

Objetivo General

Diseñar un sistema de excitación conformado por una etapa de potencia en base a un transformador de excitación, interruptor de campo y un convertidor de tiristores.

Así como una etapa de control en base a una unidad de control de excitación (UCE), las cuales deben contener las funciones de regulación, compensación, limitación, protección, y control lógico, el cual se simulará en Simulink de MATLAB.

Objetivos específicos

- Diseñar un sistema en el que conjuguen las características de respuesta de los elementos primarios de potencia (generador, transformador de excitación y convertidor de tiristores) de tal manera que cumplan los requerimientos de respuesta determinados por el planeador de la red eléctrica.
- Condicionar la máxima respuesta transitoria del generador durante disturbios en la red con el objeto de aumentar los márgenes de estabilidad.
- Determinar la velocidad de respuesta en función de las tensiones de techo, la cantidad de hierro en los núcleos de los circuitos magnéticos y la eficacia de la función de control.

Marco Teórico

El generador sincrónico trifásico, es la máquina que se utiliza en las centrales eléctricas (Turboalternador) o bien como sistema autónomo de generación (Grupo electrógeno). El giro del rotor se produce mediante una máquina impulsora (Motor diésel, turbina de vapor, de gas, hidráulica, eólica), que mantiene una velocidad angular constante. La alimentación del electroimán se logra a través de un par de anillos rozantes que permiten la continuidad eléctrica entre una parte fija y una parte móvil.

El rotor es la parte móvil del generador y es donde se ubica comúnmente el devanado de campo, este último necesita la circulación de corriente continua para producir el campo magnético constante. Debido a que el rotor está en movimiento, resulta difícil poder alimentar al devanado de campo con corriente continua, por esa razón se requiere de un sistema de anillos rozantes y escobillas los cuales permiten el ingreso de la corriente desde una fuente externa.

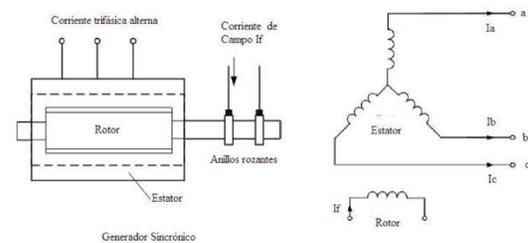


Figura 2 Diagrama Esquemático del Generador Sincrónico (Ivan Calero)

Fuerza electromotriz de la máquina síncrona

Siendo ω la velocidad angular del rotor y de acuerdo a la ley de Faraday-Lenz, entre los terminales de la bobina se inducirá una fuerza electromotriz cuyo valor está dado por:

$$e_A = e_{u1-u2} = -N_A \frac{d\phi}{dt} = N_A * \omega * \phi_{rot} * \text{sen}(wt) \quad (1)$$

Donde:

e_A = Fuerza electromotriz fase A

ω = velocidad angular del rotor.

N = Espiras

ϕ = Flujo de campo magnético

$$E_{max} = N * \omega * \phi_{rot} \quad (2)$$

$$e_A = E_{max} * \text{sen}(wt) \quad (3)$$

Si se aplica la ecuación a la expresión anterior para las tres fases se tiene:

$$e_A = N_A * \omega * \phi_{rot} * \text{sen}(wt) \quad (4)$$

$$e_B = N_B * \omega * \varphi_{rot} * \text{sen}(\omega t - 120^\circ) = N_B * \omega * \varphi_{rot} * \text{sen}(\omega t - 2\pi/3) \quad (5)$$

$$e_C = N_C * \omega * \varphi_{rot} * \text{sen}(\omega t + 120^\circ) = N_C * \omega * \varphi_{rot} * \text{sen}(\omega t + 2\pi/3) \quad (6)$$

Donde

$e_A = e_B = e_C$ es el voltaje inducido en cada fase.

φ_{ROT} = Flujo de campo magnético del rotor

El voltaje inducido se retrasa al flujo que circula por cada una de ellas en 90° . Se puede considerar un voltaje interno E inducido para cada fase, cuya característica principal es que retrasa al flujo del rotor en 90° : De esta manera se ha logrado tener un sistema de tres tensiones alternas desfasadas una de otra, 120° en el tiempo.

Circuito equivalente de la máquina sincrónica

La existencia de los ejes ficticios directo y en cuadratura, permite modelar eléctricamente las variables del estator a través de la resistencia del estator y las reactancias del eje directo y en cuadratura. Particularmente, si el rotor es de polos salientes las reactancias en ambos ejes son diferentes y su cálculo supone un desarrollo complejo. En el rotor cilíndrico, sin embargo, se define una única reactancia: $X_s = X_d = X_q$, por lo cual es posible establecer un circuito como el de la Figura 3.

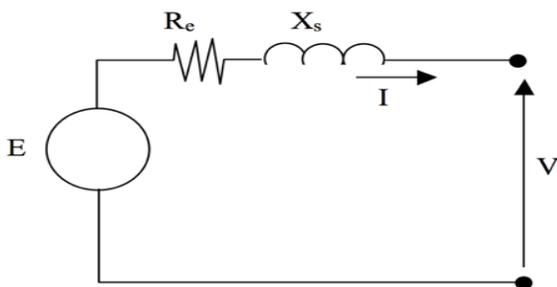


Figura 3 Circuito equivalente por fase de una máquina sincrónica

A partir de la figura se define:

$$E = L^{er} * I_r * \omega * \text{sen}(\omega t) \quad (7)$$

$$L^{er} = \frac{N_e N_r}{R} \quad (8)$$

Donde:

E es la tensión inducida de la máquina.

Re es la resistencia en los enrollados del estator.

L^{er} es la inductancia mutua entre rotor y estator.

N_e, N_r son el número de vueltas de los enrollados de estator y rotor respectivamente.

R es la reluctancia del circuito magnético.

I_r es la corriente rotórica (de excitación).

En el caso de la máquina operando como generador se tiene:

$$\vec{E} = R_e \vec{I} + jX_s * \vec{I} + \vec{V} \quad (9)$$

El diagrama fasorial correspondiente se muestra en la figura 4.

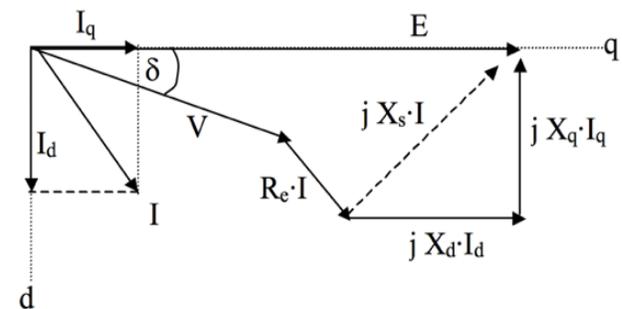


Figura 4 Diagrama fasorial de una máquina sincrónica como generador

En la Figura 4 el ángulo δ representa el ángulo de torque, es decir, el ángulo entre las fuerzas magnetomotrices del estator y rotor. La expresión para la potencia eléctrica generada por fase (caso de operación como generador) es (R_e se desprecia):

$$P = V * I * \cos(\theta) = \frac{E * V}{X_s} \text{sen}(\delta) \quad (10)$$

La ecuación muestra que la potencia activa inyectada a la red depende por una parte del ángulo entre las fuerzas magnetomotrices y principalmente de la tensión inducida “E” la cual es controlable a través de la corriente de excitación. Si se consideran los reactivos inyectados o absorbidos de la red se tienen:

$$Q = V * I * \text{sen}(\theta) = \frac{E*V}{X_s} \cos(\delta) - \frac{V^2}{X_s} \quad (11)$$

En el caso del torque generado en la operación como motor se tiene que cada fase aporta con:

$$T = \frac{V*I}{\omega} * \cos(\theta) = \frac{E*V}{\omega X_s} \text{sen}(\delta) \quad (12)$$

En el caso de una máquina con rotor de polos salientes, las dos ecuaciones anteriores se convierten en:

$$P = \frac{E*V}{X_d} \text{sen}(\delta) + \frac{X_d - X_q}{2X_d * X_q} V^2 \text{sen}(2\delta) \quad (13)$$

$$Q = \frac{E*V}{X_d} * \cos(\delta) - V^2 \left(\frac{\cos^2(\delta)}{X_d} - \frac{\text{sen}^2(\delta)}{X_q} \right) \quad (14)$$

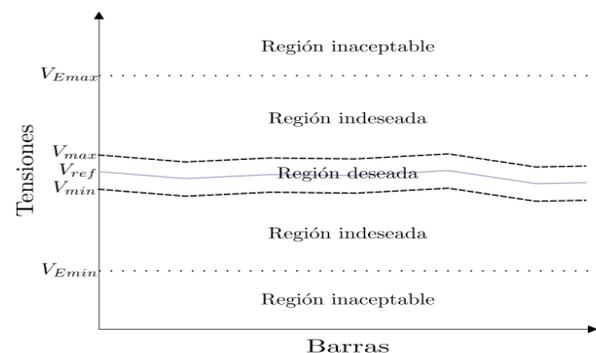
Reguladores Automáticos de voltaje o tensión

Considerando las necesidades de seguridad que requiere el generador eléctrico y la estabilidad del sistema, los objetivos del presente trabajo consisten en identificar los esquemas de protección apropiados para un generador, así como la velocidad de respuesta conjuntamente con los equipos auxiliares que intervienen en los cálculos de ajustes de protección.

Los AVR de los generadores, actualmente, están diseñados para seguir un valor de referencia específico (Van Cutsem y Vournas, 1998). Con el propósito de obtener un control de tensión coordinado, el diseño de un AVR del tipo estático para excitación de generadores eléctricos de gran capacidad.

No solo tiene un valor deseado único, sino una banda de valores entre los que pueda operar según el valor de tensión de su generador respectivo.

Estabilidad de tensión y generación distribuida se están tomando como eje principal para la confiabilidad y seguridad de un sistema de potencia, principalmente por el crecimiento de las redes eléctricas, además de la importancia de mantener el sistema disponible la mayor cantidad de horas posibles y al menor costo.



Gráfica 2 Regiones de operación del generador²

Para lograr lo mencionado es trascendental la búsqueda de un sistema robusto a perturbaciones, ya que estas, dependiendo de su magnitud, pueden provocar daños en equipos eléctricos, desconexión de dispositivos de la red, interrupciones del servicio en sectores del sistema y hasta apagones. Según Kundur (1994), la estabilidad de tensión “es la habilidad de un sistema de potencia de mantener dentro de un rango de valores permisibles la tensión en todas las barras del sistema, bajo condiciones normales de operación y después de estar sujeto a una perturbación”. Aunque los AVR presentan claras ventajas frente a los esquemas clásicos, utilizan una topología diferente a los reguladores clásicos, por lo que la sustitución de éstos no se puede realizar de manera directa por un regulador rápido de taps u otra tecnología.

² Luis Emilio Vargas Ramírez, 2013

Para cumplir con estos requerimientos, además de brindar la protección necesaria, un AVR debe poseer diversas herramientas para brindar la mayor disponibilidad y confiabilidad posible

Metodología de Investigación

De acuerdo al modelo propuesto, se plantea la siguiente metodología cuantitativa, la cual utiliza la recolección y el análisis de datos para contestar preguntas de investigación y probar hipótesis, confiando en la medición numérica, el conteo y frecuentemente en el uso de estadísticas para establecer con exactitud patrones de comportamiento en una población. Según Sampieri (Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2003) se utiliza primero para describir y refinar preguntas de investigación. A veces, pero no necesariamente, se prueban hipótesis (Grinnel & A. Unrau, 2005).

Tipo de Investigación

De acuerdo a la naturaleza y nivel de conocimiento de este proyecto, el tipo de investigación que se propuso fue investigación descriptiva, debido que se buscó describir a todos los componentes que conforman los AVR's, lo que permitió proporcionar un diseño que satisficiera las necesidades del operador.

Métodos Teóricos

La naturaleza de esta investigación, permite proponer un método lógico; esta investigación se basa en las leyes de Faraday y Lenz, entre otras, lo que permitió llegar a un resultado factible para el operador.

Metodología de Desarrollo

Se planteó la posibilidad de varios esquemas de control en lazo cerrado como son:

- Compensador de carga
- Regulación del compensador de reactivos
- Ajustador de voltaje
- Controlador PF Tipo I y Tipo II
- Controlador VAR Tipo I y Tipo II
- Limitador de mínima excitación (UEL) y máxima excitación y (OEL)
- Limitador de voltaje y frecuencia Volts/Hz
- Sistema Estabilizador de Potencia (PSS)
- Regulación de corriente de campo en lazo abierto

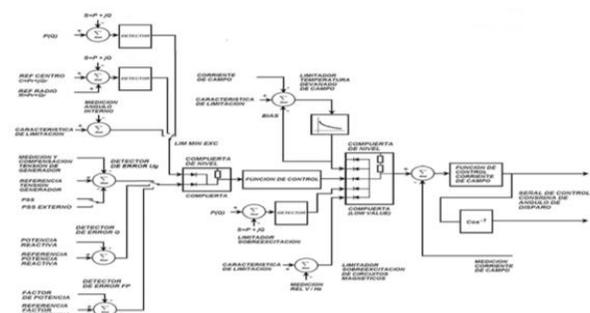


Figura 5 Diagrama a bloques, canal de regulación de tensión en terminales de un generador

El trabajo desarrollado integró varias etapas; como punto de partida fue conocer los objetivos del proyecto y metas a alcanzar, a partir de ello se realizó el trabajo de investigación de varios estudios desarrollados en este rubro.

Concluido este proceso de documentación e investigación del tema se procedió a realizar los análisis de cada método de control desarrollando sus diagramas de flujo para posteriormente desarrollar la programación para el PLC. Específicamente se trabaja con un modelo de CPU 315-2DP de la marca SIEMENS con un módulo AI 8x13 BIT, con capacidad para 8 de entradas analógicas. Este dispositivo utiliza el principio de medida por integración; dicho período está entre los 50 ms y 60 ms (mucho mayor al tiempo de lectura de la marca descartada).

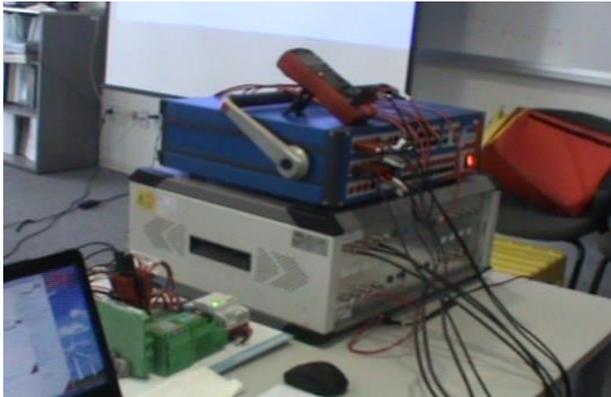


Figura 6 Equipos que permitieron ver la velocidad de respuesta de los PLCs

Después de considerar la marca del PLC, se procedió a programar en el lenguaje de Simulink, mismo que se corrió en MATLAB con un esquema de un generador síncrono, con las variables de entrada y salida.

Una vez programado cada función de control en cada caso se ingresó los parámetros de referencia, así como las señales de entrada y salida para realizar las pruebas de cada función de control, con el objetivo de tener las diversas posibilidades de control y observar la velocidad de respuesta ante arranque o alguna perturbación en el voltaje de salida

Análisis de filtros pasa bajas

Una de las principales aplicaciones del trabajo es que se pone en práctica el análisis en Laplace de los Filtros Pasa Baja.

En el AVR es importante limitar el paso de las señales a cierta frecuencia para mejorar el comportamiento del controlador.

El valor de corte del Filtro lo otorga el usuario. Lo importante es la aplicación del conocimiento físico-matemático a una aplicación final, en este caso, en los estabilizadores de potencia en sus diferentes tipos.

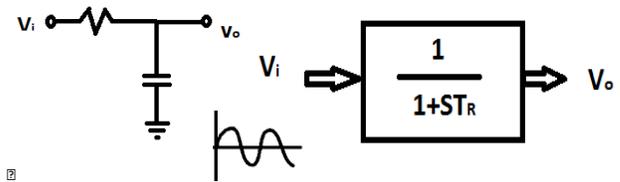


Figura 7 Filtro pasa bajas

$$A = \frac{V_0}{V_i} \tag{15}$$

$$V_0 = \frac{\frac{1}{sC}}{R + \frac{1}{sC}} V_i \tag{16}$$

$$V_0 = \frac{1}{RCS + 1} V_i \tag{17}$$

Si $V_i = V_p \sin \omega t$ (18)

$$V_i(s) = V_p \frac{\omega}{s^2 + \omega^2} \tag{19}$$

$$V_0 = \frac{\omega V_p}{(1 + RCS)(s^2 + \omega^2)} \tag{20}$$

Si $T_R = RC$ (21)

$$V_0 = \frac{\omega V_p}{T_R} \frac{1}{\left(s + \frac{1}{T_R}\right)(s^2 + \omega^2)} \tag{22}$$

$$\frac{1}{\left(s + \frac{1}{T_R}\right)(s^2 + \omega^2)} = \frac{A}{s + \frac{1}{T_R}} + \frac{Bs + C}{s^2 + \omega^2} \tag{23}$$

Desarrollando los sistemas de ecuaciones

$$v_o = \frac{\omega v_p}{T_R} \tag{24}$$

$$v_o = \frac{\omega v_p}{T_R} \left[\frac{T_R^2}{1 + (T_R \omega)^2} e^{-\frac{T}{T_R}} - \frac{T_R^2}{1 + (T_R \omega)^2} \cos \omega T + \frac{T_R}{(1 + (T_R \omega)^2) \omega} \sin \omega t \right] \tag{25}$$

- El 1^{er} sumando corresponde al estado transitorio.
- El 2^{do} y 3^{er} sumando corresponde al estado estable

Simplificando la ecuación (25) tenemos las siguientes ecuaciones.

$$v_o = M \cos(\omega t + \phi) \tag{26}$$

Donde:

$$M = \frac{v_p}{\sqrt{1+(\omega T_R)^2}} \tag{27}$$

$$\phi = \tan^{-1}\left(-\frac{v_p}{\omega T_R v_p}\right) \tag{28}$$

Si se estudia la magnitud M su comportamiento se visualiza en la gráfica tiene el siguiente comportamiento

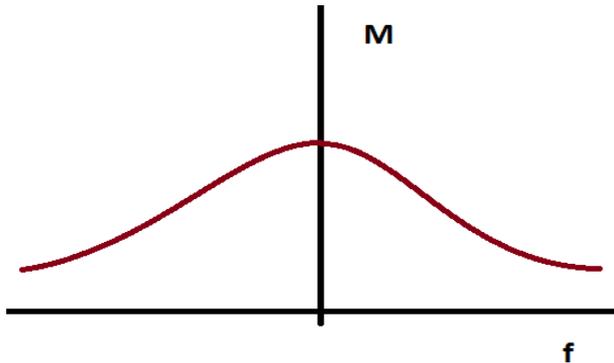
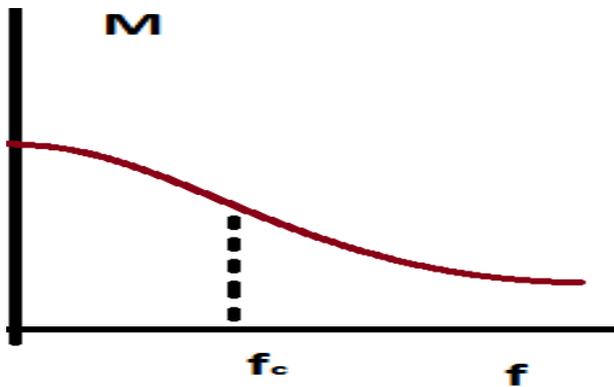


Gráfico 3 Tendencia de M vs f

De acuerdo a la teoría de filtro es un filtro pasa bajas.



Gráfica 4 Filtro pasa bajas

La frecuencia de corte o frecuencia crítica se encuentra con la formula

$$\omega T_R = 1 \tag{29}$$

$$T_R = \frac{1}{2\pi f} \tag{30}$$

$$f = \frac{1}{2\pi T_R} \tag{31}$$

Se debe otorgar el valor de la frecuencia crítica, para que a partir de ésta se encuentre el valor de TR.

Resultados

La regulación automática de voltaje a lazo cerrado

El regulador automático de voltaje (AVR) controla el voltaje en terminales del estator.

Compensador de carga

Es usada para controlar el voltaje representativo, ya sea dentro o fuera del generador. Con esto se mide la corriente por armadura (devanados del estator), la caída de voltaje es sumada o restada al voltaje en terminales. La magnitud resultante Vc es la que llega al AVR, la expresión matemática es:

$$V_c = |E_t + (R_c + jX_c) I_c| \tag{32}$$

El compensador tiene una resistencia ajustable (Rc) y la reactancia inductiva (Xc) que simulan la impedancia entre los terminales del generador y el punto donde la tensión es controlada de forma más efectiva. En la Tabla 2 se muestra las variables utilizadas para el diseño del algoritmo del compensador de carga.

Símbolo	Descripción	Valor
XTg	Reactancia del generador	0.1066

Tabla 2 Variables del compensador de carga

En la figura 8 se la implementación del algoritmo de compensador de carga.

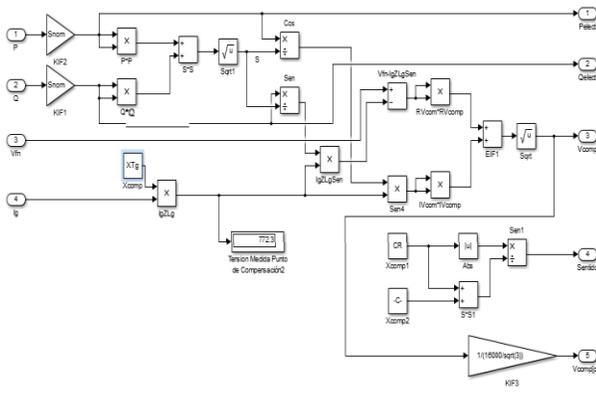
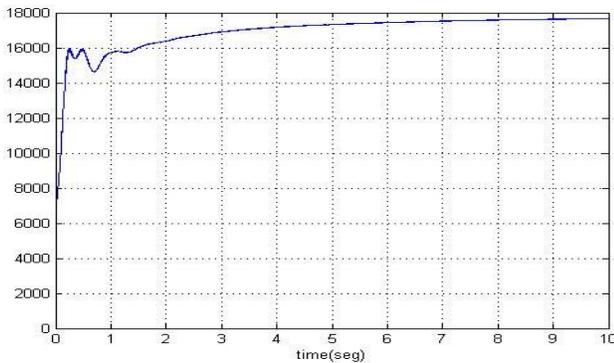


Figura 8 Algoritmo de compensador de carga

El comportamiento del voltaje con el algoritmo de compensador de carga se muestra en la gráfica 5.



Gráfica 5 Voltaje de Compensador de carga

Regulación del compensador de reactivos

Un controlador o regulador de Factor de Potencia o de Potencia Reactiva se define en la IEEE 421.6 como “Controlador VAR/PF: Una función de control que actúa en base a un valor Set Point de referencia para modificar al regulador de voltaje con la finalidad de mantener el factor de potencia o la Potencia Reactiva de la máquina síncrona en estado estable en un valor predeterminado.

En el caso de un regulador VAR/PF, éste elimina la terminal del lazo de retroalimentación y, en su lugar, directamente controla la unidad del voltaje de campo para regular el PF o los VAR hacia el set point de referencia del usuario. Modelado y algoritmo del factor de potencia tipo II. En la figura 9 se muestra el modelo del generador completo con el modulo prueba del controlador del factor de potencia Tipo II desarrollado para este proyecto

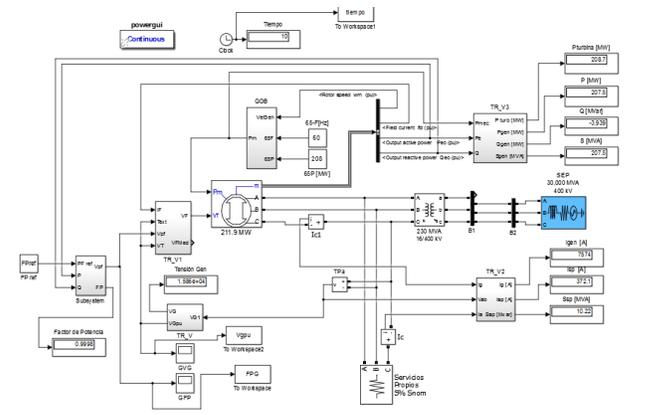


Figura 9 Modelo del generador con el módulo de Factor de Potencia

En la tabla 3 se muestran las variables utilizadas en el algoritmo de factor de potencia.

Símbolo	Descripción	Valor
Fpref	Referencia de factor de potencia	1
Kp	Ganancia Proporcional	1.2
Ki	Ganancia Integral	2
VpfMAX	Voltaje de factor de potencia máximo	1
Vpfmin	Voltaje de factor de potencia mínimo	-1

Tabla 3 Variable de Factor de Potencia

En la Figura 10 se muestra el desarrollo del algoritmo de factor de potencia diseñado en MATLAB.

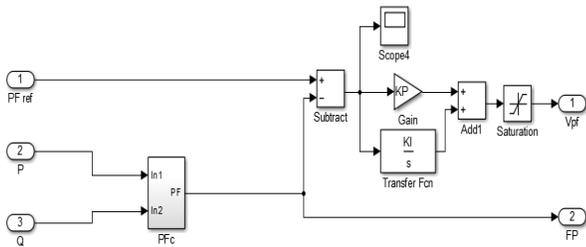
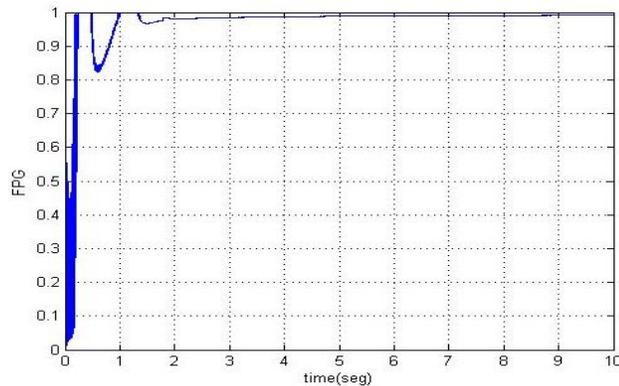


Figura 10 Algoritmo de Factor de Potencia

En la gráfica 6 se muestra el comportamiento del voltaje con el algoritmo factor de potencia desarrollado en MATLAB.



Gráfica 6 Factor de Potencia

Limitador de mínima y sobreexcitación (OEL)

Un limitador de mínima excitación (OEL), funciona a través del regulador de voltaje automático (AVR) para impulsar la excitación cada vez que se detecta una condición de funcionamiento en la que la excitación base sea demasiada baja.

Un UEL es aplicado para uno o más de los siguientes propósitos:

- Para evitar el funcionamiento que pone en peligro la estabilidad de la máquina sincrónica o que podría dar lugar a la pérdida de sincronismo debido a una excitación insuficiente.
- Para evitar la operación que daría lugar a un sobrecalentamiento en la región del extremo del estator de la máquina síncrona, lo cual normalmente se producirá cuando la máquina está absorbiendo grandes cantidades de potencia reactiva como se define por la máquina de la curva de capacidad.
- Evitar la pérdida de campo, al operar el equipo en una etapa sub-excitada.

Los limitadores de sobreexcitación (OEL), también denominado limitador de máxima excitación y limitador de corriente de campo, se han proporcionado con los sistemas de excitación por muchos años, pero recientemente, no se han modelado en sistemas de potencia con simulaciones dinámicas.

Aunque no se requiere el modelado OEL en todos los estudios del sistema, la mayor parte del esfuerzo necesario para implementar estos modelos estará en la recogida de datos del limitador y pruebas de prototipos. El tiempo computacional requerido para procesar estos modelos es mínimo.

La tasa de rampa puede ser constante (Kundur³) o proporcional al nivel de sobreexcitación (Morison, Gao, and Kundur⁴). En los sistemas reales, un OEL puede controlar y limitar una de varias variables (corriente de campo principal o el voltaje, la corriente de campo del excitador o de tensión, etc.)

³Kundur, P., Power System Stability and Control. New York: McGraw-Hill, 1994.
⁴ Morison, G. K., Gao, B., and Kundur P., "Voltage Stability Analysis Using Static and Dynamic Approaches,"

IEEE Transactions on Power Systems, vol. 8, no. 3, pp. 1159-1171, August 1993.

Modelado y algoritmo del OEL

En la Figura 11 se muestra el modelo del generador e implementación de OEL. En la

Tabla 4 se muestra las variables del generador donde se puede notar la implementación del limitador de máxima excitación.

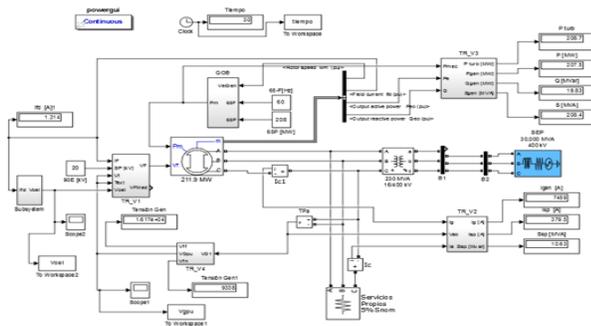


Figura 11 Modelo del generador e implementación de OEL

Símbolo	Descripción	Valor
IFLM1	Limitador de corriente de tiempo	1.6*1.25
IFLM2	Limitador de corriente de tiempo	1.05*1.25
LM1	Limitador 1	-0.085
LM2	Limitador 2	-3.85
K1	Ganancia 1	150
K2	Ganancia 2	0.248
K3	Ganancia 3	12.6
K4	Ganancia 4	140

Tabla 4 Variables del algoritmo OEL

En la Figura 12 se puede apreciar el modelo del Algoritmo OEL.

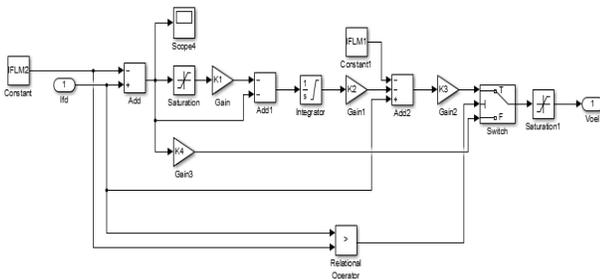
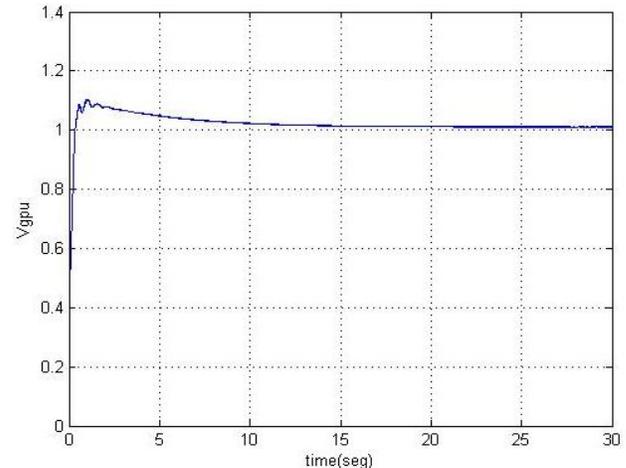


Figura 12 Algoritmo OEL

En la Grafica 7 se observa el comportamiento del voltaje generado en PU con el OEL.



Gráfica 7 Comportamiento del Vg en PU con OE

Agradecimientos

Se agradece las facilidades otorgadas para lograr el presente trabajo a partir de un convenio de colaboración y asignación de recursos, celebrado entre SEDIPSSA Comercializadora S.A. de C.V. y la Universidad Tecnológica del Valle del Mezquital (UTVM).

Conclusiones

El resultado del trabajo entre cuerpo academico e industria permitio lograr alcances mas interezantes en el analisis de los AVR's desde un enfoque real.Los PID como control del generador se asegura la estabilidad del generador desde el inicio de su operación y aun ante cualquier transitorio que pudiese presentar durante su operación. Derivado de lo anterior incrementa la vida util del generador, y se reduce las penelizaciones por picos de voltaje en la red.

Hay dos características que se deben cuidar en la elección del PLC donde se llevará a cabo el desarrollo de un AVR.

- Velocidad de respuesta del PLC. Con esto se evita trabajar con PLC's que posiblemente no otorguen la velocidad de respuesta necesaria.
- La capacidad de redundancia de forma automática. De esta manera, se evita una programación para lograr un sistema de respaldo.

Cada lazo tiene ciertos criterios que cumplir para una operación estable, que va depender de los valores de referencias, las constantes de los PID y que para lograr modificar estas variables se realizo un HMI para modificar los valores del AVR dependiendo del tipo lazo. Mediante la misma permite ver el comportamiento del sistema mediante monitoreo continuo y sirve como un sistema de alarma, y verificar las variables y verificocar el historial de eventos. Como una mejora a este proyecto, se recomienda la adquisición de un generador síncrono, de esta manera, se pueden llevar a cabo las pruebas en forma física, además de analizar la posibilidad de utilizar tecnología FPGA ya que reduce drásticamente el tiempo de respuesta logrando operar el equivalente en tiempo real, que el procesador del PLC no logra.

Referencias

IEEE 421.5-2005 Cap 8 Recommended Practice for Excitation System Models for Power System Stability Studies.

Kundur P. Power System Stability and Control 2006

SIEMENS. SIMATIC S7-300. Sistema de automatización S7-300. Datos de los Módulos. Manual de producto. 02/2013.

Diseño de modelo optimizado para el mantenimiento de equipos y procesos industriales aplicado al mantenimiento productivo total

AVILÉS-FERRERA, José Josías*†, RODRÍGUEZ-SÁNCHEZ, Marcos, AMBRIZ-COLÍN, Fernando, FLORES-PÉREZ, José Manuel, CANO-RAMÍREZ, Jaime

Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato. Carretera Valle de Santiago - Huamimaro Km. 1.2, 20 de Noviembre, 38400 Valle de Santiago, Gto.

Recibido Enero 15, 2017; Aceptado Marzo 10, 2017

Resumen

En el presente trabajo se realiza la propuesta de el diseño de un modelo optimizado para el mantenimiento de equipos y procesos industriales desarrollado en la Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato (UTSOE). Este proyecto consistió en investigar, diseñar y desarrollar un sistema integral que proporcione una mejor solución a los problemas que se enfrentan en la industria manufacturera, los cuales son debido a los procesos mal documentados y formatos de mantenimiento que no son eficientes. Se desarrolló el modelo de un sistema integral de mantenimiento de máquinas, equipos y procesos industriales, mediante la información recabada en diferentes medios de información tales como: libros, sitios de internet, revistas, artículos, etc. Se desarrolló una propuesta de procedimientos de mantenimiento y se crearon los formatos necesarios para llevar a cabo las actividades de mantenimiento y así mejorar la metodología y la documentación para el mantenimiento a equipos y máquinas industriales.

Modelo, procedimientos, mantenimiento, formatos, metodologías

Abstract

In the present work, it realized the proposal of the design of an optimized model for the maintenance of equipment and industrial processes developed in the Technological University of the Southwest of Guanajuato (UTSOE). This project consisted of investigating, designing and developing a comprehensive system that provides a better solution to the problems faced in the manufacturing industry, which are due to poorly documented processes and maintenance formats that are not efficient. The model of an integral system for maintenance of machines, equipment and industrial processes was developed. Through the information gathered in different media such as books, internet sites, magazines, articles, etc. A proposal of maintenance procedures was developed and the necessary formats were created to carry out the maintenance activities and thus to improve the methodology and the documentation for the maintenance to equipment and industrial machines.

Model, procedures, maintenance, formats, methodologies

Citación: AVILÉS-FERRERA, José Josías, RODRÍGUEZ-SÁNCHEZ, Marcos, AMBRIZ-COLÍN, Fernando, FLORES-PÉREZ, José Manuel, CANO-RAMÍREZ, Jaime. Diseño de modelo optimizado para el mantenimiento de equipos y procesos industriales aplicado al mantenimiento productivo total. Revista de Operaciones Tecnológicas. 2017. 1-1:49-55.

† Investigador contribuyendo como primer autor.

*Correspondencia al Autor Correo Electrónico: jjavilesfe@utsoe.edu.mx

Introducción

La industria moderna, tan competitiva como lo es hoy en día, debido a la globalización y a la economía, requiere de procesos bien definidos que garanticen productos de alta calidad, en el menor tiempo posible y a un bajo costo. Por lo que es necesaria la buena administración de sus procesos, recursos y de su tiempo. Esto conlleva a establecer planes de operación y mantenimiento en un tiempo bien definido, cuidando en todo momento que sus recursos materiales y humanos se encuentren en óptimas condiciones. Si estos fallaran sería catastrófico para la empresa ya que esto provocaría retrasos en sus tiempos de producción y entrega de su producto, una elevación en los costos de producción e incluso hasta su extinción en el mercado por lo que el impacto que tendría en la sociedad y la economía sería enorme.

Por lo descrito anteriormente, es importante que existan medios y métodos que ayuden a evaluar los procesos y procedimientos de operación, así como diagnosticar de forma óptima las máquinas y equipos de tal manera que garanticen que se encuentran en excelentes condiciones de operación. En la actualidad, existen métodos que ayudan a mantener y solucionar estos problemas mediante el empleo de técnicas predictivas y oportunas, tales como el mantenimiento correctivo y preventivo.

Sin embargo, las fallas de los equipos por una mala operación o deterioro de los mismos, a pesar de la existencia de un buen plan de mantenimiento preventivo, pueden llegar a provocar el retraso en la producción, incrementar los costos debido a un mayor consumo energético y hasta el paro completo de una línea de producción o una planta.

Objetivos

Objetivo General

El objetivo principal de este proyecto es: Diseñar un modelo que sea óptimo para la administración, documentación y mantenimiento de equipos y procesos industriales.

Objetivos específicos

- Desarrollar nuevas técnicas para la predicción de fallas de máquinas y equipos industriales.
- Desarrollar nuevas metodologías para la evaluación y diagnóstico de máquinas y equipos industriales.
- Implementar nuevos procesos que hacen eficiente y óptimo el uso de la energía.
- Generar procesos industriales óptimos por medio del manejo adecuado de las TIC's.
- Desarrollar nuevos modelos y mejores algoritmos que permitan al usuario tomar decisiones más rápidas y precisas con base en la exactitud de la información.

Por lo anterior, se investigó, diseño y se desarrolló un sistema integral que proporcione una mejor solución a los problemas que se enfrenta la industria manufacturera de la región del bajío, en particular del estado de Guanajuato.

Marco Teórico

El mantenimiento es una profesión que se dedica a la conservación de equipo de producción, para asegurar que éste se encuentre constantemente y por el mayor tiempo posible, en óptimas condiciones de confiabilidad y que sea seguro de operar, (Díaz, 2010). Se define mantenimiento como: todas las acciones que tienen como objetivo mantener un artículo o restaurarlo a un estado en el cual pueda llevar a cabo alguna función requerida.

Estas acciones incluyen la combinación de las acciones técnicas y administrativas correspondientes. Es el conjunto de actividades que se realizan a un sistema, equipo o componente para asegurar que continúe desempeñando las funciones deseadas dentro de un contexto operacional determinado, (Rey, 2000).

En términos generales, por mantenimiento se designa al conjunto de acciones que tienen como objetivo mantener un artículo o restaurarlo a un estado en el cual él mismo pueda desplegar la función requerida o las que venía desplegando hasta el momento en que se dañó, (Villanueva, 2006).

El Mantenimiento Productivo Total (TPM - Total Productive Maintenance) surgió en el Instituto Japonés de Mantenimiento de Planta (JIPM - Japan Institute of Plant Maintenance) como un sistema destinado a lograr la eliminación de las seis grandes pérdidas de los equipos, a los efectos de poder hacer factible la producción "Just in Time", la cual tiene como objetivos primordiales la eliminación sistemática de desperdicios, (Navarro, 1997).

El T.P.M. se orienta a crear un sistema corporativo que maximiza la eficiencia de todo el sistema productivo, previniendo las pérdidas en todas las operaciones de la empresa: Producción, Mantenimiento, Dirección, Ingeniería, Proveedores y el Resto de departamentos. Los procesos fundamentales han sido llamados por el JIPM como "pilares". Estos pilares sirven de apoyo para la construcción de un sistema de producción ordenado y son: Mejora Focalizada, Mantenimiento Autónomo, Mantenimiento Planeado, Capacitación, Control Inicial, Mejoramiento para la Calidad, TPM en los departamentos de apoyo y Seguridad, Higiene y Medio Ambiente. Se implantan siguiendo una metodología disciplinada, potente y efectiva.

Las seis grandes pérdidas se hallan directa o indirectamente relacionadas con los equipos dando lugar a reducciones en la eficiencia del sistema productivo en tres aspectos fundamentales:

- Tiempos muertos o paro del sistema productivo.
- Funcionamiento a velocidad inferior a la capacidad de los equipos.
- Productos defectuosos o malfuncionamientos de las operaciones en un equipo.

El crecimiento del TPM puede dividirse en las siguientes cuatro fases de desarrollo:

- Fase 1: Mantenimiento de averías.
- Fase 2: Mantenimiento preventivo.
- Fase 3: Mantenimiento productivo.
- Fase 4: TPM

El TPM es en la actualidad uno de los sistemas fundamentales para lograr la eficiencia total, en base a la cual es factible alcanzar la competitividad total. La tendencia actual es mejorar cada vez más la competitividad supone elevar en un grado máximo la eficiencia en calidad, tiempo y costo de producción e involucra a la empresa en el TPM conjuntamente con el Mantenimiento de Calidad Total (TQM.- Total Quality Management), (Cruz, 1997).

Entre los objetivos principales y fundamentales del TPM se tienen:

- Reducción de averías en los equipos.
- Reducción del tiempo de espera y de preparación de los equipos.
- Utilización eficaz de los equipos existentes.
- Control de la precisión de las herramientas y equipos.
- Promoción y conservación de los recursos naturales y economía de energéticos.

AVILÉS-FERRERA, José Josías, RODRÍGUEZ-SÁNCHEZ, Marcos, AMBRIZ-COLÍN, Fernando, FLORES-PÉREZ, José Manuel, CANO-RAMÍREZ, Jaime. Diseño de modelo optimizado para el mantenimiento de equipos y procesos industriales aplicado al mantenimiento productivo total. Revista de Operaciones Tecnológicas.

- Formación y entrenamiento del personal.
La implementación está conformada por un total de cinco fases:
- Mantenimiento Autónomo. Comprende la participación activa por parte de los operarios en el proceso de prevención a los efectos de evitar averías y deterioros en las máquinas y equipos.
- Aumento de la efectividad del equipo mediante la eliminación de averías y fallos. Se realiza mediante medidas de prevención vía rediseño-mejora o establecimiento de pautas para que no ocurran.
- Mantenimiento planificado. Implica generar un programa de mantenimiento por parte del departamento de mantenimiento. Constituye el conjunto sistemático de actividades programadas a los efectos de acercar progresivamente la planta productiva a los objetivos de: cero averías, cero defectos, cero despilfarros, cero accidentes y cero contaminaciones.
- Prevención de Mantenimiento. Mediante los desarrollos de ingeniería de los equipos, con el objetivo de reducir las probabilidades de averías, facilitar y reducir los costos de mantenimiento. El objetivo es lograr un equipo de fácil operación y mantenimiento, así como la reducción del periodo entre la fase de diseño y la operación estable del equipo y la elevación en los niveles de fiabilidad, economía y seguridad, reduciendo los niveles y riesgos de contaminación.
- Mantenimiento predictivo. Consiste en la detección y diagnóstico de averías antes de que se produzcan, de tal forma que puedan programarse los paros para reparaciones en los momentos oportunos.

Entre los beneficios de su aplicación tenemos:

- a. Reducción de paros,
- b. Ahorro en los costos de mantenimiento
- c. Alargamiento de vida de los equipos
- d. Reducción de daños provocados por averías
- e. Reducción en el número de accidentes
- f. Más eficiencia y calidad en el funcionamiento de la planta
- g. Mejoras de relaciones con los clientes, al disminuir o eliminar los retrasos

Metodología de Investigación

El modelo optimizado para el mantenimiento de equipos y procesos industriales, que a continuación se muestra, es toda la parte administrativa de los procesos de mantenimiento en la industria. En éste modelo se generaron formatos tales como: alta y baja de los equipos, plan de mantenimiento, orden de trabajo, bitácora, etc., que se muestran y describen a continuación.

Procedimiento de Altas y Bajas

El formato para el procedimiento de alta y baja de máquinas y/o equipos industriales, contiene la información para que el encargado de llevar a cabo este levantamiento de equipos tenga los pasos a seguir.

Procedimiento de Alta/Baja de Máquinas y/o Equipo Industrial	
Nº	Actividades
1	El usuario llenara el formato T-01 correspondiente al alta/baja de máquinas y/o equipos Industriales.
2	El usuario llenara el formato T-09 correspondiente al alta/baja de accesorios relacionados con la máquina y/o equipo Industrial.
3	El usuario llenara el formato T-10 correspondiente al alta/baja de herramientas relacionados con la máquina y/o equipo Industrial.
4	El usuario llenara el formato T-11 correspondiente al alta/baja de equipo relacionados con la máquina y/o equipo Industrial.
5	El usuario llenara el formato T-12 correspondiente al alta/baja de proveedor relacionados con la máquina y/o equipo Industrial.

Tabla 1 Procedimiento de alta y baja de máquinas y/o equipos industriales

Fuente: Elaboración propia

Procedimiento Alta/baja de accesorios	
N°	Actividades
1	El usuario llenará el formato T-09 correspondiente a la alta/baja de accesorios

Tabla 2 Procedimiento de alta y baja de accesorios

Fuente: *Elaboración propia*

Procedimiento Alta/baja de herramientas	
N°	Actividades
1	El usuario llenará el formato T-10 correspondiente a la alta/baja de herramientas

Tabla 3 Procedimiento de alta y baja de herramientas

Fuente: *Elaboración propia*

Procedimiento Alta/baja de proveedores	
N°	Actividades
1	El usuario llenará el formato T-12 correspondiente a la alta/baja de proveedores

Tabla 4 Procedimiento de alta y baja de proveedores

Fuente: *Elaboración propia*

Procedimiento Alta/baja de usuario	
N°	Actividades
1	El usuario llenará el formato T-13 correspondiente a la alta/baja de usuario

Tabla 5 Procedimiento de alta y baja de usuario

Fuente: *Elaboración propia*

Procedimiento del Plan de Mantenimiento

En la tabla 6, contiene el procedimiento del plan de mantenimiento, en el cual contiene todas las indicaciones que el encargado debe llevar a cabo para realizar una actividad de mantenimiento a un equipo o máquina industrial.

Procedimiento del Plan de Mantenimiento	
N°	Actividades
1	El usuario llenará el formato T-08 correspondiente al plan de mantenimiento programando las fechas y tipo de mantenimiento que recibirá el equipo.
2	El usuario llenará el formato T-02 correspondiente a la solicitud de mantenimiento de acuerdo a las actividades programadas en el formato T-08.
3	El usuario complementará el formato T-08 de acuerdo a la solicitud de mantenimiento del formato T-02, cuando las actividades no hayan sido programadas
4	El usuario llenará el formato T-03 correspondiente a la orden de mantenimiento

5	El usuario llenará el formato T-04 correspondiente al reporte de mantenimiento
6	El usuario llenará el formato T-05 correspondiente al informe de mantenimiento
7	El usuario llenará el formato T-06 correspondiente al historial del equipo
8	El usuario llenará el formato T-07 correspondiente a la bitácora.
9	Cuando el usuario decida que el equipo no puede ser reparado se procede a la baja del mismo llenando el formato T-01 correspondiente a la alta/ baja de máquinas y/o equipos industriales.

Tabla 6 Procedimiento del plan de mantenimiento

Fuente: *Elaboración propia*

En la tabla 7, se muestra el formato de Alta/Baja de máquinas y/o equipos industriales. Este formato ayudará a tener un mejor control del inventario de las máquinas y/o equipos de la planta.

Alta /Baja de máquinas y/o equipos industriales			F-01
Equipo:		Clave:	
Marca :	Usuario:		
Modelo:	Fecha de alta:	Fecha de Baja:	
N° Serie:	Ubicación:		
Descripción:			
Características:			
Accesorios:			
Proveedor:			
Documentos			
Clave	Nombre	Descripción	
_____ Nombre y firma de quien lo elabora			

Tabla 7 Formato de Alta/Baja de máquinas y/o equipos industriales

En la Tabla 8 se muestra el formato de la Orden de Mantenimiento, esta orden servirá para tener un control del mantenimiento de los equipos.

ORDEN DE MANTENIMIENTO		F-03
Equipo:	Usuario:	
Área:	Fecha de inicio:	
Tipo de mantenimiento:	Fecha de terminación:	
Descripción:		
Accesorios:		
Herramientas:		
Equipo de seguridad:		
Información:		
Responsable:	Actividades:	
Asistente:	Actividades:	
Responsable:	Actividades:	
Asistente:	Actividades:	
_____ Nombre y firma del Jefe		_____ Nombre y firma del responsable

Tabla 8 Orden de trabajo para llevar a cabo las actividades de mantenimiento

En la Tabla 9 se muestra el formato del reporte de mantenimiento. Este reporte indicará cuales son las características de los equipos, su diagnóstico y mantenimiento.

Reporte de Mantenimiento		F-04
Equipo:	Fecha:	Hora:
Usuario:		
Diagnóstico:		
Actividades:		
Observaciones:		
Recomendaciones:		
Estado del equipo:		
_____ Nombre y firma responsable		_____ Nombre y Firma del Jefe

Tabla 9 Formato de reporte de mantenimiento

En la tabla 10, se muestra el formato del informe de mantenimiento. En este informe se describirá la condición actual del equipo, su historial y mantenimiento.

INFORME DE MANTENIMIENTO		F-05
Equipo:		
Usuario:		
Fecha:	Hora:	
Falla:		
Responsable:	Fecha:	Hora:
Actividades:		
Observaciones:		
Estado actual del equipo:		
_____ Nombre y firma del encargado		_____ Nombre y firma del Jefe

Tabla 10 Formato del informe de mantenimiento

En la Tabla 11 se muestra el formato del Plan de mantenimiento. Este formato sirve para programar los mantenimientos preventivos de los equipos de la planta.

PLAN DE MANTENIMIENTO									F-08
Equipo	Fecha de Inicio	Hora de inicio	Fecha de Terminación	Hora de Terminación	Tipo de Mantenimiento	Actividades	Recursos P/A/H/E	Observaciones	Estado

Tabla 11 Formato del Plan de mantenimiento

Resultados

Al llevar a cabo este diseño de modelo optimizado para el mantenimiento de equipos y procesos industriales, se realizó una comparación con los sistemas actuales con los que operan las empresas actuales para llevar a cabo el mantenimiento a los diferentes equipos y maquinas industriales. En tabla de la Tabla 12, se muestra la comparación entre los modelos actuales de mantenimiento y el modelo propuesto.

Modelos	MODELO DE MANTENIMIENTO ACTUAL	PROPUESTA DE MODELO OPTIMIZADO DE MANTENIMIENTO
Formatos	Número inadecuado de formatos (Muchos, Ninguno)	Número adecuado de formatos.
Información de los equipos en los formatos	Contienen poca información de los equipos.	Contiene toda la información necesaria de los equipos.
Control de formatos	No se tiene un buen control de formatos	Se tiene un buen control de formatos
Mejor administración de los procesos mantenimiento	No tiene muy buena administración de los procesos de mantenimiento.	Se tiene mejor administración de los procesos de mantenimiento.

Figura 6 Comparación del modelo propuesto con modelos actuales

Conclusiones

Mediante la investigación desarrollado en diferentes medios, se pudo llevar a cabo el diseño de modelo optimizado para el mantenimiento de equipos y procesos industriales, el cual contiene toda la parte administrativa de los procesos de mantenimiento. Estos formatos llevados a cabo contienen toda la información relevante para realizar los diferentes tipos de mantenimiento, además de que se tiene formatos para controlar la alta y baja de los equipos, como también se realizó los formatos para mejorar el control de los proveedores que en un futuro se ocupen para realizar una compra de refacciones, equipo, etc.

Con la comparación que se llevó cabo del modelo que se propone en un futuro se podrá aplicar en la industria manufacturera y tal vez los tiempo para llevar acabo laborares de mantenimiento se reduzcan drásticamente, este es el objetivo principal de este modelo propuesto de mantenimiento a equipos industriales.

Referencias

Cruz Rabelo, E. M., (1997). *Ingeniería de Mantenimiento*. Nueva Librería

Díaz Navarro, J., (2010). *Técnicas de mantenimiento Industrial*. Mexico. CECSA

Navarro Elola, L., (1997). *Gestión Integral de Mantenimiento*. Marcombo

Rey Sacristan, F., (2000). *TPM*. Mexico: Alfaomega

Villanueva, D., (2006). *La Productividad en el Mantenimiento Industrial*. Continental

Instrucciones para autores

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

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

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

Resumen

Título

Objetivos, metodología

Contribución

(150-200 palabras)

Abstract

Title

Objectives, methodology

Contribution

(150-200 words)

Keywords

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

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

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Instrucciones para autores

Introducción

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

Explicación del tema en general y explicar porque es importante.

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

Enfocar claramente cada una de sus características

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

Explicación de las secciones del artículo

Desarrollo de Secciones y Apartados del Artículo con numeración subsecuente

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

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

Inclusión de Gráficos, Figuras y Tablas-Editables

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

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

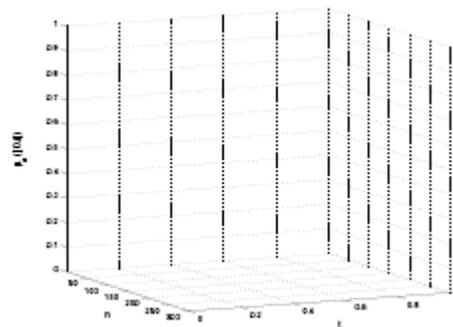


Grafico 1 Titulo y Fuente (en cursiva).

No deberán ser imágenes- todo debe ser editable.

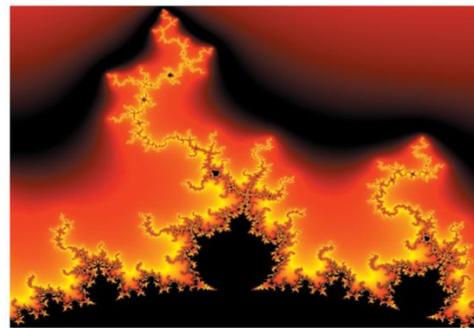


Figura 1 Titulo y Fuente (en cursiva).

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 Titulo secuencial.

Instrucciones para autores

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

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

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

Metodología a desarrollar

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

Resultados

Los resultados deberán ser por sección del artículo.

Anexos

Tablas y fuentes adecuadas.

Agradecimiento

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

Conclusiones

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

Referencias

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

Ficha Técnica

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

Nombre de la Revista

Título del Artículo

Abstract

Keywords

Secciones del Artículo, por ejemplo:

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

Nombre de Autor (es)

Correo Electrónico de Correspondencia al Autor

Referencias

Formato de Originalidad



Taipei-Taiwan a ____ de ____ del 20____

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

Artículo (Article):

Firma (Signature):

Nombre (Name)

Formato de Autorización



Taipei-Taiwan a ____ de ____ del 20____

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

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

Artículo (Article):

Firma (Signature)

Nombre (Name)

Revista de Operaciones Tecnológicas

“Rendimiento de Tomate Saladet (*Solanum Lycopersicum*) con la aplicación de Microorganismos benéficos en Yucatán”

EK-UC, Azael Oseas & JIMÉNEZ-CHI, José Antonio
Universidad Tecnológica del Mayab

“Interacción genotipo ambiente en cruzamientos varietales de maíz para los estados de Veracruz y Tabasco, México”

SIERRA-MACÍAS, Mauro, RODRÍGUEZ-MONTALVO, Flavio Antonio,
GÓMEZ-MONTIEL, Noel, y ANDRÉS-MEZA, Pablo

“Actividad antimicrobiana del cobre en enterobacterias”

TOLEDO-TREJO, Erika, FUENTES-ROMERO, Maria Teresa, GALEANA-GARCÍA, Joel, GALVÁN-LUIS, Aarón Sebastián, GRANADOS-OLVERA, Jorge-Alberto
Universidad Tecnológica Fidel Velázquez

“Estudio Citotoxico del Inositol Hexafosfato en la línea celular HeLa”

SANCHEZ-RAMOS, Sanjuana, FLORES-VILLAVICENCIO, Lerida Liss, CASTRUITA-DOMINGUEZ, José Pedro, y CARRILLO-LANDELL, Felipe Guadalupe.
Instituto Tecnológico Superior de Irapuato

“Sistema generador de energía eléctrica por vibraciones”

DE LA CRUZ-DURÓN, Raúl , BÉCERRA-REYES, Hugo De Jesús, RODRÍGUEZ-CONTRERAS, Jorge Antonio, GÓMEZ-TRIANA, Carlos
Universidad Tecnológica de Calvillo

“Lazos de control para un Regulador Automático de Voltaje (AVR)”

DEMILLON-PASCUAL, Rufino & TREJO-LEAL, Huber

“Diseño de modelo optimizado para el mantenimiento de equipos y procesos industriales aplicado al mantenimiento productivo total”

AVILÉS-FERRERA, José Josías, RODRÍGUEZ-SÁNCHEZ, Marcos, AMBRIZ-COLÍN, Fernando, FLORES-PÉREZ, José Manuel, CANO-RAMÍREZ, Jaime
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato

