

ISSN 2410-3993

Volumen 2, Número 3 -- Abril -- Junio -2015

Revista de Tecnología e Innovación

ECORFAN®

Bases de datos

Google scholar.



ECORFAN®

ECORFAN-Bolivia

Directorio

Principal

RAMOS ESCAMILLA- María, PhD.

Director Regional

SERRUDO GONZALES- Javier, BsC

Director de la Revista

ESPINOZA GÓMEZ- Éric, MsC

Relaciones Institucionales

IGLESIAS SUAREZ- Fernando, BsC

Edición de Logística

DAZA CORTEZ- Ricardo, BsC

Diseñador de Edición

RAMOS ARANCIBIA- Alejandra, BsC

Revista de Tecnología e Innovación, Volumen 2, Número 3, de Abril a Junio - 2015, es una revista editada trimestralmente por ECORFAN-Bolivia. Santa Lucía N-21, Barrio Libertadores, Cd. Sucre. Chuquisaca, Bolivia. WEB: www.ecorfan.org, revista@ecorfan.org. Editora en Jefe: Ramos Escamilla-María, Co-Editor: Serrudo González-Javier. ISSN-2410-3993. Responsables de la última actualización de este número de la Unidad de Informática ECORFAN. Escamilla Bouchán- Imelda, Luna Soto-Vladimir, actualizado al 30 de Junio de 2015.

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 del Derecho de Autor.

Consejo Editorial

GALICIA-PALACIOS, Alexander, PhD.
(*Instituto Politécnico Nacional*), México

NAVARRO-FROMETA, Enrique, PhD.
(*Instituto Azerbaidzhan de Petróleo y Química Azizbekov*), Rusia

BARDEY-David, PhD.
(*University of Besançon*), Francia.

IBARRA -ZAVALA, Darío, PhD.
(*New School for Social Research*), U.S.

COBOS-CAMPOS, Amalia, PhD.
(*Universidad de Salamanca*), España

ALVAREZ-ECHEVERRIA, Francisco, PhD.
(*University José Matías Delgado*), El Salvador.

BELTRAN-MORALES, Luis, PhD.
(*Universidad de Concepción, Chile*), Chile.

BELTRAN-MIRANDA, Claudia, PhD.
(*Universidad Industrial de Santander- Colombia*), Colombia

Consejo Arbitral

ROMERO-RAMIREZ, Salvador, MsC.
(*Universidad de Londres*), México

ZAVALA-Manuel, MsC.
(*Universidad de Londres*), México

BLANCO-COCOM, Luis, MsC.
(*Universidad Autónoma de Yucatán*), México.

CHAN-CHI, Noe, Mtro.
(*Universidad Autónoma de Yucatán*), México.

TUTOR-SÁNCHEZ, Joaquín, PhD.
(*Universidad de la Habana*), Cuba

VERDEGAY-GALDEANO, José, PhD.
(*Universidad de Granada*), España

OROZCO-GUILLÉN, Eber, PhD.
(*Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica*), México

QUIROZ-MUÑOZ, Enriqueta, PhD.
(*El Colegio de México*), México

Presentación

ECORFAN, es una revista de investigación que publica artículos en las áreas de: Revista de Tecnología e Innovación

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

El artículo *Síntesis y caracterización de catalizadores ácidos mesoporosos tipo SBA-15* por CRISTOBAL-GARCIA, Juan, RAMOS-GALVAN, Claudia, GARCIA-ALAMILLA, Ricardo & ANTONIO-CRUZ, Rocío del Carmen, como siguiente artículo está *Documentar proceso de verificación funcional en línea PDI en los modelos mo-1353389n-xx, me-1353389n-xx de Nissan* por ADAME-José, KIDO-Juan & ONOFRE-Carlos, como siguiente artículo está *Implementación de las 5'S* por CRUZ-Samuel, KIDO-Juan, & LEON-Miguel, como siguiente artículo está *Caracterización microestructural y análisis de precipitados en aleaciones Fe-Cr utilizados en tuberías de incineradores de residuos sólidos urbanos* por ALCANTARA-Juan, MEDINA-Manuel, SALAZAR-Rodrigo & FUENTES-Teresa, como siguiente artículo *Remoción de hidrocarburos policíclicos mediante reactores de suelos activados* por CUEVAS-Blanca, RUIZ-Adriana, SALGADO-Alberto & DELGADILLO-Patricia con adscripción en la Universidad Autónoma del Estado de México como siguiente artículo está *Determinación de vida de anaquel en confitados* por ESTRADA-GARCIA, Israel, HERNANDEZ-AUSTRIA, Edgar, TAGLE-REYES, Arturo & LAGUNES-Francisca con adscripción en la Universidad Tecnológica de Huasteca Hidalguense, como siguiente artículo está *Inventario de residuos peligrosos, el inicio de su manejo* por LOPEZ-VIGIL, Miriam, HEREDIA-Armando, MATIAS-Ramón, FRANCO-Bertha, JUAREZ-Senén, JIMENEZ-Yesica & HERNANDEZ-Eric, como siguiente artículo está *Diseño y desarrollo de un Vehículo Terrestre no Tripulado para prevención y monitoreo de variables negativas a los campos de cultivo* por BARRON-BALDERAS, Juan & FAUSTO-LEPE, Gabriela con adscripción en la Universidad Tecnológica de Jalisco, como siguiente artículo está *Diseño de equipos didácticos para los procesos de inyección/extrusión y prensado* por CESAR-MAULEON, María, LINARES-GOMEZ, Patricia, GOMEZ-GONZALES, María & ZAMORA-CEJA, Carlos con adscripción en la Universidad Tecnológica de Nezahualcóyot, como siguiente artículo está *Determinación de Factores Críticos de Éxito para la Implementación de Justo a Tiempo: Análisis Factorial* por RIVERA-Denisse, RIVERA-Lizeth, HOLTZHEIMER-Ángeles & CHAVEZ-Lorena, como siguiente artículo está *Evaluación del secador de charolas del Instituto Tecnológico Superior de Santiago Papasquiaro* por TORRES-LARA, María, ESTUPIÑAN-IBÁÑEZ, Manuel, CORDOVA-GURROLA, Erica & QUIÑONES-MUÑOZ, Tania con adscripción en el Instituto Tecnológico Superior de Santiago Papasquiaro como siguiente artículo se tiene *Automatización de una Prensa Hidráulica para cubos de sal como alimento de ganado* por MARTINEZ-MARTINEZ, Verónica, RODRIGUEZ-LEMMUS, Rubén, VIVANCO-LOPEZ, Edgardo, JUAREZ-VALENZUELA, Mónica & CERVANTES-DIAZ, Martha con adscripción en la Universidad Tecnológica de Jalisco.

Como siguiente artículo está *Análisis e Invariancias en Gestos Faciales Primarios* por MONTECILLO-PUENTE, Francisco, SAMANO-ABONCE, Obed, LOPEZ-ENRIQUEZ, Renato & MEDINA-REZA, Alejandro con adscripción en el Instituto Tecnológico Superior de Salvatierra, como siguiente artículo está *Impacto de la utilización del gas shale como combustible de reemplazo del gas natural en la fusión de escorias de oro y plata utilizando un horno híbrido* por SANCHEZ-VALDES, Esteban, PARGA-TORRES, José, VALENZUELA-GARCIA, Leonardo & VALENZUELA-SOTO, Alejandro con adscripción en el Instituto Tecnológico de Saltillo, Universidad de Sonora, respectivamente, como siguiente artículo está *Sistema de Concentración de Energía Solar Térmico de Temperatura Media para Calentar una Plancha Metálica* por MELLADO-Carlos, OROZCO-Eber, GALAN-Néstor & MEJIAS-Nildia con adscripción en la Universidad Politécnica de Sinaloa, como siguiente artículo está *Creación de un microlaboratorio VOIP configurando PBX con software libre* por ARROYO-Jorge, REYES-Matilde & GARCIA-Francisco, como siguiente artículo está *Disminución de defectos, utilizando el Ciclo PDCA en una empresa manufacturera del sector médico* por VALDEZ-Manuel, MORALES-Juan, GONZALES-Blanca & OLACHEZ-Luis, con adscripción en el Instituto Tecnológico de Sonora, como siguiente artículo está *Desarrollo de un Sistema Web para la aplicación de Censos Empresariales con Geolocalización* por CASTILLO-Christian, RISTORI-David & CANCINO-Karina, con adscripción en la Universidad Autónoma de Chiapas, como siguiente artículo está *Reducción de deformación por pandeo en microcircuitos electrónicos por tratamiento térmico* por VARGAS-Lidia, CABREAR-Eduardo, VALDEZ-Benjamin & OLIVEROS-Amparo con adscripción en la Universidad Politécnica de Baja California, Universidad Autónoma de Baja California, respectivamente, como siguiente artículo está *Las Actividades de Innovación en las MIPYMES de la Industria Manufacturera de Aguascalientes* por CUEVAS-VARGAS, Héctor, AGUILERA-Luis, ESTRADA-Salvador & ALMANZA-Leticia, con adscripción en la Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato, Universidad Autónoma de Aguascalientes, Universidad de Guanajuato respectivamente, como siguiente artículo está, *Análisis de la operación de líneas de transmisión con un enfoque basado en un diagrama de círculos de potencia en Matlab* por HERNANDEZ-CANO, Diego, GARCIA-GUZMAN, José, FIGUEROA-GODOY, Fernando & RAZON-GONZALES, Juan con adscripción en el Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, como siguiente artículo está *Herramienta computacional desarrollada en Matlab para diseño de columnas de destilación* por GONZALES-PONCE, María, SEGOVIANO-GARFIAS, José, SOTO-ALCOCER, José & ORTEGA-HERRERA, Francisco con adscripción en el Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, Universidad de Guanajuato, respectivamente, como siguiente artículo está *Propuesta para el aprovechamiento de lactosuero en el Valle del Mezquital* por TREJO-TREJO, Elia, TREJO-TREJO, Natalia & ZUÑIGA-MORALES, con adscripción en la Universidad Tecnológica del Valle del Mezquital, como siguiente artículo está *Impacto de la Medición de Energía Inteligente en la ciudad de Querétaro - piloto el Marquez* por SANCHEZ-ROJO, Rubén, ZAPATA-PERUSQUIA, Raúl, SANTIAGO-ZARAGOZA, María de Lourdes & ESCORZA-SANCHEZ, Marysol, con adscripción en la Universidad Tecnológica del Valle del Mezquital, como siguiente artículo está, *Desarrollo de Multi-Sitio (Web) para el Procesamiento de Datos de Cromatografía en Transformadores de Potencia* por JURADO-PÉREZ, Fernando, PÉREZ-SALAS, Osvaldo, GONZALES-CABRERA, Nestor & TORRES-JIMENEZ, Jacinto, con adscripción en el Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, como siguiente artículo está *Estudio de Diagnóstico Diferencial en Cromatografía de Gases en Transformadores de Potencia* por JURADO-PÉREZ, Fernando, PÉREZ-SALAS, Osvaldo, GONZALES-CABRERA, Nestor & TORRES-JIMENEZ, Jacinto con adscripción en el Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, como siguiente artículo está, *Aplicación de simulación y diseño de experimentos para optimizar la cantidad de montacargas en un almacén* por VALTIERRA-Joel, VARGAS-Bertha & RUELAS-Edgar con adscripción en el Instituto Tecnológico Superior de Irapuato.

Como siguiente artículo está, *Sistema de Gestión Digital para la indexación de evidencias para el CIEES de una Institución de Educación Superior en Altamira, México* por GOMEZ-CARPIZO, Santiago, VARGAS-MARTINEZ, Juan, PONCE-FLORES, Mima & BAUTISTA-VARGAS, María, con adscripción en la Universidad Politécnica de Altamira, como siguiente artículo está *Diseño de una golosina tradicional a base de Apis Mellifera o Gromphadolina portentosa que contribuya en el aporte energético de la dieta diaria* por RUBIO-Daniela, MELO-Virginia, NOGUEZ-Norma & RUBIO-Alejandro, con adscripción en la Universidad Autónoma Metropolitana de Xochimilco.

Contenido

Artículo	Pag
Síntesis y caracterización de catalizadores ácidos mesoporosos tipo SBA-15 <i>CRISTOBAL-GARCIA, Juan, RAMOS-GALVAN, Claudia, GARCIA-ALAMILLA, Ricardo & ANTONIO-CRUZ, Rocío del Carmen</i>	343-345
Documentar proceso de verificación funcional en línea PDI en los modelos mo-1353389n-xx, me-1353389n-xx de Nissan <i>ADAME-José, KIDO-Juan & ONOFRE-Carlos</i>	346-362
Implementación de las 5'S <i>CRUZ-Samuel, KIDO-Juan, & LEON-Miguel</i>	363-368
Caracterización microestructural y análisis de precipitados en aleaciones Fe-Cr utilizados en tuberías de incineradores de residuos sólidos urbanos <i>ALCANTARA-Juan, MEDINA-Manuel, SALAZAR-Rodrigo & FUENTES-Teresa</i>	369-376
Remoción de hidrocarburos policíclicos mediante reactores de suelos activados <i>CUEVAS-Blanca, RUIZ-Adriana, SALGADO-Alberto & DELGADILLO-Patricia</i>	377-391
Determinación de vida de anaquel en confitados <i>ESTRADA-GARCIA, Israel, HERNANDEZ-AUSTRIA, Edgar, TAGLE-REYES, Arturo & LAGUNES-Francisca</i>	392-400
Inventario de residuos peligrosos, el inicio de su manejo <i>LOPEZ-VIGIL, Miriam, HEREDIA-Armando, MATIAS-Ramón, FRANCO-Bertha, JUAREZ-Senén, JIMENEZ-Yesica & HERNANDEZ-Eric</i>	401-415
Diseño y desarrollo de un Vehículo Terrestre no Tripulado para prevención y monitoreo de variables negativas a los campos de cultivo <i>BARRON-BALDERAS, Juan & FAUSTO-LEPE, Gabriela</i>	416-422
Diseño de equipos didácticos para los procesos de inyección/extrusión y prensado <i>CESAR-MAULEON, María, LINARES-GOMEZ, Patricia, GOMEZ-GONZALES, María & ZAMORA-CEJA, Carlos</i>	423-439
Determinación de Factores Críticos de Éxito para la Implementación de Justo a Tiempo: Análisis Factorial <i>RIVERA-Denisse, RIVERA-Lizeth, HOLTZHEIMER-Ángeles & CHAVEZ-Lorena</i>	440-453

Liebres Inteligentes: Sistema de Multicomputadoras para el procesamiento paralelo de aplicaciones científicas	454-463
<i>VELARDE-MARTINEZ, Apolinar, LUNA-RAMIREZ, Enrique & HARO-HERNANDEZ, José</i>	
Evaluación del secador de charolas del Instituto Tecnológico Superior de Santiago Papasquiario	464-469
<i>TORRES-LARA, María, ESTUPIÑAN-IBAÑEZ, Manuel, CORDOVA-GURROLA, Erica & QUIÑONES-MUÑOZ, Tania</i>	
Automatización de una Prensa Hidráulica para cubos de sal como alimento de ganado	470-475
<i>MARTINEZ-MARTINEZ, Verónica, RODRIGUEZ-LEMMUS, Rubén, VIVANCO-LOPEZ, Edgardo, JUAREZ-VALENZUELA, Mónica & CERVANTES-DIAZ, Martha</i>	
Análisis e Invariancias en Gestos Faciales Primarios	476-486
<i>MONTECILLO-PUENTE, Francisco, SAMANO-ABONCE, Obed, LOPEZ-ENRIQUEZ, Renato & MEDINA-REZA, Alejandro</i>	
Impacto de la utilización del gas shale como combustible de reemplazo del gas natural en la fusión de escorias de oro y plata utilizando un horno híbrido	487-496
<i>SANCHEZ-VALDES, Esteban, PARGA-TORRES, José, VALENZUELA-GARCIA, Leonardo & VALENZUELA-SOTO, Alejandro</i>	
Sistema de Concentración de Energía Solar Térmico de Temperatura Media para Calentar una Plancha Metálica	497-501
<i>MELLADO-Carlos, OROZCO-Eber, GALAN-Néstor & MEJIAS-Nildia</i>	
Creación de un microlaboratorio VOIP configurando PBX con software libre	502-509
<i>ARROYO-Jorge, REYES-Matilde & GARCIA-Francisco</i>	
Disminución de defectos, utilizando el Ciclo PDCA en una empresa manufacturera del sector médico	510-529
<i>VALDEZ-Manuel, MORALES-Juan, GONZALES-Blanca & OLACHEZ-Luis</i>	
Desarrollo de un Sistema Web para la aplicación de Censos Empresariales con Geolocalización	530-537
<i>CASTILLO-Christian, RISTORI-David & CANCINO-Karina</i>	
Reducción de deformación por pandeo en microcircuitos electrónicos por tratamiento térmico	538-548
<i>VARGAS-Lidia, CABREAR-Eduardo, VALDEZ-Benjamin & OLIVEROS-Amparo</i>	

Las Actividades de Innovación en las MIPYMES de la Industria Manufacturera de Aguascalientes <i>CUEVAS-VARGAS, Héctor, AGUILERA-Luis, ESTRADA-Salvador & ALMANZA-Leticia</i>	549-563
Análisis de la operación de líneas de transmisión con un enfoque basado en un diagrama de círculos de potencia en Matlab <i>HERNANDEZ-CANO, Diego, GARCIA-GUZMAN, José, FIGUEROA-GODOY, Fernando & RAZON-GONZALES, Juan</i>	564-573
Herramienta computacional desarrollada en Matlab para diseño de columnas de destilación <i>GONZALES-PONCE, María, SEGOVIANO-GARFIAS, José, SOTO-ALCOCER, José & ORTEGA-HERRERA, Francisco</i>	574-580
Propuesta para el aprovechamiento de lactosuero en el Valle del Mezquital <i>TREJO-TREJO, Elia, TREJO-TREJO, Natalia & ZUÑIGA-MORALES, Jonatan</i>	581-594
Impacto de la Medición de Energía Inteligente en la ciudad de Querétaro - piloto el Marquez <i>SANCHEZ-ROJO, Rubén, ZAPATA-PERUSQUIA, Raúl, SANTIAGO-ZARAGOZA, María de Lourdes & ESCORZA-SANCHEZ, Marysol</i>	595-604
Desarrollo de Multi-Sitio (Web) para el Procesamiento de Datos de Cromatografía en Transformadores de Potencia <i>JURADO-PEREZ, Fernando, PEREZ-SALAS, Osvaldo, GONZALES-CABRERA, Nestor & TORREZ-JIMENEZ, Jacinto</i>	605-611
Estudio de Diagnóstico Diferencial en Cromatografía de Gases en Transformadores de Potencia <i>JURADO-PEREZ, Fernando, PEREZ-SALAS, Osvaldo, GONZALES-CABRERA, Nestor & TORRES-JIMENEZ, Jacinto</i>	612-623
Aplicación de simulación y diseño de experimentos para optimizar la cantidad de montacargas en un almacén <i>VALTIERRA-Joel, VARGAS-Bertha & RUELAS-Edgar</i>	624-636
Sistema de Gestión Digital para la indexación de evidencias para el CIEES de una Institución de Educación Superior en Altamira, México <i>GOMEZ-CARPIZO, Santiago, VARGAS-MARTINEZ, Juan, PONCE-FLORES, Mima & BAUTISTA-VARGAS, María</i>	637-646

Diseño de una golosina tradicional a base de Apis Mellifera o Gromphadolina portentosa que contribuya en el aporte energético de la dieta diaria 647-656
RUBIO-Daniela, MELO-Virginia, NOGUEZ-Norma & RUBIO-Alejandro

Instructions for Authors

Originality Format

Authorization Form

Síntesis y caracterización de catalizadores ácidos mesoporosos tipo SBA-15

CRISTOBAL-GARCIA, Juan†, RAMOS-GALVAN, Claudia, GARCIA-ALAMILLA, Ricardo & ANTONIO-CRUZ, Rocío del Carmen

Recibido 22 de Abril, 2015; Aceptado 6 de Junio, 2015

Resumen

Mediante este estudio se llevo a cabo la síntesis del material mesoporoso SBA-15 (Si) impregnado con iones circonio, para proveer la acidez necesaria para la reacción de la descomposición del 2-propanol. Los catalizadores fueron sintetizados mediante un tratamiento hidrotérmico, posteriormente se calcinaron en un flujo de aire seco, la impregnación de los iones circonio se realizó in situ. Se realizó la síntesis de la SBA-15 impregnado con una fuente de circonio (cloruro de circonilo) al 0.5, 1.0 y 5.0% peso teórico respectivamente, para dar acidez al catalizador SBA-15, y a su vez aprovechar el área específica elevada que se obtiene mediante la síntesis. Los iones circonio se incorporaron en conjunto con la síntesis del precursor del silicato, favoreciendo la acidez del material debido a que dichos iones se distribuyeron en la estructura hexagonal de la SBA-15, sin alterar significativamente sus propiedades texturales. Se realizaron las siguientes caracterizaciones: FTIR, BET, DRX, Deshidratación de 2-propanol.

FTIR, BET, DRX, SBA-15, ZrO₂

Abstract

Through this study we were carried out the synthesis of SBA-15 mesoporous materials impregnated with zirconium ions, to provide the necessary acidity for the reaction of the decomposition of 2-propanol. The catalysts were synthesized by a hydrothermal treatment subsequently calcined in a flow of dry air, impregnating the zirconium ions performed in situ. Synthesis of SBA-15 impregnated with a source of zirconium (zirconyl chloride) at 0.5, 1.0 and 5.0% respectively theoretical weight was conducted to give the catalyst acidity SBA-15, and in turn the advantage that high specific area obtained by synthesis. The zirconium ions are incorporated in conjunction with the synthesis of the precursor of silicate, favoring the acidity of the material because such ions were distributed into the hexagonal structure of SBA-15, without significantly altering their textural properties. Characterizations were performed as follows; FTIR, BET, XRD, dehydration of 2-propanol.

FTIR, BET, DRX, SBA-15, ZrO₂

Citación: CRISTOBAL-GARCIA, Juan, RAMOS-GALVAN, Claudia, GARCIA-ALAMILLA, Ricardo & ANTONIO-CRUZ, Rocío del Carmen. Síntesis y caracterización de catalizadores ácidos mesoporosos tipo SBA-15. Revista de Tecnología e Innovación 2015, 2-3:343-345

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

En 1998 (Zhao, 1998) y colaboradores reportaron la síntesis de un novedoso material de silica denominado SBA-15 usando un copolimero orgánico para ordenar la estructura de un precursor de silica polimerica (Finklea John, Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo., 2012). Asimismo, los materiales mesoporosos estructurados presentan una elevada superficie y volumen de poros, lo que les confiere propiedades de gran interés con vistas a su utilización como catalizadores, adsorbentes y soportes (Alcaraz Cienfuegos, 2005). Esto fue de gran interés para los investigadores debido a que sus propiedades texturales son consideradas de gran importancia en las reacciones de deshidratación de alcoholes, esto ha generado el desarrollo de materiales modificados con dopantes externos para generar la acidez necesaria y poder llevar a cabo la actividad catalítica para la deshidratación de alcoholes. Esto con el fin de sustituir los catalizadores organicos utilizados en la industria petroquímica debido a que causan problemas en la salud y el medio ambiente y afectan al equipo generando corrosión al entrar en contacto con este tipo de catalizadores.

Metodología a desarrollar

El material catalítico Si se preparó utilizando Pluronic P-123 ([OE]₂₀-[OP]₇₀-[OE]₂₀) como agente estructurante, se disolvió con ácido clorhídrico, enseguida se incorporó el tetraetil ortosilicato, con una agitación constante durante 24 horas. Enseguida se llevó a cabo el tratamiento hidrotérmico por un lapso de 24 horas. Al término de esto la solución se filtró y lavó con agua desionizada, luego se colocó en la estufa para un secado completo durante 12 horas. Después se llevó a cabo la calcinación a 550°C por 6 horas en aire (K. Tanabe., 1989). Enseguida se llevó a cabo el tratamiento hidrotérmico durante 24 horas. El precipitado se filtró, lavó y secó por 48 horas.

Después se realizó la calcinación a 550°C por 6 horas en aire. El catalizador SBA-15 impregnado con iones circonio (SiZr) se preparó utilizando Pluronic P-123, disuelto con ácido clorhídrico, inmediatamente se incorporó el tetraetil ortosilicato y el cloruro de circonilo (0.5%, 1.0% y 5.0% peso respecto al silicio), esta mezcla se mantuvo con una agitación durante 24 horas. Se llevó a cabo el tratamiento hidrotérmico durante 24 horas. Para finalizar el precipitado se filtró, lavó y secó por 48 h. Inmediatamente se llevó a cabo la calcinación a 550°C por 6 horas en aire.

Resultados

Espectroscopía de infrarrojo – Se llevó a cabo el análisis FTIR de los materiales preparados de las bandas de infrarrojo, el cual dio información acerca de los grupos funcionales de las especies absorbidas. La zona comprendida en la región 4000 – 1200 cm⁻¹ nos da información importante sobre los grupos –OH presentes en las muestras de los soportes. En los espectros de infrarrojo de los materiales sintetizados se pudieron observar picos en 1042 cm⁻¹, 807 cm⁻¹ y 430 cm⁻¹ característicos de vibraciones simétricas relacionadas a los estiramientos Si – O – Si (Yin-Qing Zhang, 2009). El dopamiento del material SBA-15 con iones circonio e iones fosfato no cambian la frecuencia de los estiramientos característicos del material mesoporoso, esto relacionado probablemente a la baja concentración de los iones dopantes respecto al silicio.

Difracción de rayos X – Mediante esta técnica se identificaron la estructura de los sólidos sintetizados. En los patrones de difracción de rayos X de los materiales catalíticos se observan (Esta parte cambio poco) los 3 picos de la SBA-15 atribuidos a los planos (100), (110) y (200) que correspondiente a la simetría al plano 2θ . La reflexión intensa en el plano (100) es característico de las estructuras mesoporosas hexagonales de alta simetría, el pico en el plano (110) indica el ordenamiento de poros 2-D y el plano (200) muestra la periodicidad del ordenamiento de los poros (Figura 1). En términos generales, el patrón de difracción muestra un material con un arreglo hexagonal 2-D, un arreglo ordenado y canales uniformes, típico del material SBA-15 (Sun Yinyong, 2006). La distancia interplanar con una longitud de 9.8 nm, también corresponde a los valores típicos de este tipo de material (Fuxiang Li, 2007).

Fisorción de nitrógeno – Se realizaron los análisis texturales mediante el método BET, técnica que permite conocer el área específica, volumen total de poro y diámetro de poro de los materiales catalíticos (Anunziata Oscar A., 2007). La tabla 1 se observan los resultados obtenidos de las propiedades texturales del material catalítico puro Si y los catalizadores impregnados SiZr1.0 y SiZr5.0.

Actividad catalítica – Para el estudio de la actividad catalítica de los materiales, se llevó a cabo la reacción de descomposición de 2-propanol (Philippe Trens, 2004), en la tabla 2 se mencionan los catalizadores utilizados, se probó cada uno de ellos en la conversión de 2-propanol y la selectividad al propileno y éter diisopropílico. Las condiciones de operación fueron: tiempo de reacción de 60 minutos por temperatura, la temperatura en el reactor dependió de la naturaleza de los catalizadores, con un flujo de N_2 de 40 ml/min y con una temperatura de 10 °C en el saturador.

Como se puede observar el catalizador Si no presentó conversión alguna en el intervalo de temperatura de reacción estudiado (80 – 400 °C), este comportamiento es debido a que este catalizador no cuenta con un carácter ácido, sin embargo, la incorporación de los iones dopantes en su estructura permitió la deshidratación del alcohol, con conversiones que fluctuaron alrededor del 92% disminuyéndose la temperatura de reacción con los materiales modificados con circonio. Probablemente los iones dopantes originaron sitios ácidos en la SBA-15 que permitieron la deshidratación del alcohol.

Anexos

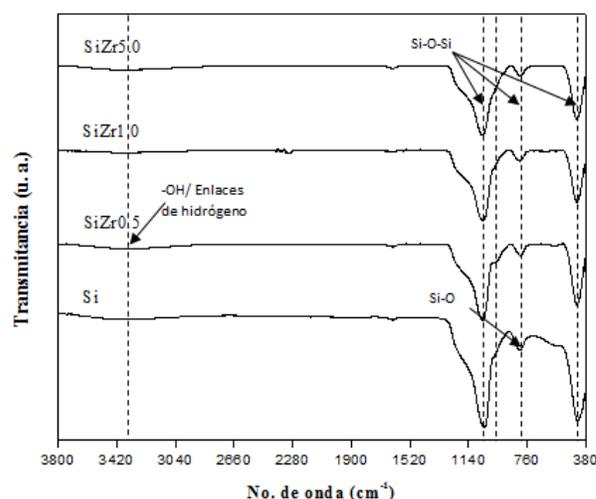


Figura 1 Espectros FTIR de la muestras Si y SiZr0.5, SiZr1.0 y SiZr5.0.

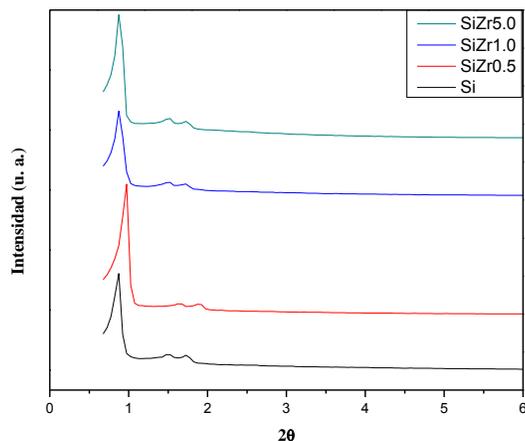


Figura 2 Diffractograma a bajos ángulos de los catalizadores Si, SiZr0.5, SiZr1.0 y SiZr5.0.

Catalizador	Área específica (m ² /g)	Volumen total de poro (cm ³ /g)	Diámetro de poro(Å)
Si	920	1.19	66
SiZr 1.0	879	1.12	66
SiZr 5.0	734	1.02	66

Tabla 1 Propiedades texturales obtenidas mediante la fisisorción de nitrógeno.

Catalizador	Temperatura de reacción (°C)	Conversión (%)	Selectividad (%)	
			Propileno	Éter diisopropílico
Si	366	0	0	0
SiZr0.5	275	90	100	0
SiZr1.0	240	92	96	4
SiZr5.0	200	91	100	0

Tabla 2 Deshidratación de 2-propanol durante 60 minutos.

Conclusiones

Los dopantes proporcionaron al catalizador Si la acidez requerida para llevar a cabo la reacción de deshidratación del 2- propanol, y esta reacción muestra que a mayor porcentaje peso de iones circonio la temperatura de reacción disminuye y se obtiene una mayor conversión hacia el propileno, lo cual quiere decir que los iones de fosfato y circonio se están quedando en la estructura mesoporosa del catalizador. A pesar de dicha incorporación la estructura hexagonal no sufrió cambios significativos.

Referencias

- Alcaraz Cienfuegos, F. M. (2005). Revista del Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos IMIQ, 20, 30-39.
- Anunziata Oscar A., B. A. (2007). Journal of Colloid and Interface Science, 315, 184-190.
- Finklea John, M. J. (2012). Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo. Chantal Dufresne, BA, .
- Fuxiang Li, F. Y. (2007). Microporous and Mesoporous Materials, 101, 250-255.
- K. Tanabe., M. M. (1989). New Solid Acids and Bases Their Catalytic Properties, 51, 839-843.
- Philippe Trens, V. S. (2004). Applied Catalysis A: General, 263, 103-108.
- Sun Yinyoung, W. S. (2006). Applied Catalysis A: General, 300, 1-7.
- Yin-Qing Zhang, S.-J. W.-W.-L. (2009). Solid State Sciences, 11, 1412-1418.
- Zhao, D. (1998). Triblock Copolymer Syntheses of Mesoporous Silica with Periodic 50 to 300 Angstrom Pores. Science, 279, 548.

Documentar proceso de verificación funcional en línea PDI en los modelos mo-1353389n-xx, me-1353389n-xx de Nissan

ADAME-José†, KIDO-Juan & ONOFRE-Carlos

Recibido 7 de Abril, 2015; Aceptado 10 de Junio, 2015

Resumen

En el presente documento se muestra cómo se desarrolla el proceso en una línea de verificación visual y funcional dentro de la fábrica de radios más importante en centro América, se muestra una serie de datos los cuales engloban la historia de Clarión. Teniendo como marco básico los niveles jerárquicos que dirigen la empresa, sus logros, certificaciones, la tecnología con la que cuentan, su filosofía corporativa y los productos que se fabrican en la planta, da a conocer cómo se genera, se documenta y se estandariza un proceso de verificación considerando el diseño y la capacidad de la línea ya establecida, las posiciones de ensamble, el proceso que realiza cada posición y el equipo con el que cuenta cada una de las posiciones, se tiene en cuenta los alcances, limitaciones, objetivos y el resultado que se espera obtener.

Abstract

This document shows how the process develops in a line of visual and functional verification within the factory radios more important to America center, a series of data which encompass history Clarión shown. With the basic framework hierarchical levels who run the company, its achievements, certifications, the technology that have their corporate philosophy and the products manufactured at the plant, disclosed as is generated, documented and standardized a verification process considering the design and capacity of the established line, the positions of assembly, the process that makes each position and the equipment with which each account positions are taken into account the scope, limitations, objectives and result to be obtained.

Proceso de inspección, PDI, Amef, Estandarizar

Process of inspection, PDI, Amef, Standarize

Citación: ADAME-José, KIDO-Juan & ONOFRE-Carlos Documentar proceso de verificación funcional en línea PDI en los modelos mo-1353389n-xx, me-1353389n-xx de Nissan. Revista de Tecnología e Innovación 2015, 2-3:346-362

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Al documentar o estandarizar el proceso en una línea nos referimos a realizar los pasos de proceso de una forma ordenada y consecutiva, considerando el equipo, el personal, jig's, los requerimientos del producto y los pasos que se realizan dentro del proceso.

Dentro de la realización de este proyecto se toman en cuenta varios aspectos ya que de ello depende la efectividad de todo un proceso y la obtención de un producto final de calidad.

Nos enfocaremos a la verificación visual y funcional que se realiza en la línea PDI (pre-deliberación e inspección) de los modelos MO-13S3389N-XX, ME-13S3389N-XX de la L-03 de NISSAN.

Para documentar el proceso antes mencionado se inició realizando instrucciones especiales para cada verificación realizada en la línea ejemplo: des-empaque, verificación funcional, verificación de BlueTooht, y empaque de cada modelo, posteriormente se realizó un Análisis de Riesgos que es generado para recopilar información necesaria y formular recomendaciones o medidas en respuesta a un peligro determinado, se generó un FIP-51 que es una notificación de cambio al proceso, donde se da a conocer la razón y se explica de manera detallada el cambio requerido, se notifica la fecha en la que se solicita el cambio, la fecha en la cual se generó el cambio y la fecha de emisión de información oficial con cambio, un AMEF que es un proceso sistemático para la identificación de las fallas potenciales del diseño en el proceso antes de que éstas ocurran, con el propósito de eliminarlas o de minimizar el riesgo, se modificó el diagrama de flujo.

Por último se generó el instructivo de operaciones que prácticamente es la base del proceso ya que indica a cada una de las operarias la secuencia lógica y sistemática de los procesos para poder realizar cada una de las actividades contando con ayudas visuales, precauciones, iconos de seguridad, e incorporando el equipo de protección personal que se debe de utilizar.

En la línea PDI se realizan diversas actividades un ejemplo de ellas es el cambio de contenedores, cambio de modelos, re-trabajos, pero el más relevante y en que nos adentraremos es la verificación visual y funcional de diversos modelos de radios de la L-03 (NISSAN) aunque también se verifican la verificación a radios de la línea L-02, L-07, L-08, L-09 y L-14A. Al realizar dicha verificación las operarias realizan el proceso de verificación sin tener alguna base documentada o estándar del proceso, mucho menos teniendo una secuencia en los pasos que realizan habiendo un riesgo potencial de realizar alguna actividad incorrectamente ya sea omitiéndola parcial o totalmente, trayendo consigo una cadena de sucesos negativos para la empresa como lo son entregar radios defectuosos, inconformidades y reclamos del cliente, costos de reparación de los radios defectuosos entre muchos otros. Es por ello la importancia de documentar, estandarizar el proceso de verificación y llevar un control. Ya que de esa forma se identifican las fallas y la frecuencia en la que se presentan, para de esa forma sean analizadas y se realicen acciones de contención.

Otro punto que se toma es que la línea no cuenta con el equipamiento adecuado para el proceso de verificación como lo son: jig's, equipo de verificación de Bluetooht, racks etc. ya que existen jig's específicos adecuados para cada modelo lo cual al realizar la verificación con un mismo equipo para todos hay una gran probabilidad de no realizar la verificación adecuadamente y con la precisión que se requiere.

Antecedentes

Reseña Histórica

La historia de clarión está ligada estrechamente por sí misma con la historia de la industria automotriz

Como competidores líderes alrededor del mundo quienes crearon el primer radio y el primer estéreo para auto en Japón, clarión siempre ha sido el líder en este campo en todo momento.

Le damos prioridad al conductor al satisfacer las necesidades y les ofrecemos soporte a través de tecnología confiable, así como también proponemos con determinación nuevos productos basándonos en nuestra avanzada creatividad.

Desde radios para los autos hasta dispositivos audiovisuales y yendo más allá los sistemas de navegación para auto, aunque el tiempo cambie, continuaremos persiguiendo la interfaz ideal para la música e información para el auto así como también en todos los entornos móviles, como el H.M.I de clarión

La industria automotriz nació formalmente a principios del siglo xx, cuando se comenzó la producción masiva del automóvil gracias a la línea de producción de HENRY FORD. Gracias a la astucia y sagacidad de un hombre que sirvió de ejemplo a muchos más, hoy en día podemos hablar de innumerables logros en la industria automotriz.

La línea de automóviles HONDA, sin duda alguna es sin duda una de las empresas más reconocidas en este ramo, sin dejar las partes originales que ofrece esta armadora. Prueba de ello son los autoestéreos de alta calidad y vanguardistas, que son construidos en México, específicamente en la empresa CLARION S.A. DE C.V. En San Juan del Rio, Qro.

Ejecutivos de Electronica Clarion S.A. DE C.V.

Oficinas centrales

“Nosotros esperamos fortalecer nuestra marca y aumentar nuestro valores corporativo como una compañía global.”

Ejecutivos (As of 1st April 2009)



Tatsuhiko IZ

Representative Director,

President

Osamu NUMATA Corporate Officer	Director, Senior
Yutaka WAKAMORI	Director, Executive
Tetsuro YOSHIMINE Corporate Officer	Director, Executive
Yasuhiko WADA Corporate Officer	Director, Executive
Toyoji AIDA Officer.	Director, Corporate
Minoru TSUKADA	Director
Yasuhiko HONDA	Director
Masatsugu SHINOZAKI	Director
Seishi KASAI	Executive Corporate
Hiroyasu KAN Corporate Officer	Executive

Ejecutivo de Electronica Clarion México (ELECLA)

“ELECLA está haciendo su mejor esfuerzo para reforzar la marca Clarion y los negocios en el mercado de Latinoamericano”



Presidente Joaquin loose

Historia e inovacion de los productos

El nombre corporativo “Clarión” procede de un instrumento de metal de forma alargada que emitía un sonido de gran alcance y que apareció por primera vez en el siglo XIV; el que disponía de un tubo curvado se denominaba “clarión” y el que disponía de un tubo recto se denominaba “tromba” el clarión fue un instrumento similar a la trompeta, pero contaba con campanas de tamaño más reducido y paredes de tubo más espesa. La boquilla era pesada y pensaban que el clarión podría proporcionar un buen equilibrio de sonido con otros instrumentos.

Se eligió el nombre para representar que clarión dispone de una estrecha conexión con la música.

1984

El 1º de octubre inicia operaciones SJR con 95 trabajadores sus productos principales: radios AM y radios AM/FM/ST cassette autor reversibles. Como clientes principales tenían a FORD, NISSAN, GENERAL MOTORS, CHRYSLER, VAM Y RENAULT.

1989

Se concretan planes de exportación, se envía el primer embarque de auto estéreos a Estados Unidos y Canadá.

2003

En el mes de Enero se obtuvo el reconocimiento de industria limpia por parte de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA).

Cada 2 años se audita y renueva este reconocimiento

Se consigue la Certificación en ISO/TS 16949:2002, el día 8 de Agosto de este año, continuando con el proceso de mejora continua.

2011–2013: Se sigue manteniendo la plantilla de trabajadores(as).

- Se continúa renovando las certificaciones de responsabilidad social por parte de las delegaciones acreditadas STPS., IMNC. y CEMEFI.

**Empresa
Familiarmente
Responsable**



**Norma Mexicana de
Igualdad laboral entre
hombres y mujeres**



Figura 1

Filosofía Corporativa

En Clarion nos esforzamos por mejorar la sociedad buscando desarrollar la relación entre sonido, información e interacción humana, creando productos que cumplan con esta necesidad.

Nuestros Valores

Honestidad e Integridad en toda negociación.
Respeto, Tolerancia y Consideración para nuestros clientes, compañeros de trabajo y la comunidad.

Cuidado de la seguridad de nuestra gente.

Abiertos al cambio.

Ser los mejores.

El gusto por nuestro trabajo.

Nuestra Visión

Líderes en Electrónica de Info-entretenimiento móvil para Latinoamérica.

Nuestra Misión

Somos líderes en Latinoamérica en la manufactura, distribución, venta y servicio de productos electrónicos con énfasis especial en la Industria Automotriz. Logramos nuestro objetivo a través de una madura coordinación con nuestra casa matriz y un fuerte compromiso de trabajo en equipo.

Política de Calidad y Ambiental

En Electrónica Clarion S.A. de C.V., líder en Latino América en ventas, fabricación, servicio y distribución de productos electrónicos con énfasis especial en la industria automotriz, nuestro compromiso es la satisfacción total de nuestros clientes y la promoción de una empresa socialmente responsable y sustentable a través del seguimiento de los siguientes principios:

- El esmero permanente en el cuidado de la calidad de los productos y la eficacia de nuestros procesos.
- La prevención de la contaminación y el cuidado del medio ambiente en todas nuestras actividades.
- La seguridad total de nuestros compañeros de trabajo y visitas dentro de nuestras instalaciones.

- El cumplimiento de los requerimientos específicos del mercado, de las normas internacionales, de los requisitos legales aplicables, la política ambiental de Hitachi y todos los otros impuestos por nuestra propia organización.
- La revisión periódica de nuestros objetivos, metas de calidad, ambientales y de seguridad, promoviendo permanentemente su cumplimiento.
- El adecuado mantenimiento y actualización de nuestro sistema de mejora continúa con prioridad en la prevención.
- La promoción interna y externa de ésta política.

“La calidad y el medio ambiente dependen de todos nosotros, cuenta conmigo”

Descripción del problema

Marco de referencia

La línea PDI se le da el nombre por sus siglas en inglés (pre-deliberlyinspection) que significa una inspección antes de liberar. Esta línea surge a raíz de una cantidad elevada de radios con fallas, registradas en modelos de tecnología local o también llamados radios de bajo costo, los cuales son modelos de radios de menor calidad.

La línea surge hace aproximadamente 10 años verificando inicialmente radios de L-07 (LandRober) en los modelos ME-6H3205LR-02 y ME-6H3205LR-03.

Para disminuir el porcentaje de fallas se generó una acción de contención que consistió en establecer dicha línea para detectar cualquier posible defecto o mal funcionamiento que pudiese tener el radio y no fue detectado en el proceso de verificación que se realiza en cada línea. Posición Agregada como acción de contención llamada ICT-200 (inspection control Tecnologi) verificación realizada al 200%

Una vez establecida la línea se logró controlar un porcentaje considerable de fallas por lo que disminuyó notablemente la cantidad de reclamos de los clientes y se constató que resultaba más factible realizar una última verificación al producto antes de salir de plata, que corregir los defectos ya entregados el producto a las armadoras. Por lo tanto se tiene la seguridad que al ejecutar esta última verificación se está entregando un producto de mayor calidad, confiabilidad y durabilidad. Fue por ello que se tomó la decisión de establecer permanentemente la línea.

La línea cuenta con 10 operarias como personal directo en el proceso de verificación visual y funcional, en ocasiones se llega a requerir personal indirecto que suelen solicitar a líneas que en el momento no están operando, siempre y cuando la carga de trabajo que tenga la línea PDI sea superior a sus capacidades. Otra de la funciones de dicha línea es realizar re-trabajos que suelen presentarse cuando la demanda del producto que es requerida por el cliente excede la capacidad de producción de las líneas de producción.

Uno de los motivos por el cual no existe un registro de esta línea es porque cuando alguna línea de producción requiere un re-trabajo en cierta cantidad de radios por alguna falla en componentes se emite una solicitud a la jefatura, posteriormente se mandan los radios a un proceso o línea denominada RXS (re-trabajos por solicitud).

Antecedentes

La línea PDI cuenta con un antecedente muy limitado debido a que su proceso no se ha tomado en cuenta completamente. Actualmente la línea cuenta con un registro bastante escaso de información. Un ejemplo de ello son los instructivos de operación que emitieron las líneas que producen radios de tecnología local o radios de bajo costo los cuales son radios que continuamente realizan esta última verificación (PDI), en otros casos se realiza dicha verificación por requerimiento del cliente un ejemplo es GM (General Motors) que también cuenta con radios de tecnología CT (Clarion Tokio)

Las líneas de producción que regularmente requieren de esta verificación son los siguientes líneas: L-02 (GM) con los modelos MO-12D3332G-05, MO-12D3332G-06, ME-12D3358N-01, L-03 (NISSAN) con los modelos ME-13S3389N-01, ME-13S3389N-02, ME-13S3389N-03, MO-13S3389N-01, MO-13S3389N-02, MO-13S3389N-03, L-08, con los modelos MO-12D3358N-01C, MO-12D3358N-01, MO-7H3316N-01, L-14A, con los modelos M45-11M3327DT02, M75-11M3327DT02

Los modos de falla más usuales que suelen detectar en línea y de los cuales existe un registro son los siguientes: botones cambiados, botones atorados, mezcla de material en los contenedores de empaque, ruido pop al insertar USB, no reproduce CD, cortos por tornillos sueltos, partes faltantes, omisión de tornillos deformidades en chasis, leyendas faltantes entre otras.

La línea PDI está conformada por el Ing. Raúl Salazar a cargo de la jefatura, el Ing. Víctor Manuel urbano como supervisor, Silvia Pedraza y Julieta Martínez como auxiliares administrativas.

Existe una posición alterna dentro de la línea PDI denominada RXS (re-trabajos por solicitud) y su función es realizar re-trabajos en algunos modelos de radios y el único dato que genera son los modo de falla y en que modelos de radio se detectaron . Un ejemplo de ello son los siguientes: verificación de accesorios y colocación de etiquetas, ensamble de radio colocación de trimplatebracket, armar empaque de accesorios, colocar terminales de extensión lead, entre otros. Los modelos de radios que suele verificar son los siguientes M502, M303, UO-10W3348AM-01, UX404, CMG1622R, CM08, entre otros.

Marco Teórico**Análisis del riesgo**

El análisis del riesgo es un método sistemático de recopilación, evaluación, registro y difusión de información necesaria para formular recomendaciones orientadas a la adopción de una posición o medidas en respuesta a un peligro determinado. Hay pequeñas variaciones en la terminología utilizada por las tres organizaciones. Sin embargo, las tres organizaciones hermanas consideran el análisis del riesgo como un proceso que consta de cuatro etapas:

- identificación del peligro
- evaluación del riesgo
- gestión del riesgo
- comunicación del riesgo

La identificación del peligro consiste en especificar el acontecimiento adverso que es motivo de preocupación.

En la evaluación del riesgo se tiene en cuenta la probabilidad (la probabilidad real y no sólo la posibilidad) de que se produzca el peligro, las consecuencias si ocurre y el grado de incertidumbre que supone. (Obsérvese que esta descripción de la evaluación del riesgo es diferente de la definición que figura en el Acuerdo MSF.)

La gestión del riesgo consiste en la identificación y aplicación de la mejor opción para reducir o eliminar la probabilidad de que se produzca el peligro.

La comunicación del riesgo consiste en el intercambio abierto de información y opiniones aclaratorias que llevan a una mejor comprensión y adopción de decisiones

Instrucciones especiales

Una instrucción especial se utiliza cuando abra un cambio o desviación al proceso, puede ser para cancelar algún paso de una posición, cancelar algún material o componente, cuando se agrega un paso alguna modificación en el instructivo de operación.

Instructivo de operación

Este les indica a cada de las operarias la secuencia lógica y sistemática de los proceso para poder realizar cada una de las actividades contando con ayudas visuales, precauciones, iconos de seguridad, incorporando el equipo de protección personal que se debe de utilizar.

El instructivo de operación nos indica los pasos ya establecidos a seguir que tienen señalados los trabajadores para continuar con el proceso

Jig

Un jig's es una herramienta auxiliar que ayuda a mejorar y facilitar el trabajo, puede ser cualquier equipo herramienta de trabajo.

Para adquirir un jig's se llena una solicitud de jig's, se hace para hacer una mejora en el proceso o para cuando se va hacer un nuevo modelo de radio, estos pueden ser modificados y deben ser identificados para tener un control.

AMEF

El Análisis de modos y efectos de fallas potenciales, AMEF, es un proceso sistemático para la identificación de las fallas potenciales del diseño de un producto o de un proceso antes de que éstas ocurran, con el propósito de eliminarlas o de minimizar el riesgo asociado a las mismas.

Por lo tanto, el AMEF puede ser considerado como un método analítico estandarizado para detectar y eliminar problemas de forma sistemática y total, cuyos objetivos principales son:

Reconocer y evaluar los modos de fallas potenciales las causas asociadas con el diseño y manufactura de un producto.

Determinar los efectos de las fallas potenciales en el desempeño del sistema.

Identificar las acciones que podrán eliminar o reducir la oportunidad de que ocurra la falla potencial.

Documentar el proceso

Aunque el método del AMEF generalmente ha sido utilizado por las industrias automotrices, éste es aplicable para la detección y bloqueo de las causas de fallas potenciales en productos y procesos de cualquier clase de empresa, ya sea que estos se encuentren en operación o en fase de proyecto; así como también es aplicable para sistemas administrativos y de servicios.

Requerimientos del AMEF

Para hacer un AMEF se requiere lo siguiente: Un equipo de personas con el compromiso de mejorar la capacidad de diseño para satisfacer las necesidades del cliente.

Diagramas esquemáticos y de bloque de cada nivel del sistema, desde sub-ensambles hasta el sistema completo. Especificaciones de los componentes, lista de piezas y datos del diseño. Especificaciones funcionales de módulos, sub-ensambles, etc.

Diagrama de flujo

El diagrama de flujo o diagrama de actividades es la representación gráfica del algoritmo o proceso. Se utiliza en disciplinas como programación, economía, procesos industriales y psicología cognitiva.

En Lenguaje Unificado de Modelado (UML), un diagrama de actividades representa los flujos de trabajo paso a paso de negocio y operacionales de los componentes en un sistema. Un diagrama de actividades muestra el flujo de control general.

En SysML el diagrama de actividades ha sido extendido para indicar flujos entre pasos que mueven elementos físicos (p.ej., gasolina) o energía (p.ej., presión). Los cambios adicionales permiten al diagrama soportar mejor flujos de comportamiento y datos continuos.

Estos diagramas utilizan símbolos con significados definidos que representan los pasos del algoritmo, y representan el flujo de ejecución mediante flechas que conectan los puntos de inicio y de fin de proceso.

Normas de trabajo

Un diagrama de flujo presenta generalmente un único punto de inicio y un único punto de cierre, aunque puede tener más, siempre que cumpla con la lógica requerida.

Las siguientes son acciones previas a la realización del diagrama de flujo:

- Identificar las ideas principales al ser incluidas en el diagrama de flujo. Deben estar presentes el autor o responsable del proceso, los autores o responsables del proceso anterior y posterior y de otros procesos interrelacionados, así como las terceras partes interesadas.
- Definir qué se espera obtener del diagrama de flujo.
- Identificar quién lo empleará y cómo.
- Establecer el nivel de detalle requerido.
- Determinar los límites del proceso a describir.

Los pasos a seguir para construir el diagrama de flujo son:

- Establecer el alcance del proceso a describir. De esta manera quedará fijado el comienzo y el final del diagrama. Frecuentemente el comienzo es la salida del proceso previo y el final la entrada al proceso siguiente.
- Identificar y listar las principales actividades/subprocesos que están incluidos en el proceso a describir y su orden cronológico.
- Si el nivel de detalle definido incluye actividades menores, listarlas también.
- Identificar y listar los puntos de decisión.
- Construir el diagrama respetando la secuencia cronológica y asignando los correspondientes símbolos.
- Asignar un título al diagrama y verificar que esté completo y describa con exactitud el proceso elegido.

Simbología y significado

- Óvalo o Elipse: Inicio y término (Abre y cierra el diagrama).
- Rectángulo: Actividad (Representa la ejecución de una o más actividades o procedimientos).
- Rombo: Decisión (Formula una pregunta o cuestión).
- Círculo: Conector (Representa el enlace de actividades con otra dentro de un procedimiento).
- Triángulo boca abajo: Archivo definitivo (Guarda un documento en forma permanente).

- Triángulo boca arriba: Archivo temporal (Proporciona un tiempo para el almacenamiento del documento)

Diseño del proceso

Entre las decisiones más importantes realizadas por los gerentes de operaciones, están aquellas que involucran el diseño del proceso físico para producir bienes y servicios.

Las decisiones del diseño del proceso interactúan en cada una de las 4 áreas de decisión de la función de operaciones. Las decisiones de capacidad afectan el tipo de proceso seleccionado.

El tipo de diseño de proceso a veces afecta los trabajos disponibles y el tipo de fuerza de trabajo empleada.

El proceso también afecta la calidad del producto debido a que algún proceso se controla más fácilmente que otros.

Las decisiones relacionadas con la selección del proceso determinan el tipo de proceso productivo que se utilizara. Los administradores también deben de decidir si se organizara el flujo del proceso como una línea de alto volumen de producción o como un proceso de producción por lotes con bajo volumen.

En ocasiones se considera a la selección del proceso como un problema de distribución de equipo o como una serie de decisiones de relativamente bajo nivel,

Pero esto es un error puesto que la selección del proceso es, por el contrario, una decisión de naturaleza estratégica y que tiene la mayor importancia.

Las decisiones del proceso afectan los costos, la calidad, los tiempos de entrega y la flexibilidad de las operaciones.

Los tipos principales se clasifican de los procesos son: por el tipo de flujo de productos y por el tipo de pedido del cliente.

Durante esta etapa las ideas de cambio del proceso pueden resultar verdaderamente creativas debido a que no tienen ninguna base en el diseño del proceso existente. El diseño del proceso resultará muy interesante al examinarlo y cuestionarlo varias veces.

Al pasar las ideas a diseño es importante que el rediseño considere la tarea de servicio con más detalle, la capacidad de los recursos humanos que tendrán nuevas formas de trabajar, la capacidad tecnológica y por último, la verificación de la estructura organizacional para asegurarse que las personas no vuelvan a hacer las cosas de la forma tradicional.

Estas consideraciones pueden ser limitantes para los diseñadores del proceso, así como para destacar nuevas posibilidades. Aunque en las repeticiones finales el diseño debe operar dentro de estas limitantes, es vital que estas restricciones se examinen a conciencia y donde sea posible se simplifiquen.

Kaizen

El significado de la palabra Kaizen es mejoramiento continuo y esta filosofía se compone de varios pasos que nos permiten analizar variables críticas del proceso de producción y buscar su mejora en forma diaria con la ayuda de equipos multidisciplinarios. Esta filosofía lo que pretende es tener una mejor calidad y reducción de costos de producción con simples modificaciones diarias.

Al hacer Kaizen los trabajadores van ir mejorando los estándares de la empresa y al hacerlo podrán llegar a tener estándares de muy alto nivel y alcanzar los objetivos de la empresa. Es por esto que es importante que los estándares nuevos creados por mejoras o modificaciones sean analizados y contemplen siempre la seguridad, calidad y productividad de la empresa.

Estandarización

Se conoce como estandarización al proceso mediante el cual se realiza una actividad de manera estándar o previamente establecida. El término estandarización proviene del término estándar, aquel que refiere a un modo o método establecido, aceptado y normalmente seguido para realizar determinado tipo de actividades o funciones. Un estándar es un parámetro más o menos esperable para ciertas circunstancias o espacios y es aquello que debe ser seguido en caso de recurrir a algunos tipos de acción.

El término de estandarización tiene como connotación principal la idea de seguir entonces el proceso estándar a través del cual se tiene que actuar o proceder. Al mismo tiempo, esta idea supone la de cumplir con reglas que, si bien en ciertos casos pueden estar implícitas, en la mayoría de las oportunidades son reglas explícitas y de importante cumplimiento a fin de que se obtengan los resultados esperados y aprobados para la actividad en cuestión.

Desarrollo del tema

Instrucciones especiales

Se generaron instrucciones especiales ya que es el primer paso para documentar el proceso y con la opción de aumentar o corregir algún paso si así es requerido, al mismo tiempo se redujo el riesgo de fallas u omisiones de pasos a realizar.

Aunque se conoce que una instrucción especial es utilizada para realizar algún cambio o desviación en el instructivo de operaciones haciendo cambios de herramienta, omitir pasos, agregar componentes, entre otros, en este caso fue utilizada por ser la primera vez que se documenta el proceso, ya que para poder generar un instructivo de operaciones primero es necesario conocer los pasos realizados en el proceso y la mejor forma de hacerlo es generando instrucciones especiales.

Figura 2 Instrucción especial

Análisis de riesgo

El análisis de riesgo es generado posterior a realizar el instructivo especial ya que de esa forma se recopila información necesaria para formular recomendaciones o medidas en respuesta a un peligro determinado.

Se identifican los posibles riesgos que puedan suscitarse. Un ejemplo sería en el manejo del radio, contaminación, ergonomía entre otras. Se determina si se requiere de algún control y por consiguiente se genera el control si lo es requerido.

También se establecen los documentos a actualizar entre los cuales se encuentran: AMEF, FIP-51, instructivo de operaciones etc. También se revisan jig's o herramientas a utilizar, quien elabora el documento, el motivo, la línea, modelos y posiciones en la que se realiza el análisis.

Figura 3 Análisis de riesgos

Fip-51

Fip-51 es una notificación de cambio al proceso, se da a conocer la razón y se explica de manera detallada el cambio requerido. Se notifica la fecha en la que se solicita el cambio, la fecha en la cual se generó el cambio y la fecha de emisión de información oficial con cambio.

Figura 4 FIP-51

Amef

El Amef generado fue tomando posición por posición identificando las fallas potenciales del diseño o del producto antes que están ocurran con la intención de minimizarlas.

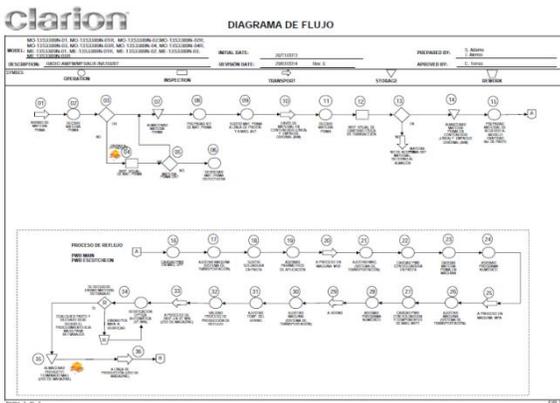


Figura 5 Formato de amef

Diagrama de flujo

El diagrama de flujo fue modificado agregando el transporte de los radios de la L-03 (NISSAN) Hacia la línea PDI, también se agregó una posición de verificación. De esa manera la línea PDI se tomara en Cuenta como parte del proceso de producción.

The table is a detailed flowchart for 'NISSAN AMEP - PROCESS POTENTIAL LMI'. It includes a header with project information and a main table with columns for 'PROCESO', 'PROCESO LABORAL', 'PROCESO DE CALIDAD', 'PROCESO DE SEGURIDAD', 'PROCESO DE ENTREGA', 'PROCESO DE SERVICIO', 'PROCESO DE VERIFICACIÓN', 'PROCESO DE CONTROL', 'PROCESO DE CALIBRACIÓN', 'PROCESO DE MANTENIMIENTO', 'PROCESO DE REPARACIÓN', 'PROCESO DE REVISIÓN', 'PROCESO DE ACTUACIÓN', 'PROCESO DE CIERRE', 'PROCESO DE ABERTURA', 'PROCESO DE CANCELACIÓN', 'PROCESO DE REINICIO', 'PROCESO DE REVISIÓN', 'PROCESO DE ACTUACIÓN', 'PROCESO DE CIERRE', 'PROCESO DE ABERTURA', 'PROCESO DE CANCELACIÓN', 'PROCESO DE REINICIO'. The table contains numerous rows of data for each process step.

Figura 6 Diagrama de flujo

Instructivo de operaciones

Por último se generó el instructivo de operaciones documentando cada paso a realizar. Este les indica a cada de las operarias la secuencia lógica y sistemática de los proceso para poder realizar cada una de las actividades contando con ayudas visuales, precauciones, iconos de seguridad, incorporando el equipo de protección personal que se debe de utilizar.



Figura 7 Instructivo de operaciones

Conclusion

Como resultado de la investigación presentada, es posible concluir que para poder tener un mejor desempeño y mejores resultados en el proceso de verificación visual y funcional de los radios que pasan por la línea PDI se tiene que optimizar el proceso el interés y la atención a cada detalle generado en dicha línea. La documentación es una parte muy importante dentro del proceso y a pesar de las limitantes con las que cuenta la línea se documentó completamente el proceso de verificación e inspección dando como resultado un proceso estandarizado para los modelos MO-1353389N-XX y ME-1353389N-XX de la L-03 de NISSAN, de modo que se tiene que cumplir con las normas de calidad y seguir generando y/o actualizando los instructivos de operación de la misma forma que se hace en las líneas de producción al igual emitir instrucciones especiales cuando haya algún cambio temporal dentro de la línea de verificación.

Por otro lado realizar una comparación de los análisis obtenidos durante el primer mes con los resultados anteriores a la realización del proyecto para así saber si fueron factibles las modificaciones realizadas.

Recomendaciones

Dar más interés a la línea incluir jig's y equipos de verificación más sofisticados ya que de esta línea depende en gran manera la detección de fallas en los radios. Aun cuando se está completamente seguros que una vez salido el radio de la línea de producción ya es un radio 100% funcional y con cero defectos.

Documentar más a detalle los modos de falla detectados en dicha línea para así poder corregir y evitarlos.

Referencias

Ebert, R. J. (1991). Administración de la Producción y las operaciones. Edo. de México: Limosa.

Pulido, H. G. (2005). Control Estadístico de calidad y Seis Sigma. México: Limusa.

Riggs, J. L. (2009). Sistemas de la Producción. México: Limusa.

<http://www.monografias.com/trabajos6/amef/amef.shtml#ixzz39s9fi6bO>

<http://www.manufacturainteligente.com/>

<http://www.definicionabc.com/general/estandarizacion.php>

Implementación de las 5`S

CRUZ-Samuel†, KIDO-Juan, & LEON-Miguel

Recibido 21 de Abril, 2015; Aceptado 16 de Junio, 2015

Resumen

Dentro de este proyecto se implementan las 5`S del gurú de calidad chingueo chingo en la empresa FR CONSTRUCCIONES Y SERVICIOS S DE R L DE C V Para el orden y limpieza dentro del área de almacén. Las 5`S es una herramienta de cambio basada en la organización y limpieza dentro de la empresa. Para la aplicación en el almacén se realizo una investigación detallada de la técnica además de evidencia fotográfica.

Organización, disciplina, orden, clasificación, limpieza

Abstract

Within this project the 5`S quality guru chingueo fuck are implemented in the company FR PROPERTY SERVICES S DE RL DE CV For the housekeeping in the storage area. The 5`S is a tool of exchange based on organization and cleanliness within the company. For application in the store a detailed investigation of the technical plus photographic evidence was performed.

Organization, discipline, order, sorting, cleaning

Citación: CRUZ-Samuel, KIDO-Juan, & LEON-Miguel. Implementación de las 5`S. Revista de Tecnología e Innovación 2015, 2-3:363-368

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Este proyecto se realizó en “FR CONSTRUCCIONES Y SERVICIOS SA DE CV”

Fue originalmente fundada en el mes de Diciembre de 1994, con la razón social “CUIDAD DE MEXICO” Dedicada a la construcción y servicio de sistemas contra incendios y al servicio de entrega de combustible Diesel a pequeñas y grandes empresas también realiza el mantenimiento de cisternas recicladoras de agua.

La empresa es adquirida por los actuales propietarios en el año de 1994 pasando a formar parte del grupo “JDS” Dedicándose a la misma actividad y giro la empresa está compuesta por los departamentos de administración, compras, recursos humanos, facturación, contabilidad y operativo.

El cuerpo directivo está compuesto por un presidente de consejo, una directora general y un administrador especializado en calidad, los cuales brindan el apoyo necesario a la empresa desde la base de operaciones del grupo ubicada en la ciudad de Cuernavaca.

Esta empresa cuenta con varias sucursales, pero la gestión y los trámites administrativos son contralados desde las instalaciones de la sucursal matriz ubicada en la ciudad de Cuernavaca, lo que permite eficientemente las operaciones y el buen servicio a tiempo del sistema contra incendios, Contando con tecnología avanzada para el desarrollo profesional de la empresa.

Explicación del tema en general y explicar porque es importante.

Las 5 "S" son el fundamento del modelo de productividad industrial creado en Japón y hoy aplicado en empresas occidentales. No es que las 5S sean características exclusivas de la cultura japonesa. Todos los no japoneses practicamos las cinco "S" en nuestra vida personal y en numerosas oportunidades no lo notamos. Empezar a practicar desde las 2 primeras son de mucha utilidad ya que el Seiri y Seiton cuando mantenemos en lugares apropiados e identificados los elementos como herramientas, extintores, basura, toallas, libretas, reglas, llaves, automáticamente tenemos a horraar tiempo en nuestras actividades o en una area de producción.

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

Las 5 “S” es una técnica que esta compuesta por 5 o mas herramientas para una mejor horganizacion ya que se puede implementar en cualquier area de trabajo ya sea en producción, administracion, almacen, etc.

Y su diciplina en la limpieza y la organización son las principales herramientas que debe de contar cualquier area de todo tipo de empresa ya que genera mejor ambiente de trabajo y un mejor aspecto a la empresa.

Enfocar claramente cada una de sus características

Seiri: Clasificar, desechar lo innecesario en cada area de trabajo.

Seiton: organizar, para tener un fácil acceso al material.

Seiso: Limpiar, para prevenir accidentes.

Seiketsu: organización, orden y limpieza.

Shitsuke: disciplina para la limpieza en el lugar de trabajo.

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

La implementación de las 5`S en el área de almacén se debe a la pérdida de materia que se ha estado generando a través de las obras que tiene la empresa ya que no cuentan con personal quien lleve a cabo un inventario y sepa qué tipo de material y cuanto material contiene el almacén por esa razón es que la empresa tiene pérdidas constantes de material y eso genera pérdidas económicas y disminuya los ingresos de capital para la empresa por ese motivo la empresa "FR CONSTRUCCIONES Y SERVICIOS S DE RL DE CV" se dio a la tarea de poner personal e implementar las herramientas de las 5`S y llevar un adecuado control y un orden disciplinario dentro del almacén.

Explicación de las secciones del artículo

Seiri: Desechar lo que no se necesita, Seiri o clasificar significa eliminar del área de trabajo todos los elementos innecesarios y que no se requieren para realizar nuestra labor.

Seiton: "Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar". Seiton consiste en organizar los elementos que hemos clasificado como necesarios de modo que se puedan encontrar con facilidad.

Seiso: Limpiar el sitio de trabajo y los equipos y prevenir la suciedad y el desorden.

Seiketsu: Preservar altos niveles de organización, orden y limpieza.

Shitsuke: Crear hábitos basados en las 4's anteriores, SHITSUKE o disciplina significa convertir en hábito el empleo y utilización de los métodos establecidos y estandarizados para la limpieza en el lugar de trabajo.

Desarrollo de Secciones y Apartados del artículo con numeración subsecuente

Implementación de las 5 "S"

El área de almacén de la empresa es una parte indispensable ya que es la matriz de la empresa, en donde se encuentran guardados todo el material importante, es por eso que la técnica de las 5 "s" es la adecuada para el acomodo total de esta área, en este caso se usó la primera fase, es decir las primeras 5 "s" ya que en la actualidad son 9`S para el desarrollo favorable de este proyecto.

Capacitación al personal que ara la selección

En esta fase se enseñaron de manera práctica, con ejemplos, como reconocer y seleccionar los elementos innecesarios, explicando los criterios de selección y el uso de las herramientas antes presentadas, así como la reubicación temporal de los elementos innecesarios.

Seiri-clasificar: Consiste en identificar, clasificar, separar y eliminar del puesto de trabajo los equipos, partes, productos, materiales y documentos innecesarios, conservando sólo los necesarios. Se seleccionó y clasifíco los elementos, para tener las cosas en el sitio correcto. El propósito fue retirar todos los elementos que no son necesarios para el almacén. Los elementos necesarios se deben mantener cerca de la acción, mientras que los innecesarios se retiraron del sitio o eliminaron.

Seiton-ordenar: El siguiente paso es ordenar los elementos de trabajo que se utilizaron. El propósito fue mantener los elementos de trabajo necesarios en forma ordenada, identificada y en sitios de fácil acceso para su uso. Lo anterior permite localizar los materiales, herramientas, equipos, instrumentos y documentos de trabajo de forma rápida, además de que se mejora la imagen del área ante el cliente o visitas, “da la impresión de que las cosas se hacen bien”.

Seiso-limpiar: limpiar el entorno de trabajo, incluidas el mobiliario, los anaqueles las gavetas y herramientas, paredes, pisos y otras áreas del lugar de trabajo, y que todo el personal se haga responsable de las cosas que usa y se asegure de que se encuentren en buenas condiciones; por esto último, Seiso implica también verificar los elementos de trabajo durante la limpieza, para identificar problemas o fallas reales o potenciales.

Seiketsu-bienestar personal: Mantener un área de trabajo ordenado, limpio, y tener su material de fácil acceso y su herramienta en buen estado. es tener un bienestar personal.

Shitsuke-disciplina: La disciplina es una de las herramientas fundamental para las la implementación de las 5`S ya que es la que herramienta a implementar día con día para tener un buen manejo dentro del almacén y no romper con las 4 anteriores herramientas de la calidad.

Implementación de las 5 “S”

Metodología a desarrollar

El método de las 5S, así denominado por la primera letra del nombre que en japonés designa cada una de sus cinco etapas, es una técnica de gestión japonesa basada en cinco principios simples. Se inició en Toyota en los años 1960 con el objetivo de lograr lugares de trabajo mejor organizados, más ordenados y más limpios de forma permanente para conseguir una mayor productividad y un mejor entorno laboral. Las 5S han tenido una amplia difusión y son numerosas las organizaciones de diversa índole que lo utilizan,tales como, empresas industriales, empresas de servicios, hospitales, centros educativos o asociaciones.

- Seiri-clasificar
- Seiton-ordenar
- Seiso-limpieza
- Seiketsu-limpieza estandarizada
- Shitsuke-disciplina

Todas estas herramientas fueron de gran ayuda para poder llevar a cabo el prolecto del almacen y poder saber con esactitud la cantidad de material que se encuentra en esta area y tener un orden correcto del material para localizarlo con mayor rapidez también nos permite tener un ahorro económico al momento de comprar materia para una construcción, ya que se cunta exactamente con el material que tienen que haver en el almacen y a si no volver a comprar el mismo material para la construcción.

Resultados

Se cumplió con el objetivo mencionado en el capítulo 1 refiriéndose al aplicar de manera adecuada las 5 primeras “S” en el área de almacén, se logró una mejor clasificación, orden y limpieza tanto en sus actividades como en las herramientas utilizadas, ahora se encuentra cada cosa en su lugar y es más fácil encontrar cada una de ellas, haciendo que el trabajo sea más rápido y disminuya por completo la pérdida de materia prima.

- Mantener un ambiente de trabajo sano, limpio y agradable.
- Obtener áreas más seguras.
- Fortalecer el trabajo en equipo.
- Mejorar ostensiblemente la gestión.
- Orientar nuestros esfuerzos hacia la satisfacción del Cliente.
- Motivar y mejorar la moral de los trabajadores.
- Incentivar la Creatividad. Encontraremos fácilmente los objetos de trabajo y documentos.
- Ahorro en tiempos y movimientos.
- Facilidad para regresar a su lugar los objetos o documentos que hemos utilizado.
- Se podrá detectar cuando falta algún elemento.

Anexos

- Introducción a la calidad aproximación a los sistemas de gestión y herramientas de calidad, Autor José María Álvarez Ibarrola e Ignacio Álvarez Galle, Editorial ideas propias editorial, s.l.
- Productividad y calidad, Autor Everett e. Adam,jr , James C. Hershauer, William A. Ruch, Editorial Trillas.
- Calidad práctica, Autor Martí casa desús Fa, Iñaki Heras Saizarbitaria, Javier Merino Díaz de Cerio, Editorial Prentice Hall.
- Wiebe, Henry A. (1998). "Quality Function Deployment: A Tool for Packaging Design",
- Packaging Technology & Engineering, Vol. 7.
- Manual del ingeniero industrial, autor William K. Hodson, editorial Mc Graw Hill.
- Ingeniero industrial métodos, estándares y diseño del trabajo, autor Niebel /Freivalds, editorial Alfaomega.
- Calidad total y Productividad. Autor Humberto Gutiérrez Pulido. Editorial Mc Graw Hill.
- Calidad total. Fundamentos e implantación Autores Francisco Javier Lloréns, María del Mar Fuentes Fuentes. Editorial Pirámide.

Agradecimiento

Por medio de este proyecto quiero agradecer a dios y a mi madre Catalina Cruz Romero por apoyarme y darme fuerzas para seguir adelante con mis practicas, por todos esos consejos que siempre me brinda y que me han servido para poder aprender de mis errores, Ah ella que ah sido padre y madre para mí impulsando mis logros a cumplir y apoyando con mano firme mis proyectos, por ello eh llegado a cumplir varias de mis metas planeadas a realizar.

Igualmente a mis hermanos, Eva Lilia Tenorio Cruz, Paloma Cruz Romero, Moisés Cruz Romero por apoyarme en mi carrera y darme ese tiempo disponible para poder terminar mis trabajos y así poder cumplir con mis profesores y seguir avanzando con mi carrera para poder concluir con mi técnico industrial. Pero en especial quiero agradecer a mi hermano mayor Miguel Ángel Cruz Romero por apoyarme en ese momento cuando creía que no podría irme a realizar mis prácticas a la ciudad de Cuernavaca, Morelos. “ la empresa me brindo su apoyo dejándome realizar mis estadias dentro de sus instalaciones y dándome un apoyo al finalizar mi proyecto”

Conclusiones

Se cumplió con el objetivo mencionado en el capítulo 1 refiriéndose al aplicar de manera adecuada las 5 primeras “S” en el área de almacén, se logró una mejor clasificación, orden y limpieza tanto en sus actividades como en las herramientas utilizadas, ahora se encuentra cada cosa en su lugar y es más fácil encontrar cada una de ellas, haciendo que el trabajo sea más rápido.

- Menos probabilidad de contraer enfermedades.
- Menos accidentes.

- Mejor aspecto.
- Espacios libres y organizados
- Disminuye accidentes
- Evita desperdicios

Referencias

José María, A. (2000) Introducción a la calidad aproximación a los sistemas de gestión y herramientas de calidad, mexico: Editorial ideas propias editorial

Wiebe, Henry A. (1998). "Quality Function Deployment: A Tool for Packaging Design", mexico

Niebel /F. (2001) Ingeniero industrial métodos, estándares y diseño del trabajo, mexico

Caracterización microestructural y análisis de precipitados en aleaciones Fe-Cr utilizados en tuberías de incineradores de residuos sólidos urbanos

ALCANTARA-Juan†, MEDINA-Manuel, SALAZAR-Rodrigo & FUENTES-Teresa

Recibido 10 de Abril, 2015; Aceptado 8 de Junio, 2015

Resumen

Objetivo, metodología: Fabricar y caracterizar aceros inoxidable y sus precipitados para elegir el más adecuado para su aplicación en incineradores de residuos sólidos urbanos. En este trabajo se fabricaron cuatro aceros inoxidable ferríticos, se trataron térmicamente a 1100 °C y se caracterizaron por análisis metalográfico, por microscopía electrónica de barrido para estudiar la distribución de los elementos Al, Si, Fe, Cr y Mo, por análisis elemental EDS para estudiar la composición de los precipitados, y se llevaron a cabo ensayos de dureza. Los resultados obtenidos demuestran que el tratamiento termomecánico disminuye el tamaño de los precipitados y es adecuado para su tratamiento térmico posterior. El acero que presenta las mejores propiedades para su uso en incineradores es el Fe9Cr1.5AlSi3Mo.

Precipitación en aleaciones, Residuos sólidos urbanos, Corrosión a alta temperatura.

Abstract

Objective, methodology: Fabrication and characterize four stainless steels and precipitates to select the most adequate for application in municipal solid waste incinerators (SWI). In this study, four ferritic stainless steels were produced, they were heat treated at 1100 °C and characterized by metallographic analysis, scanning electron microscopy to study the distribution of the elements Al, Si, Fe, Cr and Mo, by elemental analysis EDS to study the composition of precipitates, and carried out tests of hardness. The results show that the heat treatment decreases the size of the precipitates and is suitable for subsequent thermomechanical treatment. The steel having the best properties for use in incinerators is Fe9Cr1.5AlSi3Mo.

Precipitate in alloys, Solid Urban Waste, High Temperature Corrosion.

Citación: ALCANTARA-Juan, MEDINA-Manuel, SALAZAR-Rodrigo & FUENTES-Teresa. Caracterización microestructural y análisis de precipitados en aleaciones Fe-Cr utilizados en tuberías de incineradores de residuos sólidos urbanos. Revista de Tecnología e Innovación 2015, 2-3:369-376

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

En la actualidad el uso de nuevos materiales debe cumplir las exigencias de las cada vez más estrictas condiciones de trabajo a nivel industrial. Este trabajo se centra en la fabricación del tipo de aceros empleados en los intercambiadores de calor de los incineradores de residuos orgánicos para la generación de energía eléctrica, estos aceros se encuentran expuestos en condiciones corrosivas, a temperaturas superiores a 400°C. Estos materiales, pueden estar aleados además de con Cr con Cu, Ni, Mo, Nb, Ti, Al y Si. Recientemente se ha encontrado que el Aluminio y el Silicio aumentan la resistencia a la corrosión a altas temperaturas en las aleaciones Fe-Cr (Li, Niu, & Spiegel, 2009). Entre los aceros que son sujetos de constante desarrollo están los aceros inoxidable (Askeland, Fulay, & Wright, 2011). El acero inoxidable es un metal reactivo y se combina con el Oxígeno del aire o en cualquier otra condición oxidante para formar una película sobre el acero que lo aísla del medio agresivo (Castro Sedano, 2001). Entre los materiales que se han estado manejando para resolver esta nueva demanda se encuentran los aceros inoxidables de composición mejorada, ferríticos y austeníticos, con diferentes recubrimientos, sin embargo, los materiales deberán cumplir no sólo con sus características técnicas específicas, sino también con procesos de fabricación de bajo costo. En el presente trabajo se establece la investigación de aceros inoxidables ferríticos con adiciones de Al, Si y Mo, las cuales incrementan la resistencia a la corrosión a alta temperatura para su aplicación en incineradores de residuos sólidos urbanos tanto en México como a nivel mundial (Sanchez Pastén & Spiegel, 2006).

La importancia de este tipos de aceros, se debe a sus notables propiedades, una de las más trascendentes, es su gran plasticidad y maleabilidad a elevada temperatura, que permite transformar su forma o dimensiones (Laufgang, 2004).

Desarrollo Experimental

Se fabricó el acero Fe₉Cr₅Mo_{2.5}AlSi de acuerdo a la metodología reportada por (Sanchez Pastén & Spiegel, 2006), ya que es el que presenta mejores propiedades a la corrosión a altas temperaturas y tres variaciones de este modificando los contenidos de Mo, Al y Si. La fusión de estos aceros se realizó en un horno de inducción sin núcleo marca Inductotherm bajo la inyección de argón por la parte inferior por medio de una tobera y en la parte superior del horno con una tapa de acero inoxidable enfriada por agua para mantener una atmosfera libre de oxígeno, partiendo del acero 1020 y ferroaleaciones comerciales. Inicialmente se procesó el acero 1020 descarburándolo y desoxidándolo, luego se adicionaron los elementos de aleación calculados para obtener las composiciones establecidas en la tabla 1. Posteriormente las aleaciones fueron vaciadas en una lingotera de hierro en forma de un prisma trapezoidal. Los aceros fueron cortados en probetas de 1 cm x 1cm x1 cm para poder realizar la caracterización metalográfica por las técnicas de microscopía óptica, microscopía electrónica de barrido (MEB), microanálisis y microdureza Vickers (MDV), cabe mencionar que el equipo empleado para la MEB es un Jeol 6300. A partir del análisis microestructural en su condición de colada se trata a 1100 °C para homogenizar y obtener una mejora en las propiedades mecánicas de los materiales. En la tabla 1 se puede observar las composiciones nominales de los aceros fabricados

Acero	% peso					
	Fe	C	Cr	Al	Si	Mo
Fe9Cr2.5AlSi5Mo	80.9 2	0.08	9.00	2.50	2.50	5.0 0
Fe9Cr2.5AlSi3Mo	82.9 2	0.08	9.00	2.50	2.50	3.0 0
Fe9Cr1.5AlSi3Mo	84.9 2	0.08	9.00	1.50	1.50	3.0 0
Fe9Cr3AlSi3Mo	81.9 2	0.08	9.00	3.00	3.00	3.0 0

Tabla 1 Composiciones nominales de las aleaciones

Resultados

Monitoreo microestructural

La Figura 1 muestra la microestructura de los cuatro aceros fabricados en su condición de colada, en estos se observa una matriz completamente ferrítica, con granos totalmente desiguales y con precipitados al interior y en los límites de estos. Debido a esto se realizó un tratamiento de homogenizado a 1100 °C para redistribuir los elementos de aleación en la matriz ferrítica, ya que si no se aplica dicho tratamiento se puede producir fragilización, heterogeneidad química y microestructural, además de la difusión adecuada de solutos en la matriz, lo que representaría un obstáculo para el procesamiento, sobre todo para la aplicación de un tratamiento termomecánico posterior.

En la figura 2. se observan las micrografías de las muestras de los aceros en su condición de homogeneizado a 1100 °C durante tres horas. De acuerdo a la figura la figura 2 se observa que el grano aumenta su tamaño y es homogéneo así como que los precipitados son más pequeños que en su condición de colada. En las figuras 2 (b), (c) y (d) se muestran granos homogéneos con límites más definidos y con un aumento en el número de precipitados, esto provoca una disminución en la dureza como se reporta en la sección III.4.

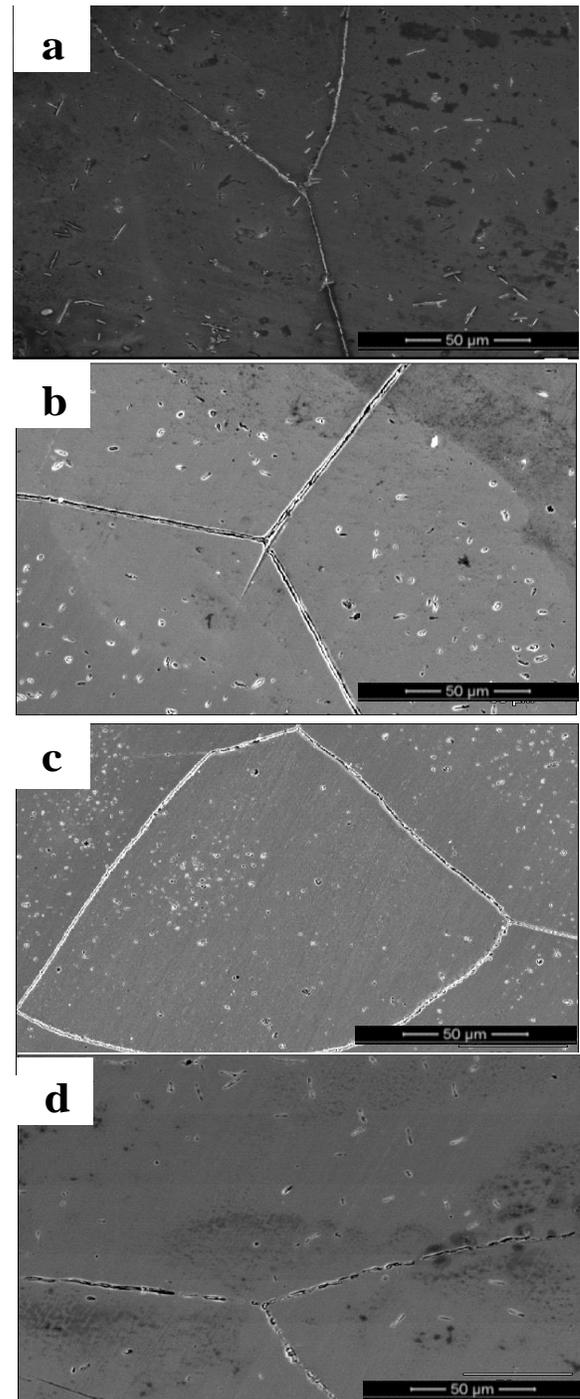


Figura 1 Microestructura de los aceros empleados en condición de colada. a) Fe9Cr2.5AlSi5Mo, b) Fe9Cr2.5AlSi3Mo, c) Fe9Cr1.5AlSi5Mo, d) Fe9Cr3AlSi3Mo.

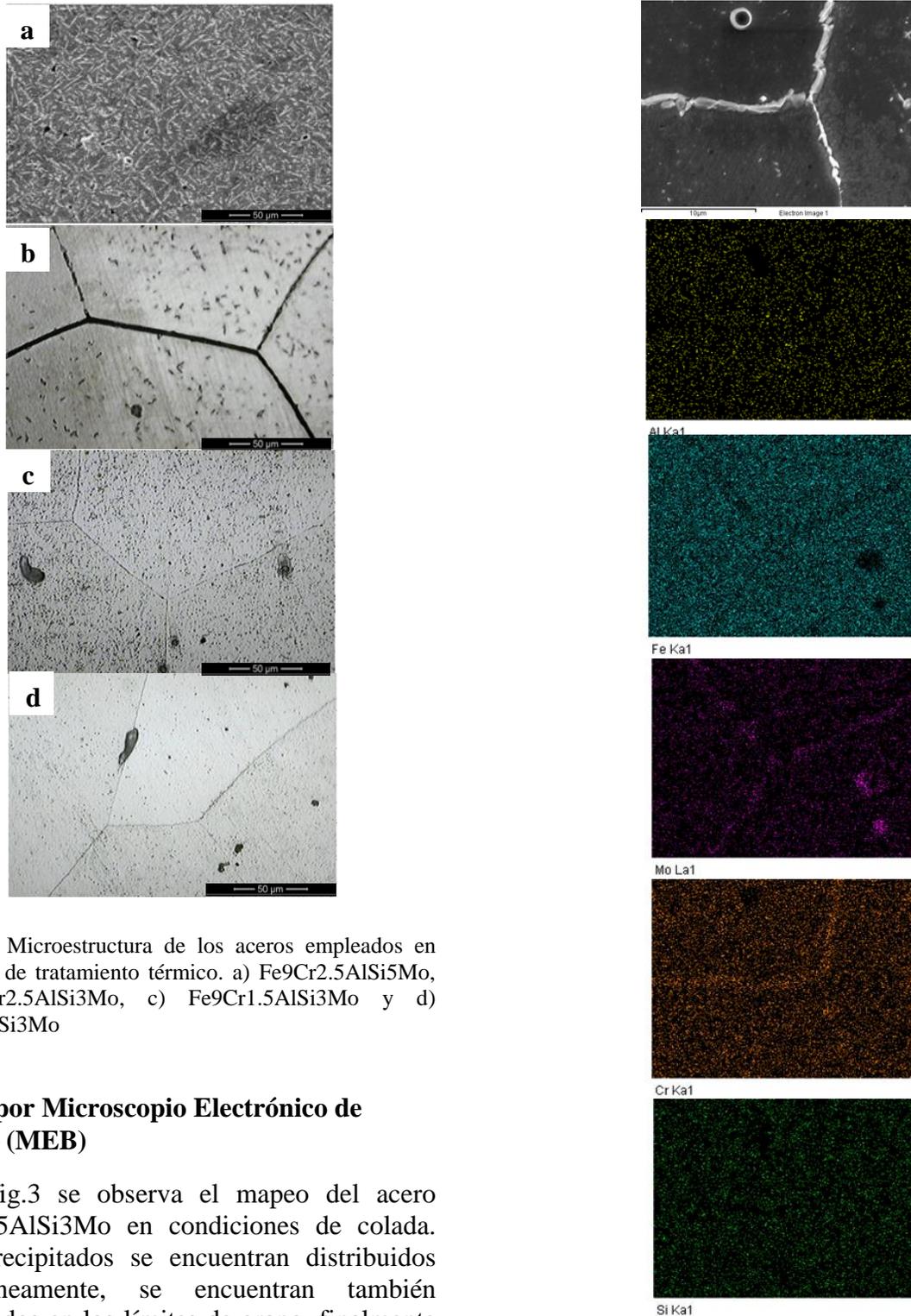


Figura 2 Microestructura de los aceros empleados en condición de tratamiento térmico. a) Fe₉Cr_{2.5}AlSi₅Mo, b) Fe₉Cr_{2.5}AlSi₃Mo, c) Fe₉Cr_{1.5}AlSi₃Mo y d) Fe₉Cr₃AlSi₃Mo

Mapeo por Microscopio Electrónico de Barrido (MEB)

En la fig.3 se observa el mapeo del acero Fe₉Cr_{2.5}AlSi₃Mo en condiciones de colada. Los precipitados se encuentran distribuidos homogéneamente, se encuentran también precipitados en los límites de grano, finalmente los demás elementos de aleación se encuentran homogéneamente distribuidos en la matriz.

Figura 3 Mapeo del acero Fe₉Cr₃AlSi₃Mo

En la fig. 4. Se muestra el mapeo del acero Fe9Cr3AlSi3Mo en condiciones de colada, se observan precipitados en forma de laminillas, las cuales son ricas en Cromo, Molibdeno y un poco de Hierro; los demás elementos se encuentran de forma homogénea en la matriz, igualmente se observan precipitados en los límites de grano.

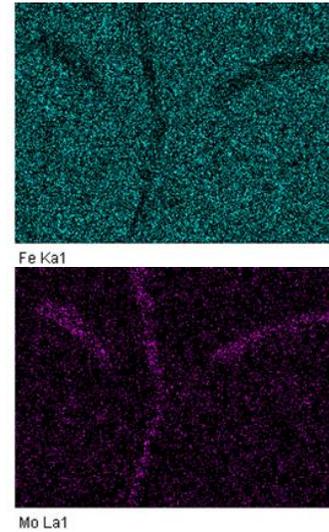
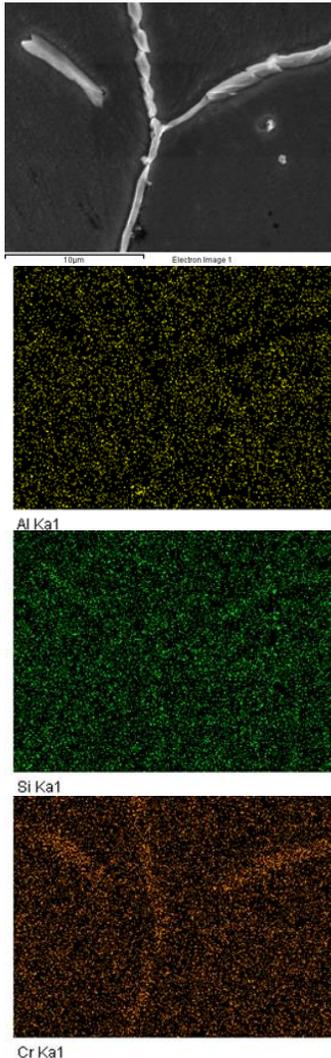


Figura 4 Mapeo del acero Fe9Cr3AlSi3Mo

Análisis puntual de precipitados

Debido a que se observa la presencia de precipitados en los aceros, se realizaron análisis puntuales. En las micrografías de las figuras 5 y 6 se observan tanto la microestructura (a). Una micrografía a mayores aumentos donde se observan claramente los precipitados en los límites de grano (b). Y finalmente la micrografía representativa de donde se realizó el análisis puntual (c).

En las Figuras 5c y 6b se observan las micrografías de los aceros en donde los precipitados son como agujas alargadas, los cuales al realizarles 10 análisis puntuales a cada acero para obtener un resultado más confiable de los elementos presentes, debido a que igualmente se realizaron mapeos que nos indicaron la presencia de Hierro (Fe), Cromo (Cr) y Molibdeno (Mo), dichos resultados de pueden observar en la Tabla de Elementos presentes en precipitados y observándose en la tabla que el contenido de elementos de aleación no afecta en la composición de los precipitados.

Muestra	Elemento (% atómico)		
	Fe	Cr	Mo
Fe9Cr2.5AlSi5Mo	75.86	10.02	2.00
Fe9Cr2.5AlSi3Mo	47.71	11.00	4.98
Fe9Cr1.5AlSi3Mo	53.69	10.85	0.00
Fe9Cr3AlSi3Mo	35.37	16.39	7.08

Tabla 2 Elementos presentes en precipitados.

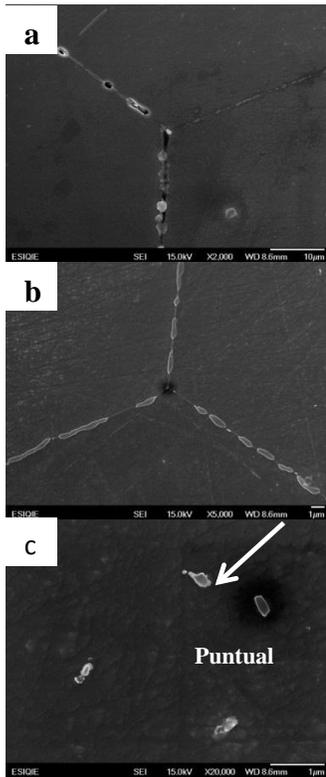


Figura 5 Micrografías de la aleación Fe9Cr1.5AlSi3Mo. a) Micrografía a 2000x b) Micrografía a 5000x y c) Micrografía a 20,000x indicando análisis de precipitados

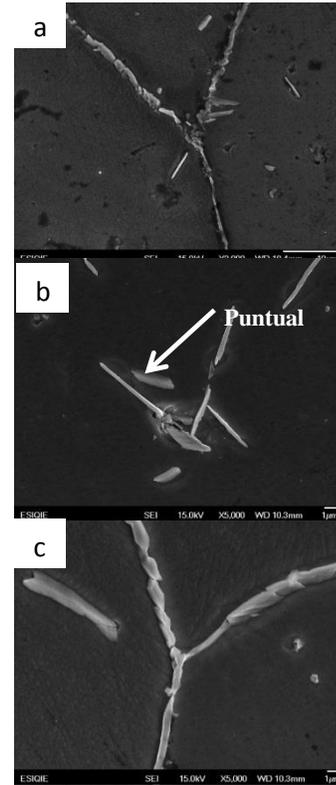


Figura 6. Micrografías de la aleación Fe9Cr3AlSi3Mo a) Micrografía a 2000x, b) Micrografía a 2000x indicando análisis de precipitados de la aleación y c) Micrografía a 5000x.

Microdureza HV

Se tomaron mediciones de dureza a muestras de colada y homogeneizadas. Las mediciones se llevaron a cabo de forma longitudinal y transversal con las siguientes condiciones carga 100 gf y un tiempo de indentación de 12 segundos. Se realizaron 10 lecturas por cada muestra.

En todos los casos se observa una reducción en la dureza por efecto del tratamiento térmico de homogenizado, así como una mayor homogeneidad entre las mediciones realizadas a las muestras. El acero Fe9Cr3AlSi3Mo presenta claramente una mayor dureza debido a sus altos contenidos de aleantes, principalmente el molibdeno.

On

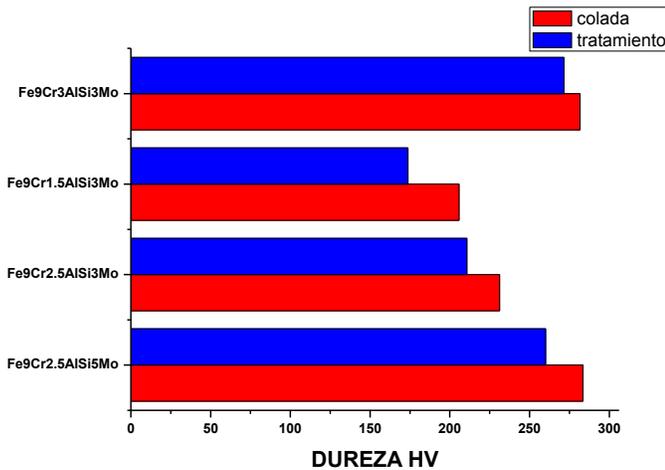


Figura 7 Dureza de los materiales

Al realizar ensayos de dureza al acero Fe9Cr1.5AlSi3Mo presentó valores de dureza muy variados debido a la presencia de precipitados en su condición de colada, pero después del tratamiento térmico resulta ser el de menor dureza y gran homogeneidad en las mediciones tomadas. En forma general, se observa un efecto muy marcado debido a los precipitados formados sobre la dureza del material. Sólo se probó una condición de tratamiento térmico (950°C y 3 h), pero otras condiciones podrían hacer variar el comportamiento de los precipitados.

Conclusiones

Debido a la heterogeneidad química y microestructural que presentan los aceros, impiden la difusión adecuada de solutos en la matriz, por lo que es un obstáculo para el procesamiento sobre todo para la aplicación de deformación plástica. Las características antes citadas se consideran importantes ya que afectan negativamente en el refinamiento del tamaño de grano.

El acero más indicado para su tratamiento termomecánico posterior es Fe9Cr1.5AlSi debido a que al realizarle el tratamiento térmico disminuyó su dureza esto puede dar pauta para su posterior procesamiento termomecánico y su uso en los incineradores de residuos sólidos para la generación de energía.

Los elementos de aleación Aluminio y Silicio se distribuyeron homogéneamente en la matriz, por otro lado el Hierro Cromo y Molibdeno formaron precipitados tanto en los granos como en los límites de grano pero al aplicarles el tratamiento térmico hubo una disminución en tamaño, pero aumento el número de estos precipitados.

Referencias

- Askeland, D. R., Fulay, P. P., & Wright, W. J. (2011). Ciencia e ingeniería de materiales. México D. F.: CENGAGE Learning.
- Castro Sedano, D. (2001). Apuntes sobre aceración y colada continua. México D. F.: IPN.
- Laufgang, S. G. (2004). Tratamiento térmico de soldadura – prueba hidráulica de gasoductos. México D. F.: Termo Soldex S.A.

Li, Y. S., Niu, Y., & Spiegel, M. (2009). High temperature interaction of Al/Si modified Fe-Cr alloys with KCl. *Corrosion Science*, 1799-1815.

Sanchez Pastén, M., & Spiegel, M. (2006). High temperature corrosion of metallic materials in simulated waste incineration environments at 300-600 ° C. Dortmund: Shaker Verlag.

Remoción de hidrocarburos policíclicos mediante reactores de suelos activados

CUEVAS-Blanca†, RUIZ-Adriana, SALGADO-Alberto & DELGADILLO-Patricia

Universidad Autónoma del Estado de México

Recibido 29 de Abril, 2015; Aceptado 3 de Junio, 2015

Resumen

La biorremediación ha llegado a ser la tecnología elegida para remediar los ambientes afectados por las actividades antropogénicas, particularmente a agua y suelo expuestos a hidrocarburos. También ha llegado a ser un área de estudio intensivo para investigación y desarrollo en la academia, gobierno e industria debido a que las nuevas leyes así como tratados internacionales protegen el medio ambiente. En México La legislación ambiental es relativamente joven y está fundamentada en La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) que se refiere a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección al ambiente, en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción. los resultados obtenidos se ofrece una técnica económica, rápida y factible para efectuar la remoción de compuestos aromáticos policíclicos problemáticos, en suelos pesados contaminados, que revelan que los reactores inoculadores aerobios son más factibles a remover el antraceno del suelo de las organizaciones.

Policíclicos, hidrocarburos, suelos**Abstract**

The bioremediation has become the technology chosen to remedy the environments affected by anthropogenic activities, particularly water and soil exposed to hydrocarbons. It has also become a study area for intensive research and development in academia, government and industry because the new laws and international treaties protecting the environment. In Mexico Environmental Legislation is relatively young and is based in the General Law of Ecological Balance and Environmental Protection (LGEEPA) which relates to the preservation and restoration of ecological balance, as well as environmental protection, within the national territory and the areas on which the nation exercises its sovereignty and jurisdiction. The results provides a technique effective, fast and feasible to carry out the removal of polycyclic aromatic compounds problematic, in heavy soils contaminated, showing that inoculation aerobic reactors are more feasible to remove the soil anthracene, probably because in environments that are conducive aerobic oxidation the organization.

Polycyclic, Hydrtocarbon, Soil

Citación: CUEVAS-Blanca, RUIZ-Adriana, SALGADO-Alberto & DELGADILLO-Patricia. Remoción de hidrocarburos policíclicos mediante reactores de suelos activados. Revista de Tecnología e Innovación 2015, 2-3:377-391

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Los hidrocarburos poliaromáticos son constantemente liberados al ambiente principalmente a partir de las actividades antropogénicas, siendo la mayor fuente de liberación, los procesos de quema de combustibles fósiles, la licuefacción del carbón, la gasificación del petróleo y los derrames accidentales de petróleo. Cuando ocurre un derrame de petróleo en el ambiente, los compuestos de bajo peso molecular generalmente se pierden por volatilización, mientras que los hidrocarburos poliaromáticos y heterocíclicos permanecen como remanente, haciéndose de esta manera persistente en el ambiente. Los hidrocarburos poliaromáticos con dos o más anillos, heterocíclicos y sus homólogos alquil sustituidos, que son liberados en los ecosistemas, constituyen un grave problema porque contaminan fuentes de agua y suelos, ocasionando un gran impacto ecológico, en virtud de los efectos recalitrantes y tóxicos que ejercen sobre los seres vivos (Tissot y Welte, 1984). Es por ello que estos hidrocarburos deben ser removidos o su concentración debe ser sustancialmente reducida del ambiente. Con este propósito, frecuentemente son utilizados procesos de degradación industrial tanto químicos como físicos, que pese haber demostrado su potencial para la recuperación de cientos de lugares contaminados, resultan relativamente inadecuados para la remoción de hidrocarburos complejos y además el costo de su aplicación resulta elevado (Parales *et al.* 2001).

Durante los últimos años ha sido objeto de intensa investigación el desarrollo de biotecnologías que complementen los procesos físicos y químicos ya existentes, basadas en la utilización de microorganismos para la recuperación de los ambientes contaminados con petróleo y otros combustibles, en virtud de la capacidad que poseen estos organismos de oxidar los compuestos hidrocarbonatos del petróleo degradándolos hasta metabolitos que pueden ser fácilmente removidos o dispersados del ambiente (Monticello, 1994).

La utilización de un sistema de reactores de suelos activados tiene características ventajosas como: aumento en el contacto suelo-microorganismos, incremento de tasas de transferencia de masa, el posible uso de suplementación de nutrientes, inoculación con microorganismos adaptados, adición de tensoactivos, es posible también la manipulación de las rutas catabólicas a partir de la introducción de varios aceptores de electrones, etc.

Queda el reto de sanear suelos pesados (ricos en arcillas y materia orgánica) que presentan baja conductividad hidráulica, muy baja permeabilidad, muestran una gran irreversibilidad en la retención de contaminantes, dificultando enormemente una disponibilidad adecuada para su biodegradación. Para que esta investigación de como resultado que se tiene que los HPA'S (Hidrocarburos poliaromáticos) son catalogados como compuestos resistentes a la biodegradación en un suelo pesado, se considera que es posible lograr su biorremediación al ser sometido a la adición de nutrientes e inoculación de consorcios controlados en ambientes aerobios y anaerobios en reactores de suelos activados.

Por consiguiente se pretende obtener una técnica económica rápida y factible para efectuar la biodegradación del antraceno que es uno de compuestos aromáticos policíclicos problemáticos, en suelos pesados (suelo arcilloso con alto contenido de materia orgánica) contaminados, esto consiste en uso de reactores de suelos activados en continuo con manejo de aceptores de electrones de diferente opción, para poder comparar la efectividad de cada uno, usando como fuente de carbono el HPA'S aunado con la bioestimulación de la sacarosa que favorezca el crecimiento de consorcios microbianos degradadores y aumentar la biodisponibilidad de los HPA'S.

Justificación

El surgimiento y la experimentación de la biorremediación como una industria han sido aceptados como alternativa económicamente viable y efectiva para la limpieza de suelos y superficies de aguas contaminadas con un alto grado tóxico.

La biorremediación ha llegado a ser la tecnología elegida para remediar los ambientes contaminados, particularmente, sitios contaminados con hidrocarburos del petróleo. Las medidas biocorrectoras se llevan empleando en el saneamiento de suelos y aguas contaminadas por hidrocarburos desde hace décadas con importante éxito. Estas técnicas biológicas pueden ser de tipo aerobio (presencia de un medio oxidante), o bien de tipo anaerobio (medio reductor). Sin embargo, la gran mayoría de estudios y aplicaciones de la biorremediación se ha sesgado a técnicas in situ para el saneamiento de suelos fácilmente tratables.

Queda el reto de sanear suelos pesados; ricos en arcillas y materia permeabilidad y muestran una gran irreversibilidad en la retención de contaminantes, lo cual dificulta enormemente una disponibilidad adecuada para su biodegradación.

La utilización de sistemas de reactores de suelos activados en estos suelos tiene características ventajosas como son; un aumento en el contacto suelo-microorganismos, incremento de tasas de transferencia de masa, es posible el uso de suplementación de nutrientes, inoculación con microorganismos adaptados, adición de tensoactivos, es posible también la manipulación de las rutas catabólicas a partir de la introducción de varios aceptores de electrones, etc. Lo anterior favorece en un aumento de la cinética de remoción de los contaminantes del suelo, contrarresta los tiempos de saneamiento y minimiza los volúmenes de operación de los reactores para un tratamiento dado.

Desarrollo

La degradación de HPA'S depende de la complejidad química de los HPA'S y del alcance de la adaptación enzimática. Los HPA'S que contienen tres anillos aromáticos, son más fácilmente degradables que los que contienen más de cuatro anillos, puesto que estos últimos son más recalcitrantes o persistentes.

La facilidad con lo que se degraden los HPA'S ya sea en metabolismo aerobio o anaerobio están en función de la solubilidad del HPA'S, número de anillos fusionados, número de sustituyentes, tipo de sustitución, posición de sustitución y también por la toxicidad.

Muchos de los HPA'S están asociados con la refinación del petróleo y la combustión de carbón de hulla. Se ha reportado que las actividades relacionadas con la utilización del petróleo generan el 70 % de la HPA'S.

En general, los destilados del petróleo tienen efectos tóxicos muy graves cuando son aspirados afectando el tronco bronquial. Son disolventes de las grasas y alteran el sistema nervioso central (SNC) (Dreisbach y Roberson, 1981). Los hidrocarburos aromáticos son más irritantes que los alifáticos, causan dermatitis y quemaduras severas. Si son aspirados causan edema pulmonar y neumonitis química. Por ejemplo, se han reportado conjuntivitis y quemaduras de cornea a causa del benceno y de sus derivados arílicos. El naftaleno causa cataratas (Wang y Bartha 1990). Los HPA'S pueden ser degradados completamente o ser extremadamente resistentes o originar productos intermediarios que son altamente carcinogénicos. Al respecto se tiene que el benzo(a) pireno (BAP) puede ser cometabolizado al ser oxidado por microorganismos como *Mycobacterium* (Schneider *et al*, 1996).

En experimentos de laboratorio no han reportado mineralización de los productos de oxidación del BP, se puede especular que cada desdoblamiento de los anillos de los intermediarios, son producidos cometabolicamente en suelos con presencia de otros hidrocarburos del petróleo, estos pueden ser metabolizados en un suelo del ecosistema que contenga una variedad de microorganismos que actúen como consorcio.

Esta idea es fundamentada por el hecho de que el pireno se puede mineralizar como resultado de la oxidación cometabólica y continua que llevada a cabo por un consorcio de degradadores de hidrocarburos

Para realizar el estudio que permita determinar la factibilidad de la eliminación de los HPA'S del suelo por microorganismos fue necesario considerar, en lo posible todos los fenómenos que se pudieran presentar durante la fase experimental como: fotocátalisis, evaporación, descomposición térmica o por el contrario, dado la naturaleza de los HPA'S, se presentara una adsorción tal que fuera imposible retirarlos del suelo.

Por lo anterior y a efecto de corroborar que la degradación que se presentó fue atribuible únicamente a la acción de los microorganismos y no a fenómenos abióticos, se plantearon tres experimentos simultáneos con las características indicadas en la tabla 1.1 de acuerdo con esto el tratamiento 1: sirve como testigo y para determinar las posibles interferencias de los compuestos orgánicos presentes inicialmente en el suelo. En el tratamiento 2: la adición de azida de sodio servirá para inhibir la actividad microbiana y detectar la degradación abiótica que se pueda presentar y el tratamiento 3: en el que se observa cómo se lleva a cabo la degradación microbiana de los HPA'S.

En la figura 1.1 se presentan las diferentes actividades realizadas que constan principalmente de: a) contaminación del suelo con HPA'S, b) inoculación del suelo, c) aplicación de metodología analítica, extracción, acondicionamiento del extracto —clean up, análisis en el cromatógrafo de gases.

Tratamiento	Suelo Seco	Medio	Antraceno (mg)	Solvente (Acetona) (ml)
(1) Suelo + Inóculo	300 (g)	80 (ml)	0,50,100,300	250
(2) Suelo + HPA'S + Azida	300	80	0,50,100,300	250
(3) Suelo + Inóculo + HPA'S	300	80	0,50,100,300	250

Tabla 1 Características de los experimentos realizados con suelo

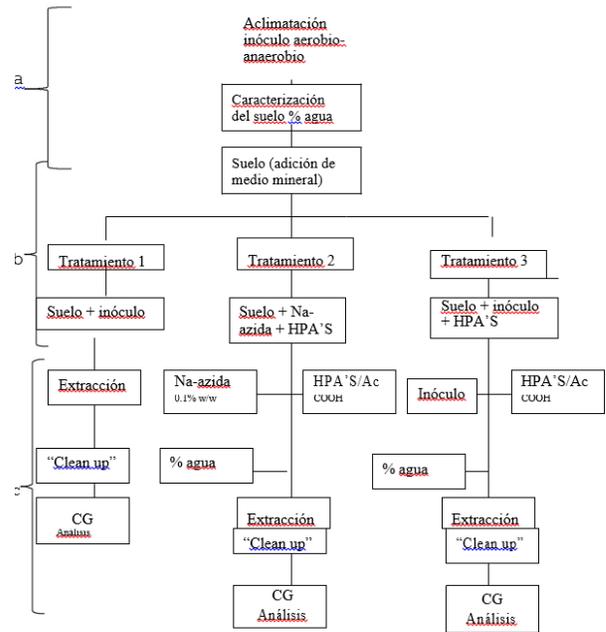


Figura 1 Diagrama de flujo de etapas del trabajo.

Contaminación generada por hidrocarburos poliaromáticos HPA'S

Químicamente, el petróleo es una mezcla compleja de hidrocarburos, es decir, de compuestos ricos en carbono e hidrógeno, aunque contiene otros elementos minoritarios como azufre, oxígeno y nitrógeno, así como trazas de metales. Es complicada porque dada la capacidad del átomo de carbono de formar cuatro enlaces con otros átomos de carbono, se pueden organizar como cadenas ó como ciclos.

Los hidrocarburos forman parte de los contaminantes más ampliamente distribuidos en el ambiente ocasionando un efecto adverso a éste y a la salud pública.

Las fuentes de contaminación son diversas; en el ámbito mundial se estima que anualmente de 5 a 10 millones de toneladas de hidrocarburos entran al océano, de ellos casi el 45% ocurre por manejo del petróleo en barcos (incluyendo accidentes), 37% proviene de aguas industriales y residuos domiciliarios y sólo el 12% por actividades de explotación y producción. Cuando se conoce la causa de la contaminación por hidrocarburos se buscan compuestos específicos.

La magnitud de la contaminación se puede expresar a través de un contaminante clave, que puede ser el que se encuentre en mayor proporción o el que sea más peligroso. En el caso de la gasolina, se cuantifican los hidrocarburos monoaromáticos, benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos (BTEX). Algunos autores eligen solamente el benceno por ser el más tóxico. Si se desconoce la causa de la contaminación o si se trata de una mezcla de contaminantes, la concentración de éstos puede ser expresada de manera global como hidrocarburos totales del petróleo (HTP).

En México, en zonas suburbanas las aguas residuales industriales, que generalmente contienen residuos de estos compuestos, son descargadas en canales a cielo abierto, sin barrera física que impida su migración hacia el subsuelo, provocando la contaminación del suelo mismo y de las aguas subterráneas.

Saval (1997), establece que la contaminación del subsuelo puede deberse a la infiltración de lixiviados generados por las lluvias, arrastrando gasolinas, turbosina, diesel y gasóleo que fluyen y durante su trayectoria son adsorbidos por el material geológico hasta que alcanzan el nivel freático. Así, los hidrocarburos se dispersan de acuerdo a la dirección de la corriente subterránea, creando manchas de contaminación de gran superficie.

También se ha reportado la presencia de benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos (BTEX), a 4 m de profundidad en el subsuelo de un canal de la subcuenca de Chalco, Edo. de México, donde se vierten aguas residuales industriales (Mizari-Hiriart, 1997). García (2000), evaluó la influencia de las descargas de aguas negras del Valle de México en la calidad del agua subterránea de tres municipios en el Estado de Hidalgo.

Mediante el análisis de compuestos orgánicos de diversas familias químicas tanto en las aguas negras como en las aguas subterráneas, se encontraron evidencias fehacientes de que las aguas negras se infiltran en el subsuelo contaminando las aguas subterráneas. De este estudio se destaca el caso del fenol cuya concentración en el agua subterránea (1 ppm) sobrepasa el límite establecido en la normatividad mexicana para el agua potable igual a 0.001 ppm (NOM-127-SSA1-1994).

Así como la presencia de otros compuestos como el benceno, el cual se reportó a niveles de concentración del orden de 1 ppm, indicando que las aguas residuales generadas en los procesos de refinación del petróleo, contienen cantidades significativas de compuestos orgánicos, principalmente los hidrocarburos mono-aromáticos (Razo y col. 2000). También reportan que en un estudio del análisis de aguas residuales provenientes de refinerías mexicanas se encontraron concentraciones de hidrocarburos, principalmente benceno, tolueno y fenol, del orden de 5 mg/L.

La contaminación del medio ambiente marino por introducción de HPA'S, se produce generalmente por acciones antropogénicas, principalmente por derrames producidos en el transporte del petróleo a través del mundo, instalaciones fijas y otras fuentes como: desechos municipales, desechos industriales, aportes de ríos e intercambio atmosférico.

Características físico y químicas del compuesto modelo

El antraceno es un compuesto de una amplia gama de sustancias, tanto de origen natural como sintética, conocida como hidrocarburos poliaromáticos (Kosteky y Calebrese, 1992). Estos compuestos por su aromaticidad, presentan una reactividad química relativamente baja y son difícilmente biodegradables, lo cual es importante desde el punto de vista ambiental.

Con respecto a los riesgos se tiene que está en la lista de sustancias peligrosas, ya reglamentada por la, OSHA (Occupational Safety and Health Administration), ACGIH (American Conference of Governmental Industries Hygenists), FDA (Food Drug Administration), DOT (Departament of Trasportation), HHAG, y la EPA (Enviromental Protection Agenci). (Right to Know Program, 2002).

Toxicidad del compuesto modelo

El antraceno puede causar mutaciones, al contacto con la piel puede causar irritación, picazón y ardor que se agrava con la exposición a la luz del sol, es posible que pueda causar alergia en la piel.

Respirar el antraceno puede irritar la nariz, la garganta y los pulmones causando tos y respiración con silbido. En contacto con los ojos puede causar irritación y quemaduras.

Propiedades físico y químicas de los HPA'S

Son sólidos a temperatura ambiente y su volatilidad es muy pequeña. Dependiendo de su carácter aromático, los HAP'S absorben luz ultravioleta y producen un espectro fluorescente característico.

Las características comunes de estas sustancias son: puntos de fusión y ebullición elevados, presión de vapor baja, solubles en muchos disolventes orgánicos, pero muy poco solubles en agua, tanto menos cuanto mayor sea su peso molecular y por tanto lipófilos, así que son potencialmente bioacumulados y concentrados en sedimentos y suelos en función de su persistencia.

Aunque la solubilidad de los PAH'S puros en agua es sumamente baja estos compuestos pueden ser solubles a través de otras sustancias orgánicas como los detergentes. Además estos HPA'S son capaces de asociarse con coloides presentes en el agua y de esta forma pueden transportarse a través de ella.

La principal vía de degradación de estos compuestos incluye procesos químicos, fotolíticos o metabólicos asociados a microorganismos

Características toxicológicas

Los principales impactos de los hidrocarburos poliaromáticos en la salud humana se centran en sus propiedades genotóxicas, es decir causan daños al material genético (teratogénicas, mutagénicas y carcinogénicas). Los más potentes carcinógenos son el benzo(a) antraceno, benzo(a) pireno y el dibenzo (ah) antraceno.

Preparación de las muestras de suelo

El suelo base utilizado, fue caracterizado con los siguientes resultados que se muestran en la tabla 1.2.

Localización	Ejido la resurrección, Texcoco, Edo. de México
Tipo	Tepic Haplusert
Profundidad	27 a 51 cm., Perfil A
Color	Pardo grisáceo oscuro
Clase textural	Arcilloso-limoso
% Arcilla	48
% Materia orgánica	2.17
pH	7.1

Tabla 2 Caracterización del suelo modelo.

La composta utilizada para aumentar la materia orgánica en el suelo modelo también fue caracterizada para tener un contenido total de materia orgánica del 4%.

El suelo fue previamente tamizado, permitiendo solamente el paso de partículas menores a 2 mm utilizando un tamiz malla 35, con el propósito de eliminar raíces y hojas, así como para diseminar los agregados existentes, contar con un suelo homogéneo y con características de textura adecuada para la realización del estudio.

Se agregan 11.7 gramos de composta seca previamente molida en licuadora y se mezcla con el suelo modelo para aumentar el contenido de materia orgánica al 4%. Su caracterización fue proporcionada por el Colegio de Posgraduados (Tabla 1.3)

°La cantidad de composta añadida al suelo, se calculó de la siguiente manera:

SB= gramos de suelo base

SM= Gramos de suelo modelo

C= gramos de composta

MO= % materia orgánica

$$(MO \text{ del SM})(SM+C) = (MO \text{ del SB}) + (MO \text{ de C})$$

$$(0.04)(100+C) = 2.17 + 0.51C$$

Despejando C, tenemos:

C= 3.9 gramos de composta por cada 100 g de suelo base.

Se esteriliza la muestra de suelo a 121 °C/ 151 lb durante 1 hora a 35 °C durante 24 horas. Se repite esta operación tres veces.

Este suelo ya esterilizado se somete al tratamiento 1 el cual se adiciona 21.616 gramos de inóculo sin HPA'S y 80 ml de medio basal de sales (MBS).

En los tratamientos 2 y 3 el suelo fue contaminado con las siguientes concentraciones de HPA: 300 mg de antraceno por kilogramo de suelo seco para lograr esto, antes de agregar el medio mineral y los microorganismos, se preparó una solución de antraceno en concentración igual a la que tendría en el suelo. Como disolvente se utilizaron 250 ml de acetona.

Esta solución se agrega al suelo modelo esparciéndola homogéneamente, extendiéndola en una charola.

Se mezcla con una espátula homogéneamente y se dejó en la oscuridad. Posteriormente se agregó el inóculo o la azida de sodio según correspondió. Una vez realizado lo anterior, se cubrió la parte exterior de la charola con papel aluminio con el propósito de evitar la fotodegradación. La temperatura se mantuvo constante a 20°C. La tabla 1.3 resume las características de cada experimento.

pH	6.8
Conductividad eléctrica	8 dS m ⁻¹
Materia orgánica	51 %
Nitrógeno total	1.7 %
Fósforo total	1.4 %
Potasio total	2.3 %
Calcio	2.2 %
Magnesio	0.8 %
Sodio	0.19 %
Hierro	5500 ppm
Cobre	12 ppm
Zinc	102 ppm
Manganeso	155 ppm
Nitrato	37 meqL ⁻¹
Amonio	23 meqL ⁻¹
Relación ácidos húmicos/fulvicos	1.67-1.90

Tabla 3 Caracterización de la composta

Control de humedad

La muestra se coloca en el horno a una temperatura de 105°C durante 24 horas tiempo suficiente para que se evapore el agua que contiene. Una vez realizado lo anterior, se pesa y por diferencia de pesos entre el inicial y el final, se determina la cantidad de agua presente.

Este tipo de análisis debe hacerse en muestras representativas y por triplicado a efecto de contar con resultados confiables. Debe recordarse que del suelo bajo estudio ya se había determinado con anterioridad la Máxima Capacidad de Retención de Agua (MCRA), la cual fue de 0.373g de agua por gramo de suelo seco.

Además se sabe que para que ocurra la biodegradación en el suelo, este debe contar con aproximadamente un 60 % como máximo respecto a la MCRA. En este caso el valor fue de 0.2238 gramos de agua por gramo de suelo seco, el cual corresponde a un valor aceptable.

Se prepara una serie por triplicado de 6 botellas selladas con tapones de incubar a temperatura ambiente a 100 rpm en la oscuridad se sacrifican los controles a 0, 15 y 30 días. Para sistemas aerobios solo se les coloca una torunda de algodón por lo que en consecuencia por fenómenos naturales de evaporación la cantidad de agua disminuye pero muy poco.

En el sistema anaerobio se preparan en una cámara anaerobia, la cual se procesa toda la preparación en condiciones en ausencia de oxígeno y para asegurar las condiciones anaeróbicas se sellan los frascos con septas y se engargolan con tapas de aluminio.

Inóculo

Con respecto al inóculo incorporado al suelo bajo estudio, como se mencionó con anterioridad, procedió de excreta de vaca, se le determinó también la cantidad de humedad. Para ello, se tomó una muestra de 100 grs. de escrita y se depositó en un recipiente a peso constante y se colocó en la estufa a 105°C durante 24 hrs dándonos un peso de 40.5 grs. Así, al momento de agregar la escrita (inóculo microbiano) también se incorporó humedad al suelo lo cual debe tomarse en cuenta para el cálculo de la humedad relativa deseada para los tratamientos 1 y 3. De manera similar, al agregar la solución de azida de sodio al suelo del tratamiento 2, se agregó agua, la cual fue considerada para el cálculo del valor deseado. En este sentido la concentración final deseada fue de 0.1 % gramos de azida de sodio por gramo de suelo seco.

Aclimatación de reactores inoculados

Montaje, arranque y operación de reactores inoculadores en ambiente aerobio y anaerobio (sulfato-reductor)

El inóculo inicial del reactor inoculador aerobio se formó al igual del reactor inoculador anaerobio de suelo y excreta de vaca (Tabla 1.4).

Reactores inoculadores

AEROBIO	ANAEROBIO (SULFATO-REDUCTOR)
100 g de suelo cribado	100 g de suelo cribado
300 g de excreta de vaca	300 g de excreta de vaca
1.5 g de Na ₂ CO ₃	1.5 g de Na ₂ CO ₃

Tabla 4 Origen y composición del inóculo inicial de los reactores inoculadores aerobio, y sulfato-reductor.

Se prepararon 1650 ml de inóculo anaerobio (sulfato-reductor) y se colocó en un frasco de vidrio (RI-SR), se completó con 1350 ml de alimentación sulfato-reductor, para tener un volumen de operación de 3000 ml. Posteriormente se selló y se gaseó con nitrógeno.

Para evitar fenómenos de fotólisis este reactor se mantuvo en un cuarto oscuro para su control.

En la figura 2 y se muestran los reactores de suelos activados en los dos sistemas de degradación anaerobia (sulfato reductor) y aerobia respectivamente



Figura 2 Reactor Inoculador anaerobio

Se prepararon 1650 ml de inóculo aerobio y se colocó en una celda de lucita y se adiciono 2350 ml de agua de alimentación aerobia, para tener un volumen de operación de 4000 ml.

En el reactor aerobio se aplicó aire moderadamente y en forma continua, este aire pasó antes por una trampa de agua para asegurar que no llegaran al cultivo el aceite, suciedad y óxidos de tubería del aire comprimido. En la figura 1.3 se muestra el reactor inoculador aerobio RI-A



Figura 3 Reactor Inoculador aerobio

La composición del agua de alimentación para cada uno de los reactores inoculadores se muestra en la tabla 5.

VARIABLES	REACTOR INOCULADOR	
	Aerobio	Sulfato-reductor
Tiempo de retención (días)	12	25
Carga orgánica (mg DQO/L-día)	77.5	132
Flujo de alimentación (ml/día)	330	120
Volumen de operación (L)	4	3

Tabla 5 Parámetros de los reactores inoculadores: aerobio y sulfato-reductor.

Resultados

Aclimatación de reactores inoculados aerobio y anaerobio (sulfato-reductor)

Se llevó a cabo la aclimatación de los reactores inoculadores con antraceno en ambiente aerobio y anaerobio. Los reactores inoculadores se trabajaron a diferentes concentraciones y llevados a estado estable, es decir que sus condiciones de manejo y medio no cambien y así poder obtener un inóculo que sea capaz de degradar los compuestos encontrándose las concentraciones para una aclimatación adecuada, dadas en la tabla 6.

COMPUESTO	CONCENTRACIÓN
Antraceno fase A	1000 mg/l
Antraceno fase B	150 mg/l
Antraceno fase C	500 mg/l

Tabla 6 Concentración de aclimatación en reactores

Para ello se trabajaron tablas de factores, tablas de respuestas, tablas de seguimiento y análisis.

En la figura 4 se observa en la primera etapa al adicionar 1000 mg/l disminuye el pH esto se debe a al cambio del agua de alimentación para los reactores inoculadores por el medio mineral de sales. En las primeras semanas.

Se disminuye la concentración del antraceno tanto en el reactor inoculador aerobio como en el anaerobio en la segunda etapa a una concentración de 1000 mg/l del contaminante y en la tercera etapa la alimentación del contaminante a 300 mg/l este parámetro se mantiene estable en las dos últimas fases.

En ambos rectores RI-A y RI-SR se observó un pH básico, el cual fue óptimo para el crecimiento bacteriano (Brock y Madigan, 1993). El RI-A obtuvo valores entre 7.8 y 8.1.

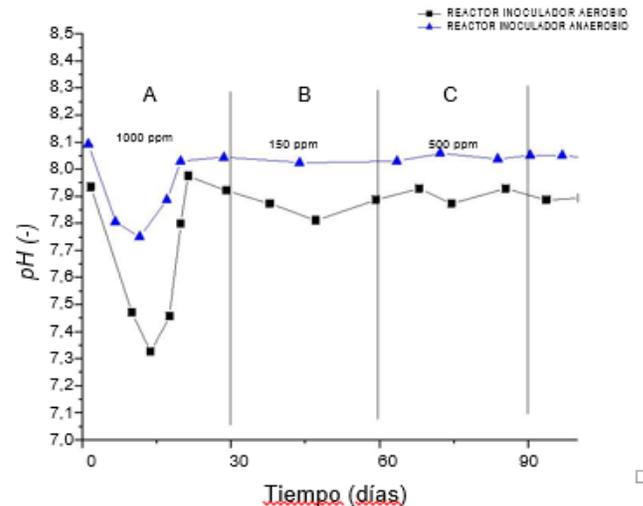


Figura 4 Evolución del pH en los reactores inoculadores en las diferentes etapas de aclimatación del antraceno. Etapa A. RI-A y RI-SR:1000 (mg antraceno/L día), Etapa B RI-A y RI-SR 150 (mg antraceno/L día) y etapa C 500 (mg antraceno/L día).

En las etapas A y B de aclimatación del antraceno, los porcentajes de remoción de materia orgánica en los RI se vieron afectados por la adición del antraceno, lo cual se observó en la variación del parámetro (Figura 1.5).

Al disminuir la carga volumétrica del antraceno en la alimentación C, la remoción de materia orgánica en los dos reactores fue eficiente, lo cual indico que el consorcio en cada ambiente no fue impactado negativamente.

Se partió de una DQO inicial de 1896 (mg/L).

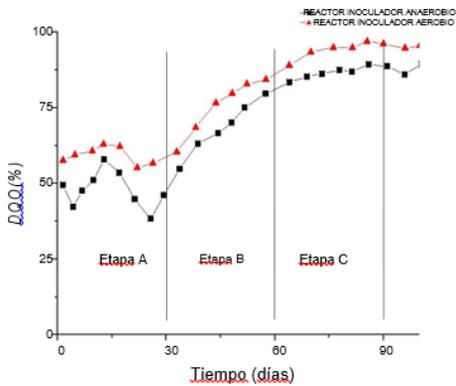


Figura 5 Evolución de remoción de materia orgánica en los reactores inoculadores en aclimatación del antraceno. Etapa A. RI-A y RI-SR:1000 (mg antraceno/L día), Etapa B RI-A y RI-SR 150 (mg antraceno/L día) y etapa C 500 (mg antraceno/L día).

En las primeras dos etapas de aclimatación del antraceno la remoción bruta vario considerablemente en los reactores inoculadores (Figura 6).

Lo que se muestra en la gráfica es que las etapas A y B la remoción del antraceno es constante, en cambio en la etapa C se nota una gran variación para ambos reactores. En la etapa C, el RIA fue mas eficiente en la remoción del antraceno, con un valor promedio del 94.85% comparado con el sulfato-reductor que es del 36.1%. Cabe mencionar que el control abiótico aerobio tuvo un porcentaje de remoción del antraceno del 6%.

El factor alfa se determinó en los reactores anaerobios, debido a que es un parámetro que indica si el sistema está funcionando adecuadamente, el cual relaciona la alcalinidad intermedia con la alcalinidad parcial del medio, así cuando el valor alfa es menor de 0.5, indica que el reactor tiene buen régimen y que la capacidad buffer del sistema es la adecuada (Hawkes *et al*, 1994).

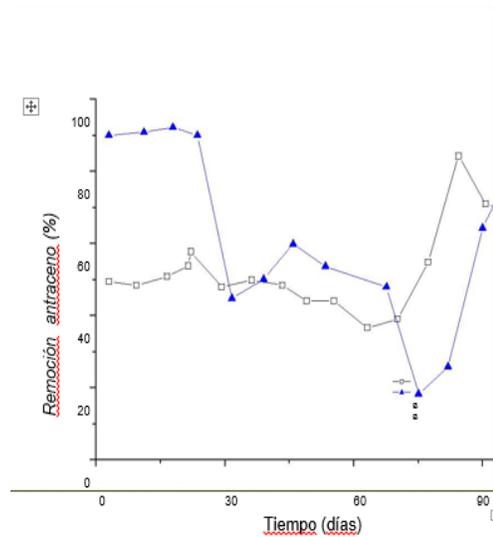


Figura 6 Evolución de la remoción bruta en los reactores inoculadores en aclimatación del antraceno. Etapa A. RI-A y RI-SR:1000 (mg antraceno/L día), Etapa B RI-A y RI-SR 150 (mg antraceno/L día) y etapa C 500 (mg antraceno/L día).

Conclusiones

En lo que se refiere al objetivo general de evaluar la remoción de antraceno en un suelo pesado, utilizando reactores de suelos activados mediante la inoculación de consorcios de microorganismos en ambiente aerobio y anaerobio a escala laboratorio se logra satisfactoriamente ya que por los resultados obtenidos el reactor inoculador aerobio fue el más eficiente en la remoción del contaminante aplicado al reactor de suelos activados correspondiente a un 95% de remoción, comparado con el sulfato-reductor de ambiente anaerobio que es de un 36.1 %. Lo que probablemente se deba a que en sistemas aerobios se degrada más fácilmente el antraceno ya que se favorece la oxidación.

Para el caso de los objetivos particulares que se refieren a:

- Arrancar, aclimatar y operar reactores inoculadores de un consorcio microbiano adaptado al consumo de antraceno, en continuo en sistema aerobio y sulfato-reductor, se logro mantenerlos en estado estable, lo cual se puso de manifiesto en la poca variación de los parámetros evaluados pH, DQO, y cuentas microbiológicas y a la determinación de sólidos suspendidos volátiles

- Obtener parámetros de biodegradación para antraceno, en reactores de suelos activados en condiciones aerobias y anaerobias. Los resultados obtenidos en los experimentos de disponibilidad del antraceno en el suelo modelo, permiten concluir en que en los ensayos de absorción el mejor ajuste de los datos experimentales es de Freundlich hasta 600 mg/L. lo que permite cuantificar la remoción del antraceno por métodos cromatograficos.

El análisis de la hipótesis planteada en este trabajo es el siguiente:

Con base a los resultados obtenidos en los experimentos de disponibilidad del antraceno en el suelo modelo, se ratifico que si se tiene que los HPA'S (Hidrocarburos poliaromáticos) en este caso particular el compuesto modelo antraceno es catalogado como un compuestos resistente a la biodegradación en un suelo pesado, se considera que si es posible lograr su biorremediación al ser sometido a la adición de nutrientes e inoculación de consorcios controlados en ambientes aerobios y anaerobios en reactores de suelos activados siendo mas favorable el aerobio que el anaerobio de acuerdo a los datos experimentales obtenido la remoción del 95 % en el sistema aerobio y del 36.1 de remoción en ambiente anaerobio que se muestra en el tratamiento tres propuesto.

Por consiguientes se obtiene una técnica económica rápida y factible para efectuar la biodegradación del compuesto antraceno, en suelos pesados (suelo arcilloso con alto contenido de materia orgánica), que consiste básicamente en uso de reactores de suelos activados con manejo de aceptores de electrones de diferente opción como es el sulfato y el oxígeno como las dos variantes evaluadas así como la inoculación de consorcios, la inducción de la degradación de la fuente de carbono, para poder comparar la efectividad de cada ambiente, usando sustratos de fuente de carbono del antraceno y la sacarosa que favorezcan el fortalecimiento de consorcios microbianos degradadores y así aumentar la biodisponibilidad, para favorecer la remoción del contaminante en ambos reactores.

Agradecimiento

Agradecemos por el apoyo del INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA UNIDAD ZACATENCO

Referencias

Álvarez, J. A., E. Ramos, B. Fernández, A. Núñez. Gestión de residuos sólidos petrolizados. EUA, 2001.

Alexander, M. 1999. Biodegradation and Bioremediation. Segunda edición. Academic Press, Inc., San Diego

Andersson B. E. y Henrysson T. 1996. Accumulation and degradation of dead end metabolites during treatment of soil contaminated with polycyclic aromatic hydrocarbons with five strains of white rot fungi. Appl. Microbiol. Biotechnology. 46: 647-652.

ASTM, *Standard guide for remediation of ground water by natural attenuation at petroleum release sites, 1998, ASTM E-1943-98, West Conshohocken, Pa. 1998.*

Atlas, R. y Cerniglia, C. 1995. Bioremediation of petroleum pollutants. Bioscience 43:5: 332-338.

Atagana, H. I. 2004. Bioremediation of creosote-contaminated soil in South Africa by landfarming. *Journal of Applied Microbiology*. 96:510-520.

Baldi F., Pepi M., Fava F. *Appl Env Microbiol* 69: 4689-4696, 2003.

Basel Al-Yousfi, *Natural Attenuation: How Is Mother Nature Aiding Us to Cleanse Our Environmental Sins?* Practice Periodical Of Hazardous, Toxic, And Radioactive Waste Management, Volume 6, Issue 3, pp. 139-140, 2002.

Belloso Claudio. XXVI Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Biodegradación de Suelos Contenidos en Terrarios. 1998.

Bollag J.M., *Decontaminating soil with enzymes*, 1992, Environmental Science and Technology, 26(10), 1992.

Bossert I.D., Bartha R., *Structure-biodegradability relationships of polycyclic aromatic hydrocarbons in soil*, 1986, Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 37, 490-495, 1986.

Bouwer, J., E.; Zehnder, J., B. Bioremediation of organic compounds – putting microbial metabolism to work. Bioremediation, .11, 320 – 367 (1993).

Bredehoeft, J D; Wesley, J B; Fouch, T D., 1994, Simulations of the origin of fluid pressure, fracture generation, and the movement of fluids in the Uinta Basin, Utah: American Association of Petroleum Geologists (AAPG) Bulletin, v. 78, no.11, p.1729-1747

Brim, H., S. C. McFarland, J. K. Fredrickson, K. W. Minton, M. Zhai, L. P. Wackett, and M. J. Daly. 2000. Engineering *Deinococcus radiodurans* for metal remediation in radioactive mixed waste environments. *Nature Biotechnology*, 18: 85-90.

Brock T. D. y Madigan M. T. 1993. *Microbiología*. Prentice may Hispanoamericana. México.

Bruseau M.L., Jessup R.E., Rao P. S. C., *Nonequilibrium sorption of organic chemicals: elucidation of rate-limiting processes*, *Environmental Science and Technology*, 25 (1), 134–142, 1991.

Bumpus, J. A. 1989. Biodegradation of polycyclic aromatic hydrocarbons by

Phanerochaete chrysosporium. *Appl. Environ. Microbiol.* 55:154-158.

Carmichael L. M., Christman R. F., Pfaender F. K., *Desorption and mineralization kinetics of phenanthrene and chrysene in contaminated soils*, *Environmental Science and Technology*, 31(1), 126–132, 1997.

Cerniglia, C. E. 1992. Biodegradation of polycyclic aromatic hydrocarbons. *Biodegradation* 3:351-368.

Cerniglia, C. E. 1984. Microbial transformation of aromatic hydrocarbons. In R. M. Atlas, editor, *Petroleum Microbiology*. p. 99-128. Macmillan Publishing Co. New York.

Cerniglia, C. E., G. L. White y R. H. Heflich. 1985. Fungal metabolism and detoxification of polycyclic aromatic hydrocarbons. *Arch. Microbiol.* 143:105-110.

Determinación de vida de anaquel en confitados

ESTRADA-GARCIA, Israel†, HERNANDEZ-AUSTRIA, Edgar, TAGLE-REYES, Arturo & LAGUNES-Francisca

Universidad Tecnológica de la Huasteca Higuaguense

Recibido 16 de Abril, 2015; Aceptado 11 de Junio, 2015

Resumen

El presente proyecto se realizó en la empresa Cuanda S.A. de C.V. con la finalidad de determinar la vida de anaquel del nuevo producto denominado "Von-vaz". La importancia de la vida útil, para el fabricante es una forma de garantizar la satisfacción del consumidor, minimiza incidencia de los reclamos, relacionados con la calidad del producto. Para establecer esto se realizaron determinaciones de Azúcares Reductores Directos (ARD), con este resultado se determinó el tiempo de vida de anaquel que presenta el confitado "Von-vaz" al tenerlos en observación durante 40 días. En la realización de este análisis se pesó 10 gr de la muestra tomadas de un empaque de 35 piezas por bolsa y en cada uno con 3 piezas de Von-vaz; el empaque utilizado en el presente proyecto es el polipropileno biorientado dicho material protege al producto de factores externos como la humedad, el oxígeno y de elementos contaminantes, con una temperatura de almacenamiento de 35 °C y una humedad relativa de 65 %. Para calcular la vida de anaquel se aplicó el modelo de Arrhenius, este método permitió determinar el tiempo de vida útil dando un resultado de 8 meses, es decir el tiempo en que el producto presenta características físicoquímicas, sensoriales y microbiológicas adecuadas para ser adquiridos por el consumidor.

Vida de anaquel, Producto "Von- vaz", Modelo de Arrhenius, Azúcares Reductores Directos y polipropileno biorientado.

Abstract

The present project was carried out in the company Cuanda S.A. de C.V. with the purpose of determining the shelf life of the new denominated product Von-vaz elaborated in this company. The importance of the life shelf, for the maker is a way of guaranteeing the consumer's satisfaction, it minimizes incidence of the birdcalls, related with the quality of the product. In order to establish this, determinations were carried out in direct sugars reducers (DRS), with this obtained result the useful life of the product was determined that the "Von-vaz" confit presents by having them in observation during 40 days. In the realization of this analysis 10 gr from 35 pieces were weighed by bag and in each piece with 3 Von-vaz, the packing used project presently is the polypropylene bi-oriented material this protects the product from external factors, such as the humidity, the oxygen and polluting elements, with a temperature of 35 °C and a relative humidity of 65%. To calculate the life shelf the Arrhenius model was applied, this method was allowed to determine the time of useful life, giving of 8 months as a result, this is the expiration date of the product or also as the time in that the product presents excellent physical-chemical characteristic, sensorial and microbiologic to be acquired by the customer.

Shelf life, Product "Von-vaz", Model of Arrhenius, Direct Reducers Sugar and Polypropylene byorientado

Citación: ESTRADA-GARCIA, Israel, HERNANDEZ-AUSTRIA, Edgar, TAGLE-REYES, Arturo & LAGUNES-Francisca. Determinación de vida de anaquel en confitados. Revista de Tecnología e Innovación 2015, 2-3:392-400

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Hoy en día la vida de anaquel de un producto es vital para procesadores y fabricantes. Actualmente los consumidores tienen cuestionamientos sobre la seguridad y la caducidad de los productos, para ello es importante conocer los métodos en los que intervienen factores microbiológicos, fisicoquímicos y sensoriales como determinantes en la seguridad de los productos que consumimos.

Se sabe que los cambios que se pueden presentar en la calidad sensorial o nutrimental de un producto no pueden detenerse por completo, por ciertas estrategias aplicadas durante la formulación, procesamiento, empaque y condiciones de almacenamiento esto permiten al productor extender de forma significativa la vida de anaquel de un producto. También al realizar modificaciones en la formulación, proceso o empaque se modifica las condiciones originales del producto, todo esto debe ser considerado para determinar correctamente la fecha de caducidad y cumplir así con los requerimientos de etiquetado.

Planteamiento del problema

Actualmente las exigencias de calidad en los mercados, hacen que los productos alimenticios deban cumplir con los más elevados estándares de calidad, por eso conocer la vida de anaquel de estos se hace indispensable y esto se logra en base a los cumplimientos de normas y técnicas, las primeras, son exigidas por la autoridad competente porque inciden en el medio ambiente y la salud del consumidor, en cambio las voluntarias dependen de si la empresa quiere mejorar la calidad de su producto.

Para la empresa Cuanda S.A. de C.V. es de vital importancia determinar la vida de anaquel de sus productos, por lo que en el presente proyecto se determinara al productodenominado “Von-vaz”, que es un confitado elaborado con un centro a base de goma de almidón con sabor a mango, la primera capa está formada con chile en polvo y como segunda capa esta la cobertura o acabado que tiene un colorante artificial que puede ser naranja o rojo, es redondo con un diámetro de 18 mm, vienen en empaque de 3 piezas con un peso de 13.5 g en total. Para esto se realizó una cinética de reacción, tomando como factor la orden de reacción de los Azúcares Reductores Directos (ARD) por ser una variable crítica del producto. Este método consiste en almacenar producto empacado a temperatura controlada y determinar los ARD diariamente. Tomando como referencia los ARD teóricos de la formulación del producto “Von-vaz”, a través el modelo de Arrhenius.

Se sabe que la durabilidad, el valor nutritivo y atributos físicos son indispensables a la hora de ser adquirido por el consumidor y por lo tanto la fecha de vencimiento indicada en el producto, significa un atributo crítico de gran importancia que permite entregar al consumidor un producto de calidad y evitar pérdidas generadas por falta de rotación en el puesto de venta.

Objetivo general

Implementar y diseñar una metodología mediante el método de Arrhenius para determinar y establecer la vida de anaquel del nuevo producto denominado “Von-vaz”.

Fundamento teóricos**La vida de anaquel en productos alimenticios**

La vida de anaquel de un producto se define como el periodo de tiempo en que un producto alimenticio una vez que es elaborado, empacado y almacenado bajo condiciones establecidas, permanece óptimo y adecuado para su consumo (Man, 2002).

Según Steele (2004), es el periodo de tiempo en que un alimento es:

- 1) Seguro para su consumo.
- 2) Mantiene óptimas sus características sensoriales, físicas, químicas, microbiológicas y funcionales.
- 3) Sigue cumpliendo con lo declarado en la etiqueta de información nutrimental, mientras que sea almacenado bajo condiciones especificadas.

Debido a que todos los productos alimenticios están conformados de diversos materiales biológicos, siendo estos propensos a degradarse a través del tiempo, es imposible detener su degeneración. Dentro de los mecanismos que explican el deterioro del producto están:

- 1) Humedad.
- 2) Transferencia física de sustancias como olores o sabores.
- 2) Cambios propiciados por exposición a la luz solar o artificial.
- 3) Cambios químicos o bioquímicos.
- 5) Cambios microbiológicos.

En el instante en que alguno de estos parámetros se considera como inaceptable el producto ha llegado al fin de su vida útil (Anzueto, 2002).

Este período depende de muchas variables en donde se incluyen tanto el producto como las condiciones ambientales y el empaque (Brody 2003). Dentro de las que ejercen mayor peso se encuentran:

Otra variable importante es el tipo de recubrimiento, envase y empaquetado, se han realizado diversos estudios para determinar la vida de anaquel en diferentes productos, tratando de encontrar las condiciones adecuadas de envasado y evitar la degradación del producto; en 2012 Vázquez M. A., estudio el efecto del envase sobre la estabilidad de vitamina "C" en caramelos de gelatina; en 2013 Muriel-Galeta V. et al. Trabajaron en la evaluación de películas de PP recubiertas con EVOH con aceite esencial de orégano y citral para mejorar la vida útil de ensalada empaquetada a diferentes concentraciones; Neeta B. Gol et al. en 2013 investigaron como mejorar la calidad y la vida útil de fresas con recubrimientos comestibles enriquecido con quitosano, a diferentes condiciones de temperatura. Como se observa, la vida de anaquel se determina al someter a estrés el producto, siempre y cuando las condiciones de almacenamiento sean controladas. Por lo que, se pueden realizar las predicciones de vida útil mediante (Charm, 2007):

- La utilización de modelos matemáticos (útil para evaluación de crecimiento y muerte microbiana)
- Pruebas en tiempo real (para alimentos frescos de corta vida útil)
- Pruebas aceleradas (para alimentos con mucha estabilidad).

Para predecir la vida de anaquel de un producto es necesario en primer lugar identificar y/o seleccionar la variable cuyo cambio es el primero que identifica el almacenamiento del producto y los límites de calidad establecidos tanto por el consumidor como por las normas que rigen propiamente los alimentos (Labuza, 1982).

Los métodos para la estimación de la vida útil de un producto es un requisito fundamental, por lo que conocer el método más adecuado para tratar de predecir la vida de anaquel es parte importante para una buena predicción; Xiaoyang Tang et al. en 2013 evaluaron tres métodos para definir o evaluar la vida útil de carne de cerdo refrigerada vendida en China. Estos métodos incluyen la evaluación de los parámetros sensoriales de deterioro de la carne utilizando un panel sensorial de los consumidores, la detección electrónica de compuestos volátiles producidos durante el deterioro de la carne y el modelado matemático del crecimiento del total de microorganismos viables aeróbicos; Zaragoza P. et al. en 2013 evaluaron la vida útil de *Sparus aurata*, utilizando un detector optoelectrónico, con la finalidad de predecir con exactitud el momento en que el cambio se hace significativamente diferente. Como se aprecia, es variada la metodología empleada para estimar la vida útil, algunos de estos métodos pueden parecer un tanto ortodoxos pero de acuerdo con Labuza (1982) suelen ser válidos y son los siguientes:

- 1.- Empleo de valores de referencia
- 2.- Estimación mediante asignación de "Turn Over" o retorno de la distribución
- 3.- Pruebas de abuso de distribuciones
- 4.- Empleo de quejas o reclamos de los compradores

5.- Pruebas de vida útil a tiempo real

6.- Pruebas de aceleración de la vida útil (ASLT)

Algunas empresas manejan base de datos de multiplicación microbiana obtenidos del trabajo y la experiencia previa, los cuales emplean para obtener la vida útil real a partir de los resultados encontrados en estas condiciones de elevación de temperatura. Esta técnica se basa en la aplicación de la cinética de la velocidad de Arrhenius, el cual establece que la velocidad de las reacciones químicas se duplica aproximadamente por cada 10 °C de aumento de la temperatura. Aunque este método no está exento de problemas, es muy confiable y solo debe tenerse cautela en la interpretación de los resultados obtenidos y su extrapolación a otras condiciones (Labuza, 1982).

Importancia del empaque sobre la vida útil de "Von-vaz"

Debido a las largas distancias de exportaciones se obliga a utilizar empaques que garanticen una prolongada vida útil del producto. Este tiempo, es determinado por el material del envase, ya sea vidrio, metal, papel, plástico y cerámico, entre otros. La funcionalidad depende del material con el cual se elabore el empaque, porque protege al producto de factores externos como la humedad, el oxígeno y de elementos contaminantes, en mayor o menor grado. En el caso de los plásticos, la permeabilidad constituye uno de los factores claves a evaluar en el material. El Polipropileno, por ejemplo, absorbe menos agua que el Poliestireno y el PET. Por tal motivo, en el presente proyecto se utilizó el polipropileno bioorientado (BOPP).

Propiedades del BOPP

- Alta transparencia y brillo

- Buenas propiedades mecánica
- Fácil de procesar (impresión, laminación)
- Buena maquinaabilidad en las líneas de envasado
- Excelente permeabilidad al vapor de agua
- Amplio rango de espesores
- Diferentes temperaturas de sello
- Versatilidad

La aplicación del BOPP para los caramelos y golosinas es en las laminaciones de BOPP/BOPP y BOPP/PE que son las estructuras más usadas para este tipo de productos, por el contenido de azúcar, estos productos se deben proteger de la humedad.

Los azúcares reductores directos (ARD) y su relación con la vida de anaquel en confitados

Los azúcares reductores directos (ARD) son carbohidratos simples que poseen un grupo carbonilo libre susceptible de mayor oxidación. Los azúcares en presencia de álcalis producen reacciones intermoleculares y los conducen a la producción de varios derivados furánicos, que a través de su polimerización pueden formar pigmentos oscuros, además presentan reacciones de isomerización, fragmentación y oxidación que resultan en la producción de una mezcla muy compleja de moléculas con propiedades altamente reductoras en condiciones acidas se producen olores muy desagradables, intervienen en reacciones de polimerización con la formación de pigmentos oscuros de color café.

Por el calor, el efecto más importante que tiene este sobre los azúcares está directamente relacionado con varias reacciones que conducen a la producción de diferentes pigmentos en los alimentos (Groso,1994).

Desarrollo

Para evaluar la vida útil se realizan determinaciones de Azúcares Reductores Directos (ARD), que va adquiriendo el producto durante el almacenamiento a temperatura ambiente con una orden de reacción de la variable crítica, utilizando el modelo de Arrhenius para el cálculo de vida útil. Para la realización de esta investigación las muestras de 13.5 g, se empacaron en polipropileno bioorientado (Calibre 170), dicho material protege al producto de factores externos como la humedad, el oxígeno y de elementos contaminantes; se almacenaron durante 40 días en el laboratorio de Cuanda S.A., a una temperatura de 35 °C y una humedad relativa de 65 %.

Equipo y reactivos

Balanza analítica Mettler Mod FD104

Estufa de incubación Marca Labtech

Desecador

Material de vidrio

Azul de metileno al 1% Fehling A (Sulfato Cúprico)

Fehling B (Tartrato de Sodio y Potasio)
Dextrosa anhidra

Muestra "Von Vaz"

Metodología para la determinación de la vida de anaquel mediante ARD

1.- Selección y toma de la muestra de la producción de un lote

2.- Pesado.- En la realización de este análisis se pesó 10 g de la muestra tomadas de un empaque de 35 piezas por bolsa y en cada pieza con 3 “Von-vaz” conteniendo un tamaño por porción de 13.5 g.

3.- Disolución.- Se realiza con agua destilada en 1:10 p/p.

4.- Aforar a 250 mL con agua destilada

5.- Titulación.-Preparación de la mezcla de soluciones fehling y posterior titulación. Hasta lograr vire y registrar la lectura cuando esta se torne a un color rojo ladrillo.

Procedimiento para obtener los azúcares reductores (NOM-086-SSA1-1994).

1) Pesar 10 g de muestra problema.

2) Agregar agua destilada para disolver la muestra problema (1:10). Después la disolución se vierte en un matraz y aforar a 250 mL.

3) Filtrar la solución en un vaso de precipitado de 250 ml con ayuda de un embudo y algodón

4) La solución ya filtrada se vierte en la bureta de 50 mL.

5) En un matraz Erlenmeyer de 250 mL colocar 10 mL de solución fehling A, 10 mL de solución fehling B, 30 mL de agua destilada y cuerpos de ebullición.

6) Se titula hasta que se observe un vire en la coloración de la burbujas y de la solución a un tono de rojo ladrillo.

Factor fehling

Este factor se calcula titulando con la solución de Dextrosa Anhidra, la mezcla de soluciones Fehling, mediante la siguiente ecuación (1).

$$\text{Factor Fehling} = \frac{\text{ml gastados}}{100} \quad (1)$$

$$F = \text{Factor Fehling} = 0.098 \text{ mL}$$

Azúcares Reductores Directos (% ARD)

Con la ecuación 2 se determina el % de

$$\% \text{ ARD} = \frac{V \text{ aforo } F}{Vg \text{ } Wm} \cdot 100 \quad (2)$$

Dónde:

F= Factor de la mezcla de solución Fehling

Wm= Peso de la muestra en gramos

Vg= Volumen gastado [mL] V aforo= 250 mL.

Resultados

Para cada análisis se determino el % ARD, con la ecuación 3.

$$\% \text{ ARD} = \frac{250 \text{ mL } 0.098 \text{ mL } 100}{32.10 \text{ mL } 10.0089} \quad (3)$$

$$\% \text{ ARD} = 7.62$$

Los resultados obtenidos en la determinación del porcentaje de ARD se muestran en la Tabla 1 y al mismo tiempo se identifica el tiempo de falla, para lo cual se observa una diferencia del 45 % a partir del día 23 y 24, de acuerdo al rango mínimo obtenido de los resultados teóricos, es decir que en estos días el producto empieza a degradarse. Por lo tanto, para determinar la vida de anaquel se utiliza un tiempo máximo de 22 días, que es el adecuado de acuerdo a los resultados obtenidos para este producto, ver Figura 1.

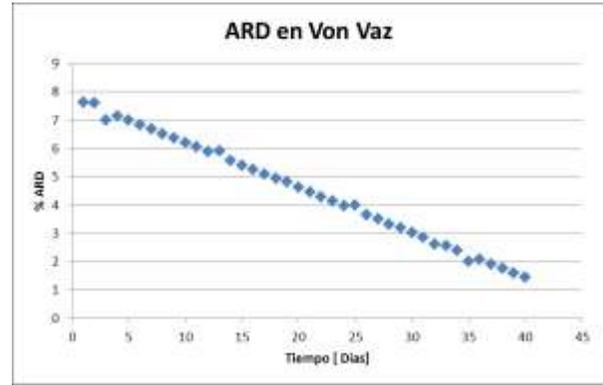


Figura 1 Correlación del % Azúcares reductores (ARD) realizados al producto “Von Vaz” durante 40 días de almacenamiento a T=35 °C.

Día	Peso Muestra Wm [g]	Volumen Gastado Promedio [mL]	Resultados del % Azúcares reductores
1	10.0010	32.10	7.62
2	10.0015	32.70	7.47
3	10.0020	33.50	7.31
4	10.0025	34.25	7.15
5	10.0030	35.00	6.99
6	10.0035	36.20	6.83
7	10.0040	37.05	6.67
8	10.0045	37.95	6.51
9	10.0050	38.90	6.36
10	10.0055	39.90	6.20
11	10.0060	41.30	6.04
12	10.0065	42.50	5.88
13	10.0070	43.60	5.72
14	10.0075	44.90	5.56
15	10.0080	46.20	5.40
16	10.0085	46.70	5.24
17	10.0090	48.00	5.09
18	10.0095	49.60	4.93
19	10.0100	51.30	4.77
20	10.0005	53.10	4.61
21	10.0010	55.50	4.45
22	10.0015	57.60	4.29
23	10.0020	59.80	4.13
24	10.0025	62.20	3.97
25	10.0030	64.70	3.82
26	10.0035	68.20	3.66
27	10.0040	71.30	3.50
28	10.0045	74.70	3.34
29	10.0050	78.40	3.18
30	10.0055	82.50	3.02
31	10.0060	81.90	2.86
32	10.0065	86.60	2.71
33	10.0070	92.00	2.55
34	10.0075	98.10	2.39
35	10.0080	105.10	2.23
36	10.0085	114.30	2.07
37	10.0090	123.80	1.91
38	10.0095	135.00	1.75
39	10.0100	148.40	1.59
40	10.0010	164.80	1.44

Tabla 1 Resultados del % Azúcares reductores realizados al producto “Von Vaz” durante 40 días.

Para determinar la vida de anaquel se aplica la ecuación de Arrhenius puesto que es una expresión matemática que se utiliza para comprobar la dependencia de la constante de velocidad (o cinética) de una reacción química con respecto a la temperatura a la que se lleva a cabo esa reacción, ver ecuación 4:

$$\ln A = \ln 100 - Kt \quad (4)$$

K= Constante de velocidad de reacción para confitados= 0.0628.

t= Tiempo (días)

A= Cantidad del atributo de calidad a cualquier tiempo t.

Para determinar la vida de anaquel con t= 22 días.

$$\begin{aligned} \ln A &= 4.605 - (0.0628)(22 \text{ días}) \\ A &= 25.11336062 \end{aligned}$$

Con el modelo de Arrhenius (Ecuación 5), calculamos el tiempo:

$$t = \frac{\ln \frac{A}{A_0}}{K} \quad (5)$$

A= Valor del atributo al tiempo t
A₀= Valor del atributo de orden cero

$$t = \ln \left(\frac{97.92}{25.11336062} \right) / 0.0628$$

$$t = 21.66800667$$

De acuerdo a datos experimentales de laboratorios Cuanda S.A. de C.V 1 día=4.65 meses de degradación. Por lo tanto, 21.66800667 días / 4.65 meses de degradación esto es igual a 4.6597 meses

$$t = \ln \left(\frac{A_0}{A} \right) / -K$$

$$t = \ln \left(\frac{4.6597}{7.62} \right) / -0.0628$$

$$t = 7.8316 \text{ meses}$$

La fecha de caducidad obtenido para el producto von-vaz es de 7.8316 meses.

Agradecimiento

Este trabajo titulado “Determinación de vida de anaquel en confitados” fue realizado en el laboratorio de “Aseguramiento de la calidad” de la empresa Cuanda S.A. de C.V. ubicada en carretera Celaya-Juventino Rosas km.14.5, C.P. 38256, en Santa Cruz de Juventino Rosas, Gto, en colaboración con la Universidad Tecnológica de la Huasteca Hidalguense, ubicada en carretera Huejutla Chaluiyapa Km 3.5 en Huejutla de Reyes Hgo., les agradecemos a ambas instituciones todas las facilidades prestadas, que sin su apoyo no hubiera sido posible este trabajo.

Conclusiones

Con el estricto cumplimiento de las Buenas Prácticas de Manufactura, aunado al correcto tiempo de elaboración adecuado para cada etapa del proceso y con la seguridad e higiene, de acuerdo a los sistemas HACCP, el producto terminado cumple las especificaciones de calidad y vida de anaquel que la empresa requiere.

Se recomienda que el producto terminado sea empacado en cajas de cartón corrugado y almacenado a temperatura ambiente, en lugares frescos y secos, alejados del sol de esta manera ayudan a conservar la vida útil del producto. Al comercializar el producto, el transporte debe estar libre de cualquier contaminación ya sea físico, químico y biológico.

Se determinó que el empaque utilizado en el presente proyecto, polipropileno biorentado BOPP, es el adecuado ya que dicho material protege al producto de factores externos como la humedad, el oxígeno y de elementos contaminantes, en las condiciones de almacenamiento con una temperatura de 35 °C y una Humedad Relativa de 65 %, con lo se encontró que la vida útil es de 7.83 meses para el producto denominado “Von-vaz” mediante la utilización de análisis de Azúcares Reductores Directos y la aplicación del modelo de Arrhenius con todo lo anterior la compañía puede entregar al consumidor un producto de calidad.

Referencias

Anzuetto, C.R. 2002. Métodos de determinación de vida útil de alimentos procesados. Industria y alimentos, Internacional.

Brody, A.L. (2003) Predicting Packaged Food

Shelf Life. Food Technology.

Charm, S.E. 2007. Food engineering applied to accommodate food regulations, quality and testing. Alimentos Ciencia e Ingeniería.

Groso Antonio Luis. 1994. Técnica de elaboración moderna de confites. Buenos aires, Argentina.

Labuza, T.P., Riboh, D. 1982. Theory and applications of Arrhenius kinetics to the prediction of nutrient losses in foods. Food Technology.

Man D. 2002. Shelflife. FoodIndustryBriefing Series. BlackwellScience: Oxford, UK.

Muriel-Galet Virginia, Josep P., Gracia López-Carballo, Susana Aucejo. 2013. Evaluation of EVOH-coated PP films with oregano essential oil and citral to improve the shelf-life of packaged salad. Food Control. Volume 30, Issue 1, March 2013, Pages 137–143.

Neeta B. Gol, Pooja R. Patel, T.V. Ramana Rao. 2013. Improvement of quality and shelf-life of strawberries with edible coatings enriched with chitosan. Postharvest Biology and Technology.

NOM-086-SSA1-1994, Bienes y servicios. Alimentos y bebidas no alcohólicas con modificaciones en su composición. Especificaciones nutricionales.

<<http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/086ssa14.html>>

Steele, R. 2004. Understanding and measuring the shelf life of food. Woodhead Publishing Limited: Inglaterra.

Vázquez Manuel Alejandro. 2012. Efecto del envase sobre la estabilidad de vitamina C en caramelos de gelatina. Tesis de la facultad de ciencias químicas de la universidad católica de Córdoba

Xiaoyang Tang, Xiaohong Sun, Vivian C.H. Wu, Jing Xie, Yingjie Pan, Yong Zhao, Pradeep K. Malakar. 2013. Predicting shelf-life of chilled pork sold in China. Food Control. Zaragoza Patricia, Fuentes Ana, Fernández-Segovia Isabel, Vivancos José-Luis, Rizo Arantxa, Ros-Lis José V., Barat José M., Martínez-Mañez Ramón. 2013. Evaluation of sea bream (*Sparus aurata*) shelf life using an optoelectronic nose. Food Chemistry.

Inventario de residuos peligrosos, el inicio de su manejo

LOPEZ-VIGIL, Miriam†, HEREDIA-Armando, MATIAS-Ramón, FRANCO-Bertha, JUAREZ-Senén, JIMENEZ-Yesica & HERNANDEZ-Eric

Recibido 28 de Abril, 2015; Aceptado 8 de Junio, 2015

Resumen

Los Residuos Peligrosos son aquellos que poseen algunas de las características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad, o que contengan algún agente infeccioso que les confiere peligrosidad, así como envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan sido contaminados cuando se trasladan a otro sitio, de conformidad con lo que se establece en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR). Estos pueden ser dañinos para la salud de los humanos, de otros organismos o para el ambiente. La clasificación de los residuos peligrosos en México está indicada en la Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005 que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de residuos peligrosos.

Dado el nivel de impacto que pueden tener los residuos peligrosos es necesario conocer tanto sus características como su manejo integral acorde con un desarrollo sostenible, siendo el primer paso el conocimiento de los generadores. En este trabajo se presentan resultados de la actualización de inventarios de generadores de residuos peligrosos en Tehuacán, Puebla.

Residuo, residuo peligroso, manejo integral, inventarios

Abstract

Hazardous wastes are those that possess some of the characteristics of corrosivity, reactivity, explosivity, toxicity, flammability, or contain an infectious agent that confers endangerment, as well as containers, containers, packaging, and soils that have been contaminated when they transfer to another site, in accordance with what is established in the General Law for the Prevention and Integral Management of Waste (LGPGIR). These may be harmful to the health of humans, other organisms or the environment. The classification of hazardous waste in Mexico is indicated in the Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005 which characteristics, establishes the procedure for the identification, classification and hazardous waste listings.

Given the level of impact that may have hazardous waste is necessary to know both its characteristics as its integrated management consistent with sustainable development, the first step being the knowledge of generators. This paper presents results of the updating of inventories of generators of hazardous waste in Tehuacán, Puebla.

Waste, hazardous waste, integrated management, inventory

Citación: LOPEZ-VIGIL, Miriam, HEREDIA-Armando, MATIAS-Ramón, FRANCO-Bertha, JUAREZ-Senén, JIMENEZ-Yesica & HERNANDEZ-Eric. Inventario de residuos peligrosos, el inicio de su manejo. Revista de Tecnología e Innovación 2015, 2-3:401-415

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

El desarrollo de las sociedades conlleva a un consumo de recursos naturales que a diferencia de la naturaleza, resultan en su gran mayoría poco eficientes en cuanto al consumo de energía, agua y materiales, basándose, por lo general, en procesos de producción lineal con generación de grandes cantidades de residuos. Se entiende por residuo a cualquier material desechado que pueda o no tener alguna utilidad, cabe aclarar que el término residuo no es sinónimo de desecho, pues éste último implica la no utilidad de la materia. De acuerdo con la Ley general del equilibrio ecológico y la protección al ambiente (LGEEPA, artículo 3°, fracción XXXII), se define a un residuo en general como:

“Cualquier material generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control o tratamiento, cuya calidad no permita usarlo nuevamente en el proceso que lo generó”.

(Artículo 3°, fracción XXXII,).

Dentro del total de posibles residuos generados se distinguen aquellos que son clasificados como residuos peligrosos, que son cualquier material desechado o combinación de desechos que representan una amenaza sustancial, presente o futura, para el hombre o para el medio ambiente y, por tanto deben ser manejados o dispuestos con precauciones especiales (Jimenez C., 2001).

La fracción XXXII de la LGEEPA los define como:

“Todos aquellos residuos en cualquier estado físico, que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico-infecciosas representan un peligro para el equilibrio ecológico o el ambiente”

La regulación 824/76 de Ontario, Canadá, elaborada bajo la Waste Management Act (Ley para la administración de residuos), proporciona una definición de los residuos peligrosos que utilizan muchos países:

“Residuos peligrosos son aquellos que requieren precauciones especiales para su almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento o eliminación para evitar daños a personas o propiedades, e incluye residuos explosivos, inflamables, volátiles, radiactivos, tóxicos, y patológicos.” (Henry J. y Heinke G., 1999).

Una definición empleada por la Environmental Protection Agency de EUA (U.S. EPA), para los residuos peligrosos es la siguiente:

Un desecho sólido o combinación de ellos que, a causa de la cantidad, concentración o características físicas, químicas o infecciosas puede:

- Causar o contribuir de manera significativa a un aumento en la mortalidad o un incremento en una enfermedad grave irreversible que produzca incapacidad; o
- Plantear un peligro presente o potencial considerable para la salud humana o el ambiente cuando se trata, almacena, transporta, elimina o maneja de alguna otra manera incorrectamente.

En este sentido, para ser considerado “residuo peligroso”, el material debe primero satisfacer la definición legal de residuo sólido.

- Poseen una o más de las siguientes características de peligrosidad: inflamabilidad, corrosividad, reactividad, toxicidad.

- Están incluidos en unas de las listas de residuos peligrosos de la EPA.
- Proviene del tratamiento, almacenaje, o desecho de un residuo peligroso.
- Son tierra, agua subterránea, o sedimento contaminados con residuo peligroso.
- Son objetos manufacturados, material animal o vegetal, o material geológico natural (ruinas) destinados a desecharse que contienen residuo peligroso.
- Sangre humana y productos de sangre
- Instrumentos cortantes: usados y sin usar
- Residuos animales contaminados
- Residuos procedentes de pacientes aislados con enfermedades muy contagiosas

La EPA ha compilado un inventario de materiales de desecho clasificado como peligrosos, en la actualidad la lista incluye 750 residuos, los cuales se subdividen en tres categorías:

1. Desechos de fuentes no específicas, las cuales se producen en diversos procesos de manufactura e industriales, como disolventes utilizados para desengrasar y lodos de tratamiento para los procesos de galvanoplastia.
2. Residuos de fuentes específicas, producidos por fuentes específicas, como el agua del proceso de conservación de maderas y la refinación del petróleo.
3. Productos químicos comerciales e intermediarios químicos, como compuestos orgánicos, ácidos, metales y plaguicidas.

Igualmente se hace una clasificación de los residuos médicos reglamentados (U.S. EPA, 1989):

- Cultivos y cepas de agentes infecciosos
- Residuos patológicos humanos

De acuerdo con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), se definen a los residuos peligrosos como residuos no radiactivos que, como consecuencia de su actividad química o características tóxicas, explosivas, corrosivas u otras, suponen o puedan suponer un peligro a la salud o al medio ambiente por si solos o en contacto con otros (Directrices y principios de El Cairo, sobre la gestión ambientalmente racional de los desechos peligrosos, decisión 14/30 del 17 de junio de 1987, PNUMA).

Por otra parte, en el marco de la Unión Europea, define residuo peligroso como aquel “residuo que presenta una o varias de las características peligrosas enumeradas en el anexo III”. Estas son, que sea: explosivo, oxidante, fácilmente inflamable, irritante, nocivo, tóxico, cancerígeno, corrosivo, infeccioso, tóxico para la reproducción, mutagénico, sensibilizante o ecotóxico. (La directiva 2008/98/CE del Departamento Europeo).

Planteamiento del problema

El municipio de Tehuacán a lo largo del tiempo ha tenido cambios importantes tanto en el aspecto cultural como en el económico, con un crecimiento demográfico que conlleva a la creación de nuevos comercios, instituciones e industrias las cuales generan diversos tipos y cantidades de residuos entre los cuales se encuentran los de carácter peligroso.

Actualmente la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) lleva un registro de las empresas que generan residuos peligrosos en cada municipio, sin embargo es necesario que los residuos tengan una manejo integral de acuerdo a la normatividad para no tener efectos negativos en la salud y que se logre el cuidado del medio ambiente¹.

Las empresas en Tehuacán que producen los residuos peligrosos son de diversos giros, como la industria textil, prestadoras de servicio de mantenimiento automotriz, subestación de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), gasolineras, constructoras, hospitales, etc.

Este trabajo plantea la necesidad de conocer los principios del manejo integral de residuos peligrosos así como la importancia de tener información actualizada de los residuos peligrosos que se producen y de quienes lo producen, para éste caso, en Tehuacán, Puebla.

Objetivo General

Plantear los principios del manejo integral de residuos peligrosos en general y actualizar en particular los inventarios de generadores de residuos peligrosos en Tehuacán, Puebla.

Marco Teórico

Producción de residuos

Los residuos urbanos e industriales, han evolucionado a lo largo del tiempo, tanto en volumen como en composición, resultado entre otras cosas del crecimiento poblacional y de los patrones de consumo así como de las nuevas sustancias y productos que continuamente ingresan al mercado.

Son varias las actividades que propician la generación de los residuos peligrosos en general así como los demás residuos (aquellos de manejo especial y sólidos urbanos).

Las consecuencias de un equívoco manejo de los residuos peligrosos son muy variadas, estas van desde efectos adversos a la biosfera como a la salud humana.

El residuo es peligroso si presenta al menos una de las características descritas en la tabla 1, de acuerdo a las condiciones señaladas en la Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005.

CARACTERÍSTICAS	CPR *	Ejemplos
Corrisividad	C	Bases fuertes, ácidos fuertes, fenol, bromo hidracina (destapa caños)
Reactividad	R	Peróxidos, cloratos, hipercloratos, ácido pícrico, trinitrotolueno (TNT)
Explosividad	E	Hidrocarburos aromáticos, alcoholes, aldehídos, esterres, cetonas.
Toxicidad Ambiental Aguda Crónica	T	Nitratos, metales alcalinos, metal isocianato, magnesio, cloruro de acetileno,
	Te	
	Th	
	Tt	
Inflamabilidad	I	Cianuros, arsénicos y sales, plomo, anilina, plaguicidas
Biológico-infeccioso	B	Sangre, material punzocortante,

Tabla 1 Código de Peligrosidad de los Residuos (CPR)

En SEMARNAT se lleva el registro de los residuos peligrosos generados de acuerdo a la clasificación de la tabla 2, los cuales son generados por diferentes empresas, comercios y servicios.

DESCRIPCIÓN DEL TIPO DE RESIDUO PELIGROSO		
Aceites gastados	O5	Dieléctricos
	O1	Lubricantes
	O3	Hidráulicos
	O2	Solubles
	O6	Templado-metales
	O4	Otros aceites
Biológico-Infecciosos	BI1	Cultivos y cepas
	BI2	Punzocortantes
	BI3	Patológicos
	BI4	No anatómicos
	BI5	Sangre
Breas	B1	Catalíticos
	B2	De destilación
	B3	Otras breas
Escorias	E1	Finas
	E2	Granulares
Líquidos de proceso	LR1	Corrosivos
	LR2	No corrosivos
Lodos	L6	Aceitosos
	L3	Galvanoplastia
	L5	Proceso de pinturas
	L4	Templado de metales
	L2	Tratamiento de aguas de proceso
	LI	Tratamiento de aguas negras
	L7	Otros sólidos
Sólidos	SO1	Telas, pieles o asbestos
	SO2	Mantenimiento automotriz
	SO5	Con metales pesados
	SO3	Tortas de filtrado
	SO4	Otros sólidos
Solventes	S1	Orgánicos
	S2	Órganoclorados
Sustancias	C1	Ácidos

corrosivas	C2	Álcalis
Otros	O	Otros residuos

Tabla 2 Clasificación de los contaminantes

Los impactos ambientales ocasionados por un mal manejo de los residuos, se anifiestan principalmente en la contaminación de suelos, aire, aguas superficiales y subterráneas o bien por afectaciones a la salud pública, consecuencia de la emisión de contaminantes producto de la combustión inadecuada de los residuos o la transmisión de patógenos (Gutiérrez A., 2006).

El inexorable crecimiento de los residuos peligrosos generados como consecuencia de la actividad humana, se ha convertido en uno de los problemas más difíciles de tratar en los últimos años. Una gestión adecuada de estos residuos puede ocasionar importantes alteraciones en el funcionamiento de la biosfera, debido tanto a la peligrosidad de algunos de ellos, como a la creciente incapacidad para acogerlos, además de contribuir en forma indirecta al agotamiento de los recursos naturales (FAAC, 2012). Entre 1989 y 2000 se realizaron diversos esfuerzos tendientes a inventariar los residuos peligrosos generados por la empresas registradas y a determinar la capacidad instalada y ocupada para su manejo. Esto a partir de modelos matemáticos o de la captura y análisis de la información disponible; con lo cual se fueron identificando las limitaciones de los modelos y de los instrumentos de acopio de información.

Las cifras oficiales mostradas en la página de la SEMARNAT mencionan una cantidad de 3,705,846 toneladas generadas en el país en el año 2000, sin embargo no se cuenta con el respaldo documental de esta información, por lo que no se puede abundar sobre ella.

Se estima que solamente el 10% de los generadores están registrados (Gutiérrez A., 2006).

Los primeros estudios para estimar el volumen de residuos peligrosos generados en el país fueron elaborados en 1994 por el Instituto Nacional de Ecología (INE), a partir de entonces, las cifras reportadas han sido diversas, y se han basado fundamentalmente en la información recopilada por un conjunto de empresas que generaban o daban tratamiento a este tipo de residuos.

La estimación más reciente sobre el volumen de la generación de residuos peligrosos, para el periodo 2004-2008, equivalente a 1,025,128 toneladas, está basada en los reportes de 27,465 empresas incorporadas al padrón de empresas generadoras de residuos peligrosos y con registro ante SEMARNAT (2013).

De los residuos peligrosos generados en el país, los biológico-infecciosos (RPBI) son de gran importancia debido a los riesgos que representan para la salud. En 2008, su volumen de generación en el país representó poco menos del 16% de los residuos peligrosos generados, alcanzando aproximadamente las 23,383 toneladas. Por tipo de RPBI generado, el 54% del total corresponde a los no anatómicos, seguidos de los patológicos (40%), los objetos punzocortantes (4.8%), la sangre (0.9%) y los cultivos y cepas (0.3%).

De acuerdo al inventario nacional de la generación de residuos peligrosos (INGRP), existen 68,733 generadores de residuos peligrosos registrados ante la Secretaría, de los cuales, 5,767 (8.4%) son grandes generadores, 24,772 (36%) tienen registro como pequeños generadores y 38,194 (55.6%) están clasificados como microgeneradores.

Cabe señalar que el 100% de las empresas registradas, generaron en total 1,920,408 toneladas acumuladas en el periodo 2004 al 2011 (Gutierrez A., *et. al.*, 2012).

La base de datos “Generación de residuos peligroso por Tipo o Corriente de Residuo, Junio 2012”, permitió identificar diez diferentes grupos de residuos peligrosos. En relación con los tipos de residuos peligrosos generados por diversos sectores industriales, se observa, que los más frecuentes son los sólidos (46%), seguidos por los aceites gastados (21%), otros residuos (8%), los lodos (8%), los residuos biológicos infecciosos (7.6%) y los solventes (3.4%) (Gutierrez A., *et. al.*, 2012).

Definición de manejo integral de residuos peligrosos

Siguiendo el orden jerárquico que surge de la aplicación de políticas acordes con el desarrollo sostenible, se abordan los temas de prevención y minimización, acondicionamiento, almacenamiento, transporte, tratamiento, disposición final y exportación de residuos peligrosos para el manejo integral de estos residuos (Martínez J., 2005).

El concepto de manejo integral es definido de acuerdo a la Ley General para la Gestión Integral de los Residuos como:

“Las actividades de reducción en la fuente, separación, reutilización, reciclaje, co-procesamiento, tratamiento biológico, químico, físico o térmico, acopio, almacenamiento, transporte y disposición final de residuos, individualmente realizadas o combinadas de manera apropiada, para adaptarse a las condiciones y necesidades de cada lugar, cumpliendo objetivos de valoración, eficiencia sanitaria, ambiental, tecnológica, económica y social” (LGPGIR, 2003).

Definición de generador

Generador es la persona física o moral que produce residuos peligrosos, a través del desarrollo de procesos productivos o de consumo y es el responsable directo del manejo y destino final de estos. Por todo esto, debes estar informado

La generación de residuos peligrosos de clasifica de acuerdo a las toneladas generadas durante todo un año de todos los residuos sumados conjuntamente.

La tabla 3 representa las diferentes categorías que hay para clasificar a las empresas generadoras de residuos peligrosos, esto de acuerdo a la cantidad de toneladas generadas por dichas empresas.

	últimos seis (6) meses de las cantidades pesadas.
Pequeño Generador	Persona que genera residuos o desechos peligrosos en una cantidad igual o mayor a 10.0 Kg/mes y menor a 100.0 kg/mes calendario considerando los períodos de tiempo de generación del residuo y llevando promedios ponderados y media móvil de los últimos seis (6) meses de las cantidades pesadas

Tabla 3 Clasificación de residuos peligrosos

Obligaciones en torno al manejo de residuos peligrosos

La tabla 4 hace referencia a las diversas obligaciones que de acuerdo a la ley deben cumplir las empresas generadoras de residuos peligrosos.

CATEGORÍA DESCRIPCIÓN	
Gran Generador	Persona que genera residuos o desechos peligrosos en una cantidad igual o mayor a 1,000.0 kg/mes calendario considerando los períodos de tiempo de generación del residuo y llevando promedios ponderados y media móvil de los últimos seis (6) meses de las cantidades pesadas.
Mediano Generador	Persona que genera residuos o desechos peligrosos en una cantidad igual o mayor a 100.0 kg/mes y menor a 1,000.0 kg/mes calendario considerando los períodos de tiempo de generación del residuo y llevando promedios ponderados y media móvil de los

Obligaciones	Gran generador	Pequeño generador	Micro generador
Identificar y clasificar los residuos	*	*	*
Manejar separadamente los residuos Peligrosos	*	*	*
No mezclar residuos peligrosos incompatibles	*	*	*
Envasar los residuos peligrosos, de acuerdo a su	*	*	*

estado físico			
Marcar o etiquetar los envases	*	*	*
Almacenarlos adecuadamente	*	*	
Transportarlos a través de empresas autorizadas por la SEMARNAT	*	*	*

Tabla 4 Obligaciones generales para los generadores

Además de las obligaciones mencionadas anteriormente las empresas también al haberse inscrito deben cumplir con las actividades registradas en la tabla 5 muchas empresas desconocen de estas a actividades, pero SEMARNAT programa campañas para que se den a conocer estos trámites y así dar cumplimiento con la ley.

Obligaciones administrativas	Gran generador	Pequeño generador	Micro generador
Registrarse ante la SEMARNAT	*		
Someter, a consideración de la SEMARNAT, un plan de manejo de residuos peligrosos	*	*	*
Llevar una bitácora	*	*	*
Llenar el manifiesto de registro de actividades de manejo	*	*	
Presentar un informe anual de generación y manejo de los residuos Peligrosos	*		*
Contar con un seguro ambiental	*		
Avisar del cierre de sus instalaciones o actividad	*	*	

generadora			
Informar a la SEMARNAT cuando no reciba el original del manifiesto de manejo de residuos peligrosos, en un lapso de 60 días naturales, a partir de la entrega de los mismos a la empresa de transporte.	*	*	*

Tabla 5 Obligaciones administrativas

Metodología

El proceso para cuantificar la generación consiste en analizar la información contenida en los avisos de inscripción de empresas generadoras de residuos peligrosos y de los reportes semestrales de la generación de este tipo de residuos, en los últimos cinco años, del municipio de Tehuacán. Esta información se consultó en el Departamento de Gestión Integral de Contaminantes, de la SEMARNAT, Delegación Federal en el Estado de Puebla. En cuanto a los grandes generadores el análisis de la información se realiza a través de la Cedula de Operación Anual (COA), en donde se registran anualmente solo los grandes generadores de residuos peligrosos. De las bases de datos del INEGI y otras fuentes de información secundaria se consultan las actividades económicas de la entidad. Mediante una investigación de campo se identifican los generadores no registrados.

Resultados

La economía de la región de Tehuacán está sustentada en la avicultura, ganadería, comercio e industria diversa. Esta última ha sufrido una gran transformación a lo largo de los años, pasando por la jarcia, refrescos y confección. La avicultura tiene grandes inversiones, da puestos de trabajo a cientos de personas y es una de las más importantes del país.

La industria en Tehuacán está diversificada, principalmente en las áreas de confección, plástico, empaques, avícola y del calzado. No hay una industria única o dominante. Los principales yacimientos en Tehuacán son de carbón de piedra, canteras de pizarra, mármol y granito (Tehuacán, economía e industria, 2009).

No todas las empresas generadoras de residuos peligrosos de Tehuacán están registradas ante la SEMARNAT, lo que hace necesario actualizarlas en el inventario nacional así como verificar que la información que registren sea verídica y continua.

De acuerdo al censo económico del 2009 en la tabla 6 se muestran las diferentes actividades económicas así como las cantidades de empresas registradas en el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) en la Región de Tehuacán. Aunque la mayoría de las empresas registradas en INEGI pueden generar en mínimas cantidades residuos peligrosos, para la Delegación de SEMANART Puebla las de mayor importancia son las grandes generadoras.

ACTIVIDAD ECONÓMICA	CANTIDAD DE EMPRESAS
Construcción	68
Industria manufacturera	2026
Comercio al por menor	386
Comercio al por mayor	6554
Transporte correos y almacenamiento	62
Información de medios masivos	39
Servicios financieros y de seguro	75
Total	9210

Tabla 6 Actividades económicas de Tehuacán

Los giros de empresas que contempla el registro de generadoras de residuos peligrosos ante SEMARNAT incluye:

Clínicas, centros de salud y consultorios
Reparación y mantenimiento automotriz
Alimenticio y/o de consumo humano
Gasolineras
Giro mercantil
Construcción de obras civiles
Prestadores de servicios
Generación de energía eléctrica
Textiles, fibras e hilos
Laboratorios clínicos
Manejo de residuos o sustancias peligrosas
Servicios de educación superior
Prendas y artículos de vestir
Lavanderías, tintorerías o planchadoras y
Hospitales

En la Delegación de SEMARNAT en el estado de Puebla se encuentran registradas actualmente 206 empresas del municipio de Tehuacán, esto es desde que comenzó el registro de empresas generadoras de residuos peligrosos.

Durante los años del 2009-2013 los residuos peligrosos generados de acuerdo al aviso de inscripción fueron 176.81 Toneladas, cantidad que fue producida por 63 empresas del municipio de Tehuacán. Aunque cada empresa varía en cantidad debido a los diversos giros registrados, al tamaño de la empresa y también se le puede atribuir al manejo de los residuos, ya que en caso de no llevar un buen control se acumularían otros residuos que no son peligrosos con los que si lo son, por lo tanto la cantidad de residuos incrementa.



Figura 1 Empresas con características CRETIB

De acuerdo a la reglamentación, las empresas se dan de alta solo una vez en el aviso de inscripción sin importar su categoría, donde sola las empresas micro o pequeñas generadoras, no están obligadas a reportar año con año, pero deben llevar un manejo de sus residuos peligrosos ya que aún en pocas cantidades siguen siendo peligrosos.

La generación de Residuos Peligrosos en el Municipio de Tehuacán de acuerdo a los registros SEMARNAT 07-017 se ilustra en la figura 2, donde las empresas de construcción de obra civil son las que registran mayor cantidad de residuos peligrosos generados, con un promedio de 8.52 Ton/empresa (63%), seguidas de las empresas de reparación y mantenimiento automotriz con un 17%.

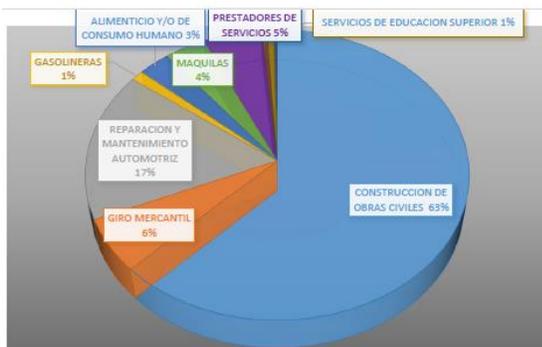


Figura 2 Generación de Residuos Peligrosos en el municipio de Tehuacán por giro.

En la figura 3 se muestra la cantidad de residuos generados año con año, además de que se identifica cual es el residuo que más se genera, así como también aquellos residuos que por el tipo de industrias que hay en Tehuacán no se registran, breas ni escorias.

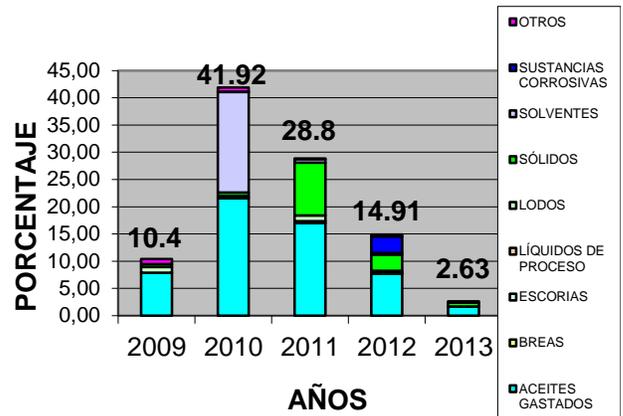


Figura 3 Generación de residuos peligrosos en el municipio de Tehuacán por año (2009-2013)

Los Residuos Peligrosos Biológico-Infeciosos (RPBI) con más generación en instituciones de salud y empresas en el municipio de Tehuacán que cuentan con registro ante la SEMARNAT son los residuos de tipo no anatómicos, con el 79.7 % de total, seguidos de los patológicos con el 12.4 %, los punzocortantes 5.8%, sangre y sus derivados 1.8% y por ultimo los cultivos y cepas con el 0.20%.

La figura 4 muestra la cantidad generada por cada tipo de RPBI en los últimos cinco años.

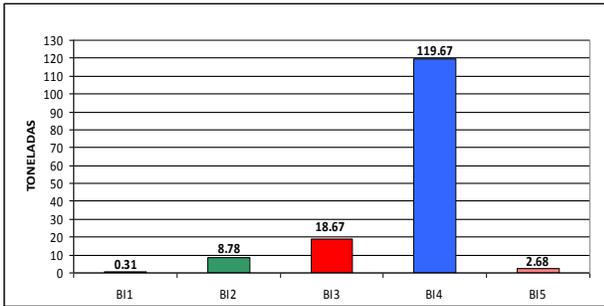


Figura 4 Cantidad RPBI generados de acuerdo a su clasificación en los últimos cinco años.

Las empresas que son grandes generadoras de residuos peligrosos deben reportar anualmente su Cedula de operación Anual (COA) ante SEMARNAT, durante el 2012 solamente 6 empresas en Tehuacán reportaron COA. Existen registradas en Tehuacán 33 empresas como microgeneradores, 28 como pequeños generadores y 6 como grandes generadores, aunque éstas últimas son las menos, generan alrededor de 90 Ton/año, mostrándose en la figura 5.

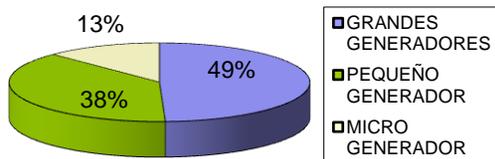


Figura 5 Porcentajes de generación de residuos peligrosos por clasificación.

Del análisis del listado empresarial del Departamento de Desarrollo Económico del H. Ayuntamiento del municipio de Tehuacán dio el resultado que 254 empresas no han sido registradas ante SEMARNAT, en los siguientes giros:

Giro	Cantidad
Alimenticio	2
Cartón	5
Hielo	2
Industria de calzado	13

Industria dulces	1
Industria embotelladora	4
Industria de papel	1
Industria plástico	8
Maquiladoras	218
TOTAL	254

De acuerdo con el análisis de la información proporcionada por el Organismo Operador del Servicio de Limpia de Tehuacán (OOSELITE) el cual da servicio de recolección de residuos sólidos urbanos y de residuos especiales, existen 46 empresas que han solicitado la recolección de residuos peligrosos que no están registradas ante SEMARNAT, en los siguientes giros:

Giro	Cantidad:
Mantenimiento automotriz	6
Clínica	2
Alimentos	2
Avícola	4
Fábrica de zapatos	1
Industria del plástico	4
Industria del papel	2
Industria del plástico	4
Maquiladoras	21
Total	46

Existen diferentes empresas que recogen los residuos peligrosos en Tehuacán, entre ellas están:

- Ecoterma de Oriente,
- Medam Transportes S.A. de C.V.
- Violeta Morales Garcia 21-114-Ps-I-01-07
- Jose Alberto Vargas Garcia 21-156-Ps-I-02-2012

- Deposito Ecologico Ambiental S.A. de C.V. 21-014-Ps-I-01-04-Prorroga
- Asesoría Avanzada en Limpieza Industrial S. A. de C.V

Las empresas recolectoras de los residuos peligrosos deben de tener el permiso y la autorización correspondiente de SEMARNAT, así mismo los centros de acopio, que deben cumplir la normatividad para que den el tratamiento adecuado y posteriormente la disposición final.

La empresa Asesoría Avanzada en Limpieza Industrial S. A. de C.V, se encarga de transportar a su centro de acopio los diferentes tipos de residuos peligrosos, en la tabla 7 se detallan los tipos de residuos peligrosos por clave genérica y cantidades que se recogen mensualmente. Actualmente la empresa atiende a 200 empresas de las cuales 32 empresas de son Tehuacán, donde la mayoría son gasolineras, el servicio que presta por lo general es cuando el cliente o la empresa lo solicita, lo cual es aproximadamente cada mes en cada una de las diferentes empresas. El reporte de la empresa mostrado en la tabla 7 no es solo de empresas de Tehuacán sino también de todas las empresas a las que les da servicio.

DESCRIPCIÓN DEL TIPO DE RESIDUO PELIGROSO			
Aceites gastados	O5	Dieléctricos	100-200
	O1	Lubricantes	400-600
	O3	Hidráulicos	
	O2	Solubles	
	O6	Templado-metales	
	O4	Otros aceites	
Breas	B1	Catalíticos	
	B2	De destilación	
	B3	Otras breas	
Escorias	E1	Finas	250-500
	E2	Granulares	
Líquidos de proceso	LR1	Corrosivos	100
	LR2	No corrosivos	250-900
Lodos	L6	Aceitosos	200-250
	L3	Galvanoplastia	
	L5	Proceso de pinturas	400

		Tenemos residuos y natas de pintura	
	L4	Templado de metales	3000
	L2	Tratamiento de aguas de proceso	
	L1	Tratamiento de aguas negras	
	L7	Otros sólidos lodos contaminados con hidrocarburos de fracción media y ligera	3000-6000
Sólidos	SO1	Telas, pieles o asbestos	900-1000 400
	SO2	Mantenimiento automotriz	100-1000
	SO5	Con metales pesados	3000
	SO3	Tortas de filtrado	
	SO4	Otros sólidos	
Solventes	S1	Orgánicos	40
	S2	Organoclorados	500
Sustancias corrosivas poco frecuente	C1	Ácidos	100
	C2	Alcalis	200
Otros	O	Otros residuos	<ul style="list-style-type: none"> • Acumuladores • Lámparas de Hg 100 • Aditivos de combustibles 500 • Limpiadores de carburadores • Baterías y pilas 80-100 • Capacitores o Balastras 30-50 • Llantas 200-400

Tabla 7 Residuos recolectados en promedio al mes por Asesoría Avanzada en Limpieza Industrial S.A. de C.V. (Resultados expresados en kg).

Agradecimientos

Al Instituto Tecnológico de Tehuacán, al Departamento de Manejo Integral de Contaminantes de la SEMARNAT, Delegación Federal en el Estado de Puebla, al Departamento de Desarrollo Económico del H. Ayuntamiento del Municipio de Tehuacán, al Organismo Operador del Servicio de Limpia de Tehuacán (OOSELITE) y a la empresa Asesoría Avanzada en Limpieza Industrial S. A. de C.V por su colaboración.

Conclusiones

Las empresas deben reportar sus residuos peligrosos generados, la mayoría en Tehuacán son micro generadoras, por esta razón no tienen la obligación de registrarse en la Cédula de Operación Anual (COA), sin embargo, deben de apegarse a un plan de manejo (apoyados de alguna empresa recolectora de residuos peligrosos) para que se logre un manejo integral de los mismos. Los grandes generadores de residuos peligrosos (aquellos que generan más de 10 toneladas), están obligados a presentar COA, en la cual se registran las descargas de agua y de residuos peligrosos, mientras que los contaminantes de emisiones a la atmosfera los registran en la Licencia Ambiental Única (LAU).

De las empresas que se encuentran en Tehuacán, Puebla, no todas se registran ante SEMARNAT, e inclusive en algunos municipios del estado de Puebla no hay ninguna empresa registrada. En Tehuacán solo una empresa está registrada con Licencia Ambiental Única y 6 empresas con COA reportados en el año 2012, las cuales son grandes generadoras y deben realizar su reporte anualmente. Son 206 las empresas registradas hasta el diciembre del 2013 en el aviso de inscripción, pero existen de acuerdo con la información del Departamento de Desarrollo Económico del H. Ayuntamiento del Municipio de Tehuacán y el Organismo Operador del Servicio de Limpia de Tehuacán (OOSELITE) 300 empresas sujetas a ser consideradas para su incorporación como empresas generadoras de residuos peligrosos.

Dentro de los factores que influyen para el inadecuado manejo de los residuos peligrosos, es la ubicación geográfica de algunas empresas, las cuales no tienen acceso a los servicios de recolección de residuos peligrosos y en muchos de los casos la Delegación desconoce de la generación y el manejo de residuos peligrosos de dichas empresas. Otro factor importante es el desconocimiento de las leyes y del reglamento o en el peor de los escenarios la omisión de cumplir con lo establecido por la ley.

Actualmente en Tehuacán el giro o la actividad que mayor reporta residuos peligrosos son las constructoras con el 63 % de los residuos peligrosos generados, la actividad que más registra empresas son las maquilas pero no son las que más contaminan ya que generan el 3.4% de residuos peligrosos.

Todo residuo debe ser manejado adecuadamente para no generar un impacto negativo en el ambiente, pero en forma específica es necesario contar con un manejo integral de los residuos peligrosos cumpliendo con la normatividad vigente en nuestro país y sobre todo preveniendo los posibles daños a la salud y al ambiente.

Para lograrlo es necesario que se cuente en primer término con un registro actualizado de micro, pequeños y grandes generadores de residuos peligrosos, y se cuente con un programa coordinado para su manejo integral, ambientalmente adecuado, económicamente viable, tecnológicamente factible y socialmente aceptable de los residuos con la participación informada, organizada y corresponsable de todos los sectores ya sean públicos, privados o sociales, lo cual implica un cambio cultural de la gestión de los residuos.

Referencias

Directrices y principios de El Cairo, sobre la Gestión Ambientalmente Racional de los Desechos Peligrosos. (1987). Decisión 14/30 del 17 de junio de 1987, PNUMA.

Gutiérrez A.,V. (2006). Diagnostico Básico para Gestión Integral de los Residuos. (1^{er} Ed.) México, D.F. SEMARNAT-INE

Gutiérrez A. J., Ramírez H. I., Encarnación A. G., Medina A. A.. (2012). Diagnostico Básico Para la Gestión Integral de residuos. México, D.F., Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental.

Henry J. y Heinke G. (1999). Ingeniería Ambiental (2^{da} Ed.). México, D.F. Prentice Hall.

Jimenez C. B. (2001). La contaminación Ambiental en México: causas, efectos y tecnología apropiada. México, D.F. Limusa S.A. de C.V.

Martínez J. (2005). Guía para la Gestión Integral de los Residuos Peligrosos. Fundamentos Tomo I. Centro coordinador del convenio de Basilea para America Latina y el Caribe. Montevideo, Uruguay.

SEMARNAT- 07-17 (2013) Aviso de inscripción como empresa generadora de residuos peligrosos. Serie Documental 141.23S.710. Gestión Integral de Contaminantes. Delegación del Estado de Puebla.

SEMARNAT (2013). Lineamientos para el control y gestión integral de residuos peligrosos generados por microgeneradores. Recuperados: 10 de Noviembre del 2013, disponible en: <http://www.semarnat.gob.mx/temas/gestionambiental/materialesactividades/paginas/matpeligro.aspx>

Tehuacán, economía e industria, (2009), Disponible en: <http://www.tehuacan.com.mx/2009/07/tehuacaacuten-economiacutea-e-industria/>

Diseño y desarrollo de un Vehículo Terrestre no Tripulado para prevención y monitoreo de variables negativas a los campos de cultivo

BARRON-BALDERAS, Juan† & FAUSTO-LEPE, Gabriela

Universidad Tecnológica de Jalisco

Recibido 17 de Abril, 2015; Aceptado 11 de Junio, 2015

Resumen

Este artículo presenta la continuación del trabajo que se realiza cada fin de cuatrimestre en el diseño y desarrollo de un vehículo terrestre no tripulado con fines de detección y monitoreo de variables; como concentraciones de monóxido de carbono, temperatura, composición del suelo, salud de las plantas; que podemos encontrar en la exploración de campos de cultivo, mediante tecnología al alcance de los estudiantes;

Para lograr este proyecto se está aprovechando los conocimientos de las materias electrónica analógica, electrónica digital, sistemas de automatización, máquinas y mecanismos; que los alumnos llevan a lo largo de su carrera de TSU. En Mantenimiento Area Maquinaria Pesada.

Unmanned Vehicle, UGV, CANSAT.

Abstract

This paper presents the continuation of work end of each semester is done in the design and development of a terrestrial unmanned vehicle (UGV for its acronym in English Unmanned Ground Vehicle) for the detection and monitoring of variables such as concentration of carbon monoxide carbon, temperature, soil composition, plant health; we can find in exploring fields through technology available to students; to achieve this project is leveraging the knowledge of analog electronics materials, digital electronics, automation systems, machines and mechanisms; that students take throughout their career to heavy machinery maintenance.

Unmanned Vehicles, UGV, CANSAT

Citación: BARRON-BALDERAS, Juan & FAUSTO-LEPE, Gabriela. Diseño y desarrollo de un Vehículo Terrestre no Tripulado para prevención y monitoreo de variables negativas a los campos de cultivo. Revista de Tecnología e Innovación 2015, 2-3:416-422

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Cuando comente por primera vez que les trae a la mente las palabras UGV ó Aeroespacial con mis alumnos de 3er cuatrimestre, obtuve la respuesta que está más generalizada en todos nosotros, astronautas, naves espaciales, NASA; y el decirles que podemos realizar un proyecto el cual involucre esos conceptos, para ellos era algo fuera de su alcance, y más aun por que mencionaban que su carrera va enfocada a maquinaria pesada y que nada tenía que ver con ello.

Para demostrar que su carrera no está alejada de estos conceptos y que nosotros podíamos desarrollar un proyecto de un UGV, me basto mostrarles a mis alumnos lo que realiza la empresa Caterpillar en colaboración con la NASA, y donde se involucra a estudiantes en su competencia que realizan anualmente **(Lunabotics Mining Competition)**, con lo cual provoqué el involucramiento total de mis alumnos.

Cabe mencionar que el proyecto lo estamos realizando al final de cuatrimestre para no entorpecer el aprovechamiento y el poco tiempo que permanecen los alumnos en la universidad por las razones marcadas dentro del programa académico de la carrera, por lo que el tiempo de conclusión del mismo es indefinido

UGV (por sus siglas en inglés Unmanned Ground Vehicle), se define como un vehículo sin tripulación reusable, capaz de mantener una trayectoria controlada, sostenida, y propulsado; este concepto implica mucho más de la ciencia aeroespacial, y esto puede servir para ayudar a formar capital humano capaz de competir dentro del mismo entorno.

El propósito del uso de la tecnología de UGV como herramienta para prevenir y monitorear la ocurrencia de desastres de origen natural o provocado es relativamente nuevo en el ámbito internacional (Stephanie, 2011).

Sobre todo de incendios forestales dañinos en ecosistemas forestales e incrementar la eficiencia en su combate (Lindsay, 2011), con la meta de disminuir la superficie promedio afectada del estado de Jalisco puede considerarse, como una nueva alternativa para coadyuvar a mitigar el cambio climático y reducir la problemática de incendios o con la misma base para el monitoreo de variables que influyen en los campos de agricultura tales como la composición del suelo, la temperatura y la salud de las plantas (AUVSI, 2013).

Definición del problema

Actualmente el desarrollo de nuevas innovaciones en el uso de vehículos no tripulados, para el nuevo tema de agricultura de precisión que es un concepto agronómico de gestión de parcelas agrícolas, basado en la existencia de variabilidad en campo, análisis de cultivos, así como la identificación de variables de fatiga del campo, uso eficiente de agua, pesticidas, de prevención y monitoreo de incendios es un tema que apenas empieza a sonar en Jalisco, debido a que no se cuenta con equipos especializados salvo los comunes por aviso de personas o vía satélite lo cual implica tiempo y dinero para dar una rápida respuesta. (Lee, 2014),

Hipótesis

Con tecnología e información de fácil acceso de bajo costo y los conocimientos que se les dan a los alumnos de la carrera de maquinaria pesada es posible lograr desarrollar un UGV para prevenir y monitorear algún tipo de desastre provocado por la naturaleza o el ser humano.

Justificación

En la actualidad se da un auge a nivel mundial de la tecnología de vehículos no tripulados con una diversidad de aplicaciones, con el objetivo de buscar la disminución de costos de producción y operación para las diversas actividades a las que son diseñados.

Objetivo

Diseño y desarrollo de un UGV, como meta principal del proyecto al cual se le podrán dar diferentes aplicaciones una de las propuestas es la detección y monitoreo mediante tecnología al alcance de los estudiantes; para lograr este proyecto se está aprovechando los conocimientos de las materias electrónica analógica, electrónica digital, sistemas de automatización, máquinas y mecanismos; que los alumnos llevan a lo largo de su carrera de Mantenimiento a Maquinaria Pesada

Importancia

La conservación y mitigación de los impactos negativos causados por diversos factores en los ecosistemas mexicanos; Desarrollar capacidades técnicas y operativas, promover investigación científica y tecnológica y gestionar recursos humanos y materiales para proteger a los ecosistemas de los impactos negativos; Fortalecimiento de la coordinación y cooperación interinstitucional.



Figura 1 Alumnos MAMP con los que se inicio el proyecto

Método

Para poder diseñar y desarrollar el proyecto los alumnos participantes se están apoyando en el conocimiento adquirido en las materias de electrónica analógica y digital, máquinas y mecanismos

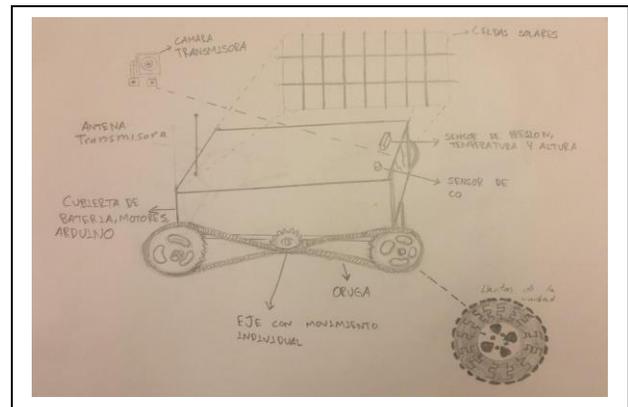


Figura 2 Concepto del UGV

En lo referente a la etapa de control electrónico conformada por el sistema arduino que es una plataforma de hardware libre, basada en una placa con un micro –controlador y un entorno de desarrollo, diseñado para facilitar el uso de la electrónica en proyectos (John, 2013), multidisciplinarios que por su facilidad es una buena opción para el desarrollo de la etapa de monitoreo atmosférico (Patrick, 2013), que se determinó como objetivo del UGV, Usando la implementación de un sensor barométrico BMP085 y un sensor de monóxido de carbono mq-7

Para obtener mediciones precisas, para la comunicación se utilizara una tarjeta GSM con la cual enviaremos vía MSM a celular los datos obtenidos por los sensores.

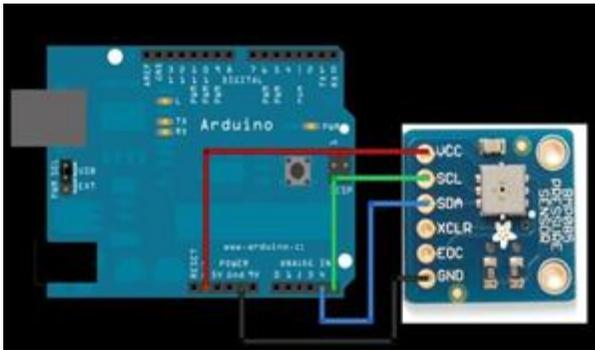


Figura 3 Arduino with sensor BMP85

En el primer paso para la construcción del sistema electrónico de la UGV, se tomó como base la electrónica de control desarrollada para un **CanSat** que es un satélite del tamaño de una lata de refresco cuya misión puede ser recoger datos o efectuar retornos controlados.¹ Estos aparatos normalmente deben ser completamente autónomos, es decir, no pueden recibir instrucciones desde el suelo durante el vuelo. Lo que sí deben efectuar son transmisiones de datos.

Las antenas se pueden montar externamente, pero el diámetro del satélite no se puede alterar y este fue probado en la competencia CUCEI2K14.



Figura 5 Electronic development project CANSAT

A lo largo de esta fase de prueba se ejecuta el análisis de, de cada una de las características de funcionamiento de los sensores (CO, temperatura, altura, presión barométrica) y las conexiones de estos con de la tarjeta de desarrollo (arduino), así como calibración de cada uno para verificar su sensibilidad y ajustes necesarios con el fin de obtener la configuración óptima, donde se pretende poner a prueba a diferentes condiciones de altura, humedad, iluminación de todos los componentes que van a integrar el proyecto.



Figura 6 Desarrollo de Cansat

La siguiente etapa de desarrollo consistió en el diseño del software para la lectura de datos arrojados por los sensores; el uso del monitor serial con el que cuenta Arduino es indispensable, ya que este imprime los datos al puerto serie como texto ASCII. Este comando puede tomar muchas formas. Los números son impresos mediante un juego de caracteres para cada dígito, es posible el uso y manipulación de este para imprimir datos en el monitor serial del PC, a su vez se utiliza una tarjeta ICOMSAT versión 1.1, mediante una MAC Address, el objetivo es controlar y transferir información entre estos dispositivos de forma remota.

Así podríamos por ejemplo acceder a datos de sensores y monitorearlos de manera continua, y este dispositivo al ser compatible con la red GSM podemos tener un monitoreo continuo a largo alcance, puesto que el dispositivo cuenta con una tarjeta micro SD SPI regulada por el usuario puede acceder a los datos recopilados durante la misión en su PC.



Figura 7 GSM Shield A



Figura 8 Lanzamiento del CANSAT para probar los Sensores

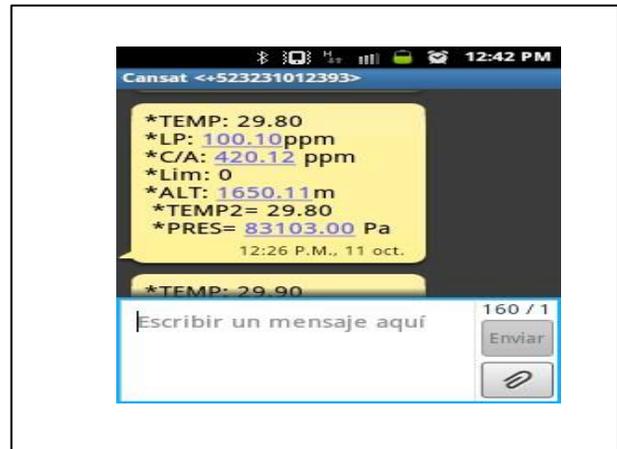


Figura 9 Muestra de datos monitoreados por el CANSAT y recibidos cada medio minuto en un celular.

Para la **etapa mecánica** los alumnos han aplicado los conocimientos adquiridos en la materia de máquinas y mecanismos, (Roque, 2010). Que son necesario para el diseño y el desarrollo del mecanismo de tracción del UGV compuesto por un juego de cadenas y poleas que sirven para darle el movimiento, así mismo la estructura del chasis, sobre la cual descansaran todos los mecanismo tanto mecanismos como de control electrónico.

Conformando la parte más robusta del proyecto y no por ello menos importante ya que sobre ella recaerá la dureza del proyecto una vez que esté terminado en su totalidad.

Se tiene un avance significativo, ya que en cierta medida se soluciono el diseño del chasis y el mecanismo con el cual se va a lograr la locomoción del UGV, restando por construir aun las partes de cubiertas y soportes para las partes de control eléctrico- electrónico que son la parte medular del objetivo planteado del proyecto que es la detección de variables para campos de cultivo (Lee, 2014), así como el monitoreo de condiciones como parte de la prevención de desastres (Lindsay, 2011).

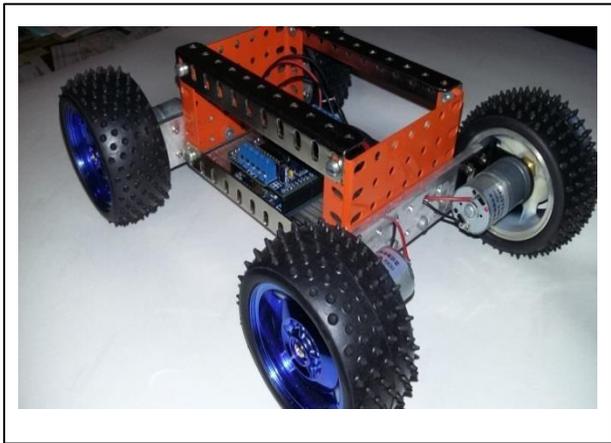


Figura 10 Desarrollo de avance del UGV

Este avance del proyecto ya incluye las partes de de control electrónico que comprende el sensor barométrico y el sensor de monóxido de carbono, además se presenta en la parte superior el panel solar con el cual se tratara de darle más autonomía y rendimiento al UGV, ya que con el mismo se recargara la batería que alimenta tanto a los motores como al sistema de control electrónico.

Conclusiones

Todavía falta bastante por construir del UGV, esperando que en los próximos meses se pueda completar el proyecto, en el futuro se podría desarrollar con la nueva plataforma de hardware de Intel, la tarjeta Edison con la que se podría aumentar el espectro de funciones operativas , entre ellas el conocer en tiempo real las necesidades de las plantas, ya que tendremos información de las variables monitoreadas al alcance de nuestra mano, con lo que nos será mucho más fácil y más rápido acceder a ella, a través de lo que se conoce como el internet de las cosas (IoT por su siglas en inglés).

Donde se buscaría que el UGV sea conectable a Internet, buscando que las variables monitoreadas e imágenes se pueden incorporar en una base de datos y recoger estos datos para ayudarnos en el día a día, O cualquier lugar y en cualquier momento.

Aprovechando que este concepto tarde o temprano podrá llegar a nuestra vida cotidiana, donde según estudios oficiales para el año 2020 nuestro universo digital será 44 veces más grande (en datos recogidos o información almacenada) que en el año 2009.

Todo esto hará que la sociedad tal y como vive hoy será muy diferente para entonces, estaremos repletos de información al alcance de nuestra mano y todo esto también será un negocio para muchos. Mientras tanto este seguirá siendo parte de la motivación de los estudiantes en la Universidad tecnológica de Jalisco para que incursionen en el tema Aeroespacial.

Referencias

Boxall John, Arduino Workshop 2013 No Starch Press, Inc ISBN-10: 1-59327-448-3 ISBN-13: 978-1-59327-448-1

Calero Pérez Roque, Fundamentos de mecanismos y máquinas para ingenieros 2010 Editorial McGraw-Hill.

Gertz Emily & Di Justo Patrick Atmospheric Monitoring with Arduino 2013 O'Reilly Media, Inc

Edward Shigle y Joseph y Joseph Uicker John JR. Teoría de máquinas y mecanismos. 2009 Editorial McGraw-Hill.

Lafont P, Díaz Lantada A y Echevarría Otero J. Diseño y cálculo de transmisiones por engranajes. 2009 Sección de publicaciones de la ETSII Universidad Politécnica de Madrid

Levy Stephanie, Aftershock: unmanned systems help japan recover from disaster Unmanned systems mission critical Vol. 1 no2 summer 2011 Pag.16 AUVSI

Torrente, Óscar Arduino. Curso práctico de formación Primera Edición, 2013 Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V., México ISBN: 978-607-707-648-3

Voss Lindsay, 2011.unmanned systems vs wildfires Unmanned systems mission critical Vol. 1 NO.2 Pag.30 AUVSI

Rich Tuttle, 2013.Lay of the Land Unmanned Systems Coming to Commercial Agriculture Unmanned systems mission critical Vol. 3. NO.3 Pag.8-10 AUVSI

Ewing Lee, 2014. Strong Growth Predicted for Ground Robots Designed for Agriculture Unmanned systems mission critical Vol. 4. NO.2 Pag.10-13 AUVSI

(AUVSI, 2013)State of the Art, 2014. Robotic Farming Sprouts Up Unmanned systems mission criticalVol. 4. NO.2 Pag.14-15 AUVSI <http://www.ibtimes.com/space-mining-nasa-caterpillar-cat-team-harness-potential-mining-asteroids-moon-mars-1530584>

Space Mining: NASA And Caterpillar (CAT) Team Up To Harness The Potential Of Mining On Asteroids, The Moon And Mars Harress Christopherc.harress@ibtimes.com on January 08 2014 <http://www.jointeamcaterpillar.com/cda/layout?m=412935&x=69>

Diseño de equipos didácticos para los procesos de inyección/extrusión y prensado

CESAR-MAULEON, María†, LINARES-GOMEZ, Patricia, GOMEZ-GONZALES, María & ZAMORA-CEJA, Carlos

Universidad Tecnológica de Nezahualcóyotl. Circuito Universidad Tecnológica s/n, Col. Benito Juárez, Cd. Nezahualcóyotl, Edo De México, C.P. 57000.

Universidad Tecnológica de Tamaulipas Norte. Av. Universidad Tecnológica No. 1555, Col. La Escondida, Ciudad Reynosa, Tamaulipas C.P. 88770.

Recibido 2 de Abril, 2015; Aceptado 2 de Junio, 2015

Resumen

Ante la necesidad de que en la carrera de Procesos Industriales, se disponga de equipos didácticos con condiciones adecuadas, que faciliten la realización de prácticas en el área de procesos de manufactura y que favorezcan las habilidades de los estudiantes en los procesos que predominan en las empresas en las que comúnmente realizan estadía; la *Red de diseño mecánico para la calidad en la educación y los procesos productivos*, diseñó equipos didácticos para los procesos de inyección/extrusión y prensado. Así, se desarrolló el concepto de una inyectora/extrusora y una prensa, cuyos requerimientos de funcionalidad permitieron el diseño de sus componentes y el modelado; lo que facilitó la fabricación de los prototipos físicos. Por último en este trabajo se obtuvieron los planos de los componentes con las especificaciones, así como el prototipo a escala real de los equipos didácticos, a un menor costo, de fácil manejo y mantenimiento y con colaboración de los integrantes de la Red y de los estudiantes.

Diseño, proceso de manufactura, equipos didácticos

Abstract

In the Industrial Processes career, facing the need of having the right didactic equipment in the appropriate condition, in order to ease the performance of practices in the area of leading manufacturing processes which students' skills are involved at different companies where professional students staying is done. The mechanical design net for education quality and productive processes have designed didactic equipment for the processes of injection/extrusion and pressing. In order to obtain this, the concepts of an injection machine and a pressing one were developed, according to the functionality requirements which allow the design of their components and the molding. This allowed the manufacturing of the physical protocol.

Finally all this work allowed obtaining the components planning with the specifications such as a real scale prototype of the didactic equipment with a lower cost, practical handling and maintenance, and collaboration of the net personnel such as students.

Design, manufacturing process, teaching equipments

Citación: CESAR-MAULEON, María, LINARES-GOMEZ, Patricia, GOMEZ-GONZALES, María & ZAMORA-CEJA, Carlos. Diseño de equipos didácticos para los procesos de inyección/extrusión y prensado. Revista de Tecnología e Innovación 2015, 2-3:423-439

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Los procesos de manufactura son importantes en todo tipo de industrias ya que de éstos depende en gran medida la calidad de un producto, por lo que las Universidades requieren desarrollar en los estudiantes la habilidad del manejo de equipos para la aplicación de diversos procesos.

Debido a esta necesidad surge una red de colaboración denominada “Red de diseño Mecánico para la calidad en la Educación y los Procesos Productivos” registrada ante Programa para el Desarrollo Profesional docente (Prodep), la cual se integra por tres Cuerpos Académicos (CA) de las Universidades Tecnológicas (UT’s): Universidad Tecnológica de Tamaulipas Norte (UTTN), Universidad Tecnológica de Altamira (UTA) y Universidad Tecnológica de Nezahualcóyotl (UTN), quienes establecen como objetivo diseñar equipo didáctico. Esto con la finalidad de cumplir en gran medida con lo establecido por el modelo educativo.

El modelo educativo de las UT’s (2006), establece 4 ejes fundamentales que orientan el modelo: saber, hacer, ser, e innovar. Los alumnos combinan sus estudios en aula, taller y laboratorios de primer hasta quinto cuatrimestre y en el sexto, culminan con un proyecto en una empresa. El modelo también propone una formación tecnológica poniendo énfasis en el desarrollo de la creatividad, la innovación y la investigación por lo que requieren de equipo que les permita realizar sus prácticas de clase.

De acuerdo al modelo educativo de las UT’s, los planes de estudio se sustentan en la formación académica que se busca alcanzar, a través de tres ejes principales:

- a) Teórico-Práctico. Se refiere al 30% de teoría y 70 % de práctica, siendo ésta última importante debido a que se debe llevar una práctica adquisitiva en los talleres y laboratorios, donde el manejo de maquinaria y herramientas involucra destrezas a partir de la comprensión de su funcionamiento y de los procesos que intervienen. En el caso del presente proyecto el uso de los equipos diseñados será de gran utilidad para cumplir con este eje.
- b) General-Especializado. Este eje marca la necesidad de proporcionar a los jóvenes una sólida formación general en aspectos científicos y técnicos con aplicación en diversos sistemas, funciones, procedimientos y procesos productivos compartidos por las distintas ramas de la industria. De igual forma que en el eje anterior, el contar con equipos que les permitan aplicar dichos procesos, se logrará abarcar este eje.
- c) Escuela-Planta Productiva. En este caso requiere que el estudiante aprenda directamente en la planta productiva a través de visitas industriales en donde se familiarice con las instalaciones, actividades y ambiente laboral, y las estadías, en las cuales los estudiantes de alguna manera ya inician de manera más formal con el uso de equipos para la aplicación de los procesos.

Por lo anteriormente expuesto se puede decir que para la impartición de la carrera se requiere de laboratorios equipados con máquinas que permitan llevar a cabo estas acciones y así poder lograr un aprendizaje significativo.

Aunado a esto es importante que también el docente se involucre en el desarrollo de proyectos que faciliten la simulación y experimentación con equipos que sean diseñados y fabricados por ellos mismos en colaboración con los alumnos para fomentar la creatividad en las instituciones y asimismo se pueda contar con equipo para lograr el 70% de practica que indica el modelo.

Particularmente para la formación de estudiantes en la carrera de Procesos Industriales, el perfil de egreso (CGUT, 2009), establece que el egresado debe “*estar capacitado para realizar funciones de diseño, manufactura, organización, control de recursos humanos, materiales, económicos, energéticos, informáticos entre otros*”.

En lo que respecta a la función de manufactura, el programa de estudios contempla las asignaturas de procesos de manufactura I y II, metrología y propiedades de los materiales, entre otras, que para su desarrollo requieren del uso de equipos didácticos o industriales para la realización de prácticas.

En adición a la anterior es importante como señala Lara (2009), que los conocimientos y habilidades de los estudiantes sean pertinentes a las necesidades del sector productivo incluso considerando las diferencias geográficas, por lo que los equipos con los que los estudiantes realicen las prácticas deberán permitirles alcanzar dicha situación.

Ahora bien, en la zona de influencia de las UT's que conforman la “*Red de diseño Mecánico para la calidad en la Educación y los Procesos Productivos*”, se realizó un muestreo para identificar los procesos que comúnmente se encuentran en las empresas en las que los estudiantes realizan estadía y/o tienen un vínculo con las Universidades en comento. Así que los resultados se indican en la figura 1.



Figura 1 Procesos de manufactura en las empresas donde realizan estadía los estudiantes.

En la figura 1 se observa que en las empresas predominan los procesos del moldeo plástico y el prensado, en un 72%.

Como complemento a lo anterior se identificó el estado de los equipo para procesos de manufactura en los laboratorios en cada las UT's de la carrera de Procesos Industriales, asimismo se realizó una entrevista a los Directores de carrera, obteniendo los siguientes factores que o favorecen o limitan el desarrollo de habilidades de los estudiantes en el área de manufactura (ver tabla 1)

<p>Debilidades</p> <ul style="list-style-type: none"> -Se tiene equipo obsoleto. -Algunas máquinas no funcionan. -Equipo de manufactura es insuficiente. 	<p>Fortalezas</p> <ul style="list-style-type: none"> -Equipos de trabajo multidisciplinarios. -Estudiantes con disposición de aprender y cooperar en el desarrollo de prototipos. -Docentes con experiencia en el sector productivo. -CA que cultivan líneas de gestión de procesos y de calidad educativa.
<p>Oportunidades</p> <ul style="list-style-type: none"> -Obtener recursos para equipamiento o desarrollo de tecnología. -Colaboración para desarrollar proyectos. 	<p>Amenazas</p> <ul style="list-style-type: none"> -Limitación en el logro de las habilidades de manufactura en los estudiantes. -Equipos de procedencia extranjera

Tabla 1 Requerimientos técnicos del prototipo didáctico inyectora/extrusora de plástico.

De acuerdo a lo indicado en la tabla 1, los equipos con que se cuentan son pocos y son de procedencia extranjera, lo que genera gran dificultad en conseguir repuestos, materiales de consumo, reparaciones y mantenimiento.

Otra situación es que los equipos existentes no están en óptimas condiciones debido a que son máquinas profesionales que no están protegidas ni adaptadas para resistir los rigores del aprendizaje y, como consecuencia lógica tenemos poco equipo en los laboratorios aptos para la labor docente.

Lo anterior limita el logro del 70% práctica ya que los laboratorios no están a los 100% habilitados con maquinaria y/o equipos semejantes a aquellos con los que interactuará el alumno en la industria.

De aquí surge la necesidad de que en la carrera de Procesos Industriales se disponga de equipos didácticos con condiciones adecuadas, que faciliten la realización de prácticas en el área de procesos de manufactura y que favorezcan las habilidades de los estudiantes en los procesos que predominan en las empresas en las que comúnmente realizan estadía.

Por lo anterior la “Red de diseño mecánico para la calidad en la educación y los procesos productivos”, se planteó como objetivo diseñar equipos didácticos para los procesos de manufactura, particularmente para el proceso de inyección y prensado, que permitan a los estudiantes realizar prácticas en procesos que comúnmente se encuentran en la industria (ver figura 1).

Este proyecto apoyara en el cumplimiento del modelo de aprendizaje basado en competencias, ya que los estudiantes no sólo podrán hacer diagnósticos de las condiciones de operación de los procesos, sino que podrán operar los equipos de forma segura al controlar los indicadores del proceso y producto a través de métodos y técnicas estadísticas, para satisfacer los requerimientos del cliente y asegurar la calidad.

También al preparar herramientas, maquinaria, equipo periférico y materia prima, para cumplir con los estándares de tiempo de montaje de herramental.

Por otra parte el diseño de estos equipos y sus prototipos permitirá reducir los costos de operación debido a que las máquinas comerciales que podrían adquirir las UT son industriales y los costos del set up son elevados en comparación con el de los prototipos didácticos.

Finalmente este proyecto es viable debido a que se dispone de un equipo de trabajo integrado multidisciplinario con los CA de la carrera de Procesos Industriales Área Manufactura de la UT Norte de Tamaulipas, de la UT Altamira y de la UT Nezahualcóyotl, quienes con sus diversas habilidades participaran en las diferentes etapas del desarrollo del proyecto. Asimismo se dispone de recursos que se obtuvieron a través del Prodep, para la elaboración de los prototipos de los citados equipos didácticos.

Revisión de la literatura

Lieu y Sorby (2011) señalan que “El diseño es una actividad dedicada a la resolución de problemas orientada a objetivos, que suele requerir muchas iteraciones, que los equipos rara vez obtienen el diseño óptimo la primera vez”.

Diseñar requiere principalmente consideraciones funcionales, estéticas y simbólicas.

El proceso necesita numerosas fases como: observación, investigación, análisis, testado, ajustes, modelados (físicos o virtuales mediante programas de diseño informáticos en dos o tres dimensiones), adaptaciones previas a la producción definitiva del objeto industrial, construcción de obras ingeniería en espacios exteriores o interiores arquitectura, diseño de interiores, o elementos visuales de comunicación a difundir, transmitir e imprimir sean: diseño gráfico o comunicación visual, diseño de información, tipografía. Además abarca varias disciplinas y oficios conexos, dependiendo del objeto a diseñar y de la participación en el proceso de una o varias personas. Por lo cual se tiene que definir hacia donde está orientado el diseño que en este caso se enfoca al diseño de una prensa hidráulica dirigida al ámbito de la ingeniería (Mikell, 1997).

En procesos formales de diseño, los requerimientos se obtienen de la investigación de mercado, de la reacción del cliente, a través de grupos focalizados y a través de las pruebas de usabilidad.

La secuencia del diseño lleva un cauce por el cual se va ir trabajando por etapas para ir integrando una a una hasta generar terminar un diseño concreto o la pieza deseada.

En ingeniería el diseño mecánico es el proceso de dar forma, dimensiones, materiales, tecnología de fabricación y funcionamiento de una máquina para que cumpla unas determinadas funciones o necesidades.

De acuerdo con Lieu y Sorby (2011), no hay un consenso entre los diversos autores del área de diseño, respecto a las etapas que se deberían cubrir para el diseño de un producto, en el caso de La Universidad Politécnica de Madrid en su obra *Conceptos básicos de diseño mecánico: Especificación de dimensiones y tolerancias*, expone como las etapas del diseño las siguientes:

- a) Conceptualización (ideas).
- b) Síntesis (agrupación de elementos).
- c) Análisis (elementos finitos).
- d) Evaluación (costos).
- e) Representación (planos).

También menciona que las etapas para crear un producto son:

- a) Identificación de una necesidad (mercado)
- b) Diseño
- c) Fabricación, Montaje y Control (Producción)
- d) Distribución y Comercialización
- e) Utilización

Ahora bien, el diseño involucra el concepto de Ingeniería de producto que se refiere al proceso de diseño y desarrollo de un equipo, sistema o aparato de forma tal que se obtiene un elemento apto para su comercialización mediante algún proceso de fabricación. La ingeniería de producto incluye el diseño, desarrollo, selección de materiales, y transición desde la etapa de prototipo hasta la fabricación del producto.

El término incluye desarrollar el concepto del producto, el diseño y el desarrollo de sus componentes y partes mecánicas, electrónicas y de software.

Guevara, Falcón, Sandoval, & Medel, en el 2009, indicaron que para que el desarrollo de equipos didácticos cumpla con su función es necesario vincularlo con la realidad, pues facilita el aprendizaje y lo torna más auténtico, rico y significativo. El proceso de aprendizaje probado requiere cierto contacto, de un periodo de tiempo prolongado a fin de hacer posible la aprehensión real y significativa de un hecho de estudio; con esta idea deben diseñarse los equipos didácticos.

Todo aprendizaje supone una construcción que se realiza a través de un proceso mental, y finaliza con la adquisición de un conocimiento nuevo (Sánchez Soler, et al citados en Guevara, Falcón, Sandoval, & Medel 2003). Siguiendo este concepto en el diseño de los equipos didácticos tiene que tomarse en cuenta el porcentaje en que se aprende:

- 10% de lo que se lee
- 20% de lo que se oye
- 30% de lo que se ve
- 50% de lo que se ve y oye
- 70% de lo que se dice mientras se habla
- 90% de lo que se dice mientras se hace

Por lo tanto, la memorización de la información que se almacena puede ser útil para aprobar un examen, sin embargo; impide la correcta integración que permite la aplicación del conocimiento en modo práctico, en la continuidad de la propia formación y en los contextos de vida —verdadera razón del estudio.

Es aquí donde se aprecia la importancia de los equipos didácticos industriales, que deben cumplir tres características principales: seguros, estimulantes y rápidos. De acuerdo con Guevara, Falcón, Sandoval, & Medel (2009), algunas de sus ventajas son:

- El alumno debe reducir los riesgos en conexiones erróneas
- El alumno realiza las prácticas en tiempos más cortos
- El instructor simula fallas que pueden presentarse en situaciones reales
- El equipo tiene la flexibilidad para que el instructor implemente prácticas adicionales a las ya establecidas.
- Facilita la evaluación del instructor
- Fomenta el trabajo en equipo

Según Cañal (2005) y Carbonello (2002), citados por Guevara, Falcón, Sandoval, & Medel (2009), la importancia del uso de equipos didácticos se basa en la teoría del constructivismo, que afirma que todo aprendizaje supone una construcción que se hace a través de un proceso mental, y finaliza con la adquisición de un conocimiento nuevo.

Pero, en este proceso no es solo el nuevo conocimiento lo que se ha adquirido, sino, y sobre todo, la posibilidad de construirlo. Es decir, el aprendizaje consiste, según el modelo educativo referido, en cambios en las estructuras mentales del estudiante originados por las operaciones mentales que realiza. A través de estos equipos se construye un ambiente similar al laboral, en donde el egresado se enfrentará a problemas reales y propondrá soluciones reales por medio de los materiales didácticos.

En lo referente a la capacitación industrial, los equipos didácticos industriales son el medio físico mediante el cual se entrena a los futuros profesionales para desarrollar habilidades y destrezas; por ello, la Dirección General de Centros de Formación para el Trabajo (DGCFT), persiste permanentemente en fomentar en el personal docente un espíritu creativo que lo impulse a diseñar y desarrollar apoyos educativos. En este sentido, es de primordial importancia el empleo de prototipos didácticos que faciliten el aprendizaje y la actividad docente.

Hay empresas dedicadas al diseño y fabricación de equipos didácticos industriales —para capacitación de personal técnico— aptos para emular procesos industriales ya que cuentan con diseño atractivo, programación de prácticas establecidas y objetivos claros, como Energy Concepts Inc., Edutelsa, Festo, De Lorenzo, SMC. Las ventajas son: capacitación amena y rápida, mayor seguridad, planeación de prácticas, y soporte técnico definido. Entre sus desventajas: costo inicial muy alto, capacitación para el instructor y dependencia de una empresa.

En el diseño de los prototipos de máquinas se contempla una inyectora/extrusora y prensa para los procesos de manufactura, por lo que se menciona lo referente a estos:

Una máquina de moldeo por inyección consiste en dos componentes principales:

Una unidad de inyección del plástico y una unidad de sujeción del molde.

La unidad de inyección es un sistema formado por un cilindro conectado, en uno de sus extremos, a una tolva de alimentación que contiene el material plástico en forma de gránulos. Sus funciones son fundir y homogenizar el polímero, e inyectar el polímero fundido en la cavidad del molde. Hay máquinas que usan un émbolo simple dentro del cilindro, y otras, un tornillo reciprocante, siendo el uso de estas últimas, el más extendido en las plantas de moldeo.

La unidad de sujeción consiste en dos placas, una fija y otra móvil, y un mecanismo para accionar la placa móvil; tiene las funciones de:

- Mantener las dos mitades del molde alineadas correctamente entre sí
- Mantener cerrado el molde durante la inyección aplicando una fuerza de sujeción suficiente para resistir la fuerza de inyección
- Abrir y cerrar el molde en los momentos apropiados dentro del ciclo de moldeo.

En el caso de las prensas, conocidas desde la antigüedad, son empleadas prácticamente en todas las industrias, utilizadas para actuar en distintos materiales, en frío o en caliente, en cualquier operación que requiera una fuerte presión: embalar, exprimir, forjar, estampar, embutir, laminar, estirar. Para llegar al estado actual de la tecnología del prensado ha sido necesario aplicar, combinar y desarrollar técnicas muy diversas, fundamentos teóricos muy distantes y aportaciones individuales muy numerosas. Por eso es muy difícil sintetizar en un breve artículo un proceso evolutivo tan amplio y complejo.

Las llamadas troqueladoras son prensas accionadas tanto mecánicas como hidráulicamente, con construcción horizontal y vertical, que ejecutan el movimiento y transmiten la fuerza a la base superior del troquel para que este, con ayuda de la presión, penetre la matriz, la cual está sujeta a la mesa de la máquina, y a su vez transforme la lámina.

La máquina apropiada para cada proceso debe elegirse de acuerdo a la necesidad de impacto (fuerza en toneladas), a las dimensiones del material y el número de piezas a producir. Las troqueladoras hoy en día tienen capacidades de presión superior a las 2,000 Toneladas. Las de gran potencia son utilizadas, sobre todo, para embuticiones profundas y fabricar piezas de gran tamaño, como capós de automóviles y puertas para estufas y neveras.

Metodología

El proyecto se inició a partir de que el equipo de trabajo conformado por los integrantes de los CA *Gestorador de Procesos de Calidad, Gestión de la Educación y la Producción y Metalmecánica* de la UT Tamaulipas Norte, UT Nezahualcóyotl y UT de Altamira respectivamente; identificaron la necesidad de diseñar una inyectora /extrusora de plástico y una prensa para corte doblado y embutido. Así para el diseño de los equipos didácticos “Inyectora / extrusora” y “Prensa” se realizaron las fases indicadas en la figura 2.

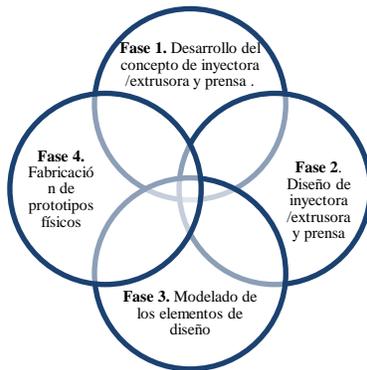


Figura 2 Fases para diseño de los prototipos didácticos.

Fase 1. Desarrollo del concepto de la inyectora extrusora y prensa. De acuerdo con lo indicado en la figura 2, el equipo inició con la revisión del principio de funcionalidad de las citadas máquinas, que comúnmente se encuentran en las industrias, se buscó como refiere Guevara, Falcón, Sandoval, & Medel (2009), incorporar sus características en el diseño de los equipos, con el fin de propiciar un aprendizaje más auténtico, rico y significativo.

Asimismo de acuerdo con lo establecido en el requisito 7.3.2 de la norma ISO 9001 y con base en los Programas de Estudio de la carrera de Procesos Industriales (CGUT, 2009), se identificaron los requisitos de los equipos didácticos que permitieron el desarrollo de las habilidades de los estudiantes en el área de procesos de manufactura.

Fase 2. Diseño de la inyectora extrusora y prensa. En esta fase, se realizaron los cálculos que permitieron el diseño o su caracterización. Para ello el equipo de trabajo realizó el diseño de los prototipos didácticos, con el liderazgo y experiencia de los ingenieros mecánicos, integrantes de los Cuerpos Académicos, utilizando software informático.

Fase 3. Modelado de los elementos de diseño de la inyectora extrusora y prensa. Se procedió a modelar los elementos del diseño a realizar, mediante el uso de software, con el propósito de verificar su pertinencia a partir del ensamble de los componentes.

inyectora extrusora y prensa. Se verificó la disponibilidad de los materiales de acuerdo con lo que indicaban los diseños, también se seleccionó un taller para la producción. Asimismo en las diferentes fases de fabricación de los componentes y en el ensamble, se incorporaron estudiantes de las carreras de Procesos Industriales en área Plásticos y Manufactura. Finalmente se realizaron las pruebas de funcionalidad.

Resultados

Fase 1. Desarrollo del concepto de la inyectora extrusora y prensa.

Una vez que se revisó el Programa de Estudios de Procesos Industriales (CGUT, 2009), el principio de funcionalidad de máquinas existentes en el mercado y de las características que se requieren para propiciar un aprendizaje significativo, se identificaron los siguientes requisitos que debían cubrir la inyectora/extrusora de plástico y la prensa (ver figura 3).



Figura 3 Necesidades a cubrir con inyectora /extrusora de plástico y prensa.

Para la inyectora/ extrusora, la idea inicial fue una máquina didáctica, que permitiera la réplica del proceso de moldeo de termoplásticos por inyección/extrusión. Así que a partir de una lluvia de ideas de los ingenieros mecánicos, integrantes del equipo, así como de un video en el que se usa una máquina de moldeo para la producción de arandelas de plásticos (Heubers, 2012), se logró obtener el concepto inicial.

Para la prensa universal, se buscó que fuera de fabricación sencilla, de material, partes y componentes comerciales y estandarizados. Los resultados funcionales de los equipos, se esquematizaron (ver tablas 2 y 3) como sugiere Lieu & Sorby (2011).

Requerimiento	Solución
Unidad de inyección	Cilindro con pistón accionado por mecanismo biela-manivela-corredera.
Unidad de sujeción del molde	Incluir tornillo y tuerca
Método de alimentación	Por gravedad, mediante tolva cónica.
Portabilidad	Base principal que sostendrá el prototipo completo.
Molde	Diseñado a capacidad de máquina
Material de diseño para las partes que tendrán contacto con la resina	Acero inoxidable por su resistencia y características. (tolva, cilindro, pistón, nariz, molde)
Material de diseño para partes que no tendrán contacto con la resina	Acero al carbón estructural, por su resistencia, su dureza, sus propiedades, ser económico, fácil de conseguir y de maquinar (base, mecanismo biela-manivela, tornillo)

Tabla 2 Requerimientos técnicos del prototipo didáctico inyectora/extrusora de plástico

Requerimiento	Solución
Reproducción del esfuerzo de presión y de corte	Mediciones efectivas
Producción sencilla de componentes	Selección de número de componentes Poca complejidad de componentes Piezas estandarizadas y compradas
Ensamble sencillo	Modelado por computadora
Fácil manejo	Incluir intercambio de herramienta
Medición normalizada, segura y confiable	Accesible a calibración Instrumentos de medición estandarizados
Fácil lectura de medición Fácil mantenimiento	Instrumentos a la vista del operados

Tabla 3 Requerimientos técnicos del prototipo didáctico prensa

Fase 2. Diseño de inyectora /extrusora y prensa

Para el diseño se consideraron los componentes mínimos para lograr la función, la selección de materiales (De Garmo, 2002), el costo y los requerimientos técnicos indicados en las tablas 2 y 3. Así se hizo el diseño del prototipo en Auto CAD.

Diseño inyectora/extrusora

En la figura 4, se muestra el ensamble del prototipo didáctico de la inyectora/extrusora para plástico en vista frontal, a escala real con sus componentes.

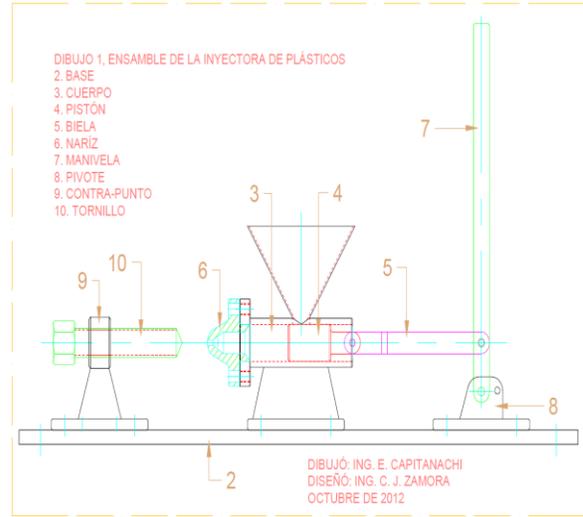


Figura 4 Dibujo del ensamble de la maquina inyectora/extrusora

Por cada uno de los componentes se realizaron los planos. A manera de ejemplo, la figura 5 indica el plano de la base.

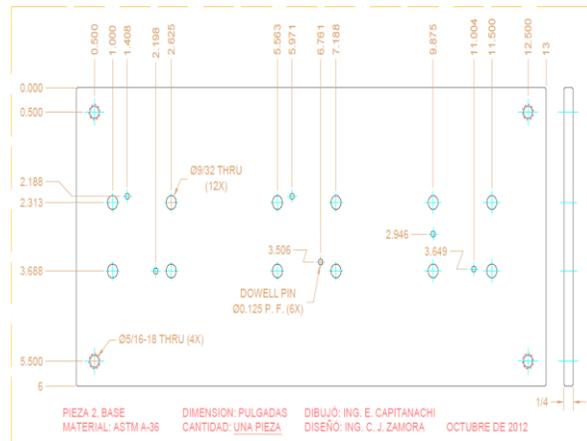


Figura 5 Dibujo de la base del prototipo didáctico inyectora /extrusora

La figura 5, indica la base de la inyectora /extrusora, que es una placa rectangular de 13.5 por 6 pulgadas, con barrenos que permitirán el ajuste de los demás componentes con la base por medio de tornillo de máquina y una alineación de las piezas por medio de los dowell pin.

Los demás componentes de la inyectora/extrusora se indican a continuación:

- *Cuerpo de la máquina.* Constituido por el cilindro, la tolva y la base. Para el cilindro se consideró que estará expuesto a altas temperaturas y a presión. Mientras que la tolva tiene un diseño de cono truncado para facilitar la caída por gravedad de los gránulos y evitar el acumulamiento en las paredes. Por último el diseño de la base es un soporte vertical, con la función de sostener el conjunto cilindro y tolva. Debido a la fuerza de empuje de inyección y su reacción que recibirá el cuerpo, al diseño se le agregó un soporte lateral para evitar posibles deformaciones que pudieran ocurrir con la fuerza de empuje. Por lo anterior se eligió el material SS-304 y ASTM A-36.
- *El mecanismo corredera-biela-manivela.* Estará sostenido por un pivote. El diseño del pistón es sencillo con dos placas de espesor de $\frac{1}{4}$ de pulgada en forma vertical y una perpendicular a las dos placas. Contiene en la base del soporte 6 barrenos para los tornillos de máquina que lleva para su sujeción en la base y para el dowell pin montado a prensa, para alinear las piezas en la base.
- En las placas verticales se tienen 2 barrenos para el dowell pin montado a la prensa, el cual tendrá la función de no permitir que la manivela se desplace hasta cierto ángulo.
- *Nariz.* Se diseñó con brida de montaje, en su interior tiene una forma de cono truncado para obstruir por reducción el flujo de material hacia el molde
- *Unidad de sujeción.* Es un tornillo estándar con un extremo en punta cónica para el alineamiento con el molde, y por el otro extremo en forma hexagonal como apoyo para apretar y desmontar el molde durante los ciclos de inyección. El tornillo estará soportado por un contrapunto con una tuerca estándar unida por medio de soldadura.

Diseño del prototipo didáctico de la prensa

Se buscó diseñar una prensa universal que permitiera medir el esfuerzo de compresión y el esfuerzo cortante con una medición estandarizada, segura, confiable y de fácil lectura. El Ensamble final de la Prensa (ver figura 6), en donde la fuerza se desarrolla a través de un tornillo (volante) y se multiplica por un mecanismo Toggle, la medición de la fuerza desarrollada se mide a través del principio científico de Pascal.

Gestionador de Procesos de Calidad

Los componentes de la prensa se indican en a continuación:

Mecanismo de Toggle o de cuatro barras

- PIEZA N° 1: Eslabón del Toggle. La función es mantener la posición del empuje de la aplicación de la fuerza de deformación. Se utilizara Solera A-36 de ½ x ½ pulgada.
- PIEZA N° 2: Eslabón del Toggle. El Pivote del Toggle permite el movimiento en trayectoria de arco del eslabón 3 del Toggle. Estará fabricada en material ASTM A-36
- PIEZA N° 3: Eslabón número 3 del Toggle. Es una biela que permite articular el movimiento corto del Toggle. Se usará material ASTM A-36
- PIEZA N° 4: Empujador del Toggle. Es el eslabón mecánico entre el tornillo y el mecanismo del Toggle que transmite el movimiento del tornillo al mismo Toggle. Se fabricará con solera ASTM A-36 de ¼ x 2 pulgadas.

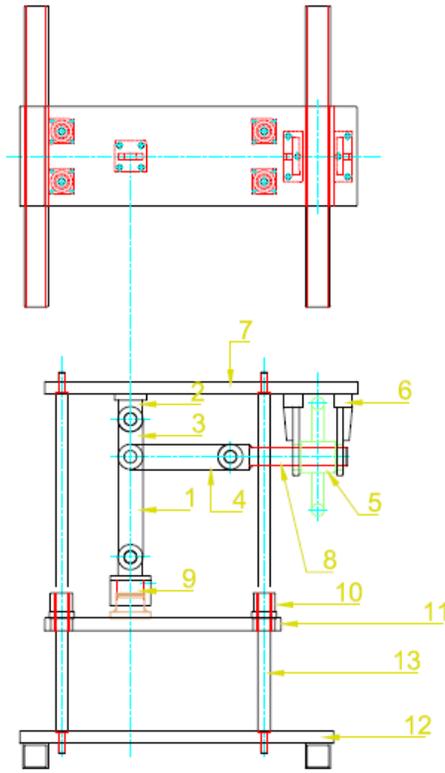


Figura 6 Dibujo de armado de la Prensa y las partes que la componen.

Por cada uno de los componentes se realizaron los planos. A manera de ejemplo, la figura 7 indica el plano del Eslabón del Toggle, para el cual se eligió la solera A-36 de ½ x 2 pulgadas.

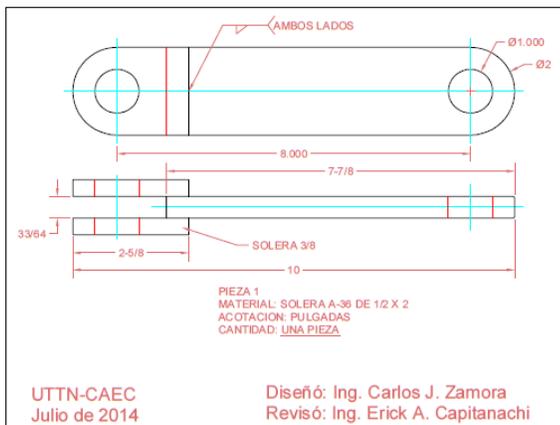


Figura 7 Plano del eslabón Toggle

Sistema de desarrollo de fuerza

- PIEZA N° 5: Volante. Es el actuador de la tuerca para el movimiento de empuje del tornillo, provocando el movimiento del mecanismo Toggle y el desarrollo de la fuerza. Se usara material SAE 1020
- PIEZA N° 6: Soporte de la tuerca-volante. Permite el movimiento de giro del volante y mantiene el tornillo en su eje longitudinal. Se fabrica con ASTM A-36

- PIEZA N° 8: Tornillo. La función del tornillo es desarrollar la fuerza de empuje y el movimiento lineal que se produce a través del giro del volante de la pieza 5 sobre la rosca del tornillo. Se usa SAE 1020

Soportes Extremos

- PIEZA N° 7: Soporte superior de la estructura principal de la Prensa. Su función es alinear y sostener en la parte superior las columnas del deslizamiento del empujador. Se fabrica con ASTM A-36
- PIEZA N° 12: Soporte inferior extremo. Sirve de base a la prensa y es el extremo inferior de alojamiento y alineación de las columnas de deslizamiento vertical. Se fabrica con material A-36

Sistema de medición de fuerzas (Principio de Pascal)

- PIEZA N° 9: Cilindro hidráulico, anclaje y pivote. El pistón transmite la fuerza de deformación hacia el empujador y utilizar el principio de Pascal para la medición de la fuerza, es decir es la parte que transmitirá la fuerza de la prueba mecánica al manómetro. En tanto el pivote permite el movimiento del eslabón largo del Toggle y complementa el principio de Pascal. Se fabrica con material SAE-1020

Guías de deslizamiento dinámico

- PIEZA N° 10: Guías de deslizamiento lineal. Estas guías se deslizan en movimiento vertical lineal y permiten al empujador deslizarse verticalmente. Se fabrica con material SA 1020 con ASTM A-36.

Empujador

- El empujador transmite la fuerza del toggle a la herramienta de deformación de la prueba mecánica que se esté efectuando. Es de material ASTM A-36.

Columnas guías de deslizamiento Estático

- Pieza No. 11. Las columnas son elementos que sirven para guía estática del deslizamiento vertical del empujador. Se fabrican con SAE- 1020

Fase 4. Modelado de los elementos de diseño de la inyectora extrusora y prensa

Se realizó por medio del software de modelado mecánico SolidWorks, con base a la definición de los requerimientos del diseño y los criterios de selección. Las figuras 8 y 9 indican la vista explosiva y el modelo de la inyectora/extrusora. En tanto la figura 10 muestra el modelo de la prensa

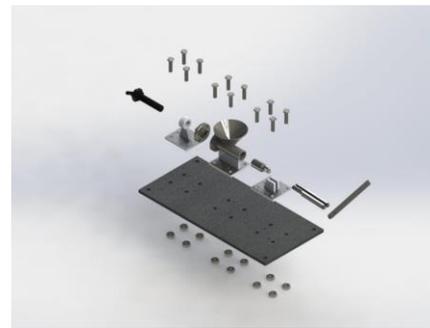


Figura 8 Vista explosionada con SolidWorks ®.



Figura 9 Representación del modelo en SolidWorks



Figura 10 Dibujo en SolidWorks de la prensa

Fase 5. Fabricación de prototipos físicos

Inyectora/extrusora

La fabricación de los componentes de la máquina y su ensamblado, fueron efectuados por alumnos de nivel TSU de la especialidad de plásticos en la carrera de Procesos Industriales, en un taller externo (figura 11).



Figura 11 Fabricación de piezas con apoyo estudiantil.

Una vez que se fabricaron los componentes se procedió al ensamblado (ver figura 12).



Figura 12 Ensamble de la inyectora/extrusora

Prensa

En esta etapa se desarrolla la construcción del prototipo basándose en los planos del diseño. Se inicia por darle forma a cada una de las piezas que integraran la prensa dobladora. Los componentes de la prensa se fabricaron en los materiales indicados en los diseños, quedando los componentes como se indican en la figura 13.



Figura 13 Dibujo en SolidWorks de componentes de la prensa

Una vez que se fabricaron los componentes de la prensa, se ensamblaron con el apoyo de estudiantes, quedando el prototipo como se indica en la figura 14



Figura 14 Prototipo didáctico prensa

Durante la elaboración de los prototipos físicos se realizaron pruebas y ajuste para asegurar su funcionalidad así como para verificar el cumplimiento de las necesidades identificadas en la fase 1. Cabe destacar que como resultado de este proyecto se cuenta físicamente con los dos equipos didácticos, contribuyendo con esto a la generación de tecnología propia aplicable a los procesos de enseñanza - aprendizaje, a través de un trabajo colegiado colaborativo.

Por otra parte cada uno de los prototipos didácticos cumplen con los requerimientos de diseño y funcionalidad como. Asimismo fueron construidos en forma modular para poder sustituir cualquier componente que se resulte dañado a raíz de la manipulación, desgaste o fatiga. Además de que fueron construidos con materiales comerciales (de fácil adquisición).

Conclusión

Como resultado se obtuvo el diseño y fabricación de los prototipos de las máquinas inyectora/extrusora y prensa, lo cual traerá como beneficio lo siguiente:

- Apoyar en el cumplimiento del modelo de aprendizaje basado en competencias, además de contribuir al 70% de teoría que señala el modelo de las UT's.
- Los estudiantes podrán hacer diagnósticos de las condiciones de operación de los procesos, además de operar los equipos de forma segura.
- Por otra parte el diseño de estos equipos y sus prototipos permitirá reducir los costos de fabricación.

Al involucrar en el equipo de trabajo del Cuerpo Académico a los estudiantes en formación, se logra darle a éstos un gran impulso en su educación y una visión diferente y más amplia sobre todo lo que puede ser capaz de construirse a través del conocimiento y su aplicación.

Referencias

- CGUT. (2009). *Planes y programas de estudio de Procesos Industriales área manufactura*. México: CGUT.
- CGUT (2006). *Universidades Tecnológicas. Impulsando el desarrollo de México*. México: SEP
- De Garmo, E. P., Black, J. T., & Kohser, R. A. (2002). *Materiales y procesos de fabricación. Vol. I*. Sevilla, España: Reverté S. A.
- Félez, J. (2010). *Open Course Ware*. Recuperado el 21 de Enero de 2015, de Universidad Politécnica de Madrid: <http://ocw.upm.es/ingenieria-mecanica/especificacion-de-dimensiones-y-tolerancias-gd-t/01-diseno/0101-diseno.pdf>
- Groover, M. P. (1997). *Fundamentos de manufactura moderna: materiales, procesos y sistemas* (Primera edición ed.). (P. Educación, Ed., & M. Á. Carlos M. de la Peña Gómez, Trad.) México: Pearson Prentice-Hall.
- Guevara, L., Falcón, L., Sandoval, G., & Medel, J. (2009). *Equipos didácticos industriales en el modelo educativo de los Cecati 48*. Revista. Recuperado el 21 de Enero de 2015 en: http://www.desarrolloweb.ipn.mx/sites/inovacion/Revistas/Documents/Revistas%202009/Revista%2048/6Equipos_didacticos_industriales_en_el_modelo_educativo_de_los_Cecati48.pdf
- Heubers, D. (2012). *How to produce Plastic washers*. Polsbroek, Utrecht, Holanda. Obtenido de www.youtube.com/user/heubers48
- IMNC (2008). *NMX- CC ISO 9001. Requisitos del Sistema de Calidad*. México: IMNC.
- Kalpakjian S., & Schmid, S. R. (2008). *Manufactura, ingeniería y tecnología*. México: Prentice Hall.
- Lara, G. M. (2009). *ANUT Asociación Nacional de Universidades Tecnológicas A. C.* Recuperado el 21 de Junio de 2012, de http://www.anut.org.mx/pdf/BOLETIN_ANUT.pdf
- Lieu, D. K., & Sorby, S. (2011). *Dibujo para diseño de ingeniería*. México: Cengage Learning Editores.
- Mikell P. (1997). *Fundamentos de manufactura moderna*. España: Pearson Educación.

Determinación de Factores Críticos de Éxito para la Implementación de Justo a Tiempo: Análisis Factorial

RIVERA-Denisse†, RIVERA-Lizeth, HOLTZHEIMER-Ángeles & CHAVEZ-Lorena

Recibido 9 de Abril, 2015; Aceptado 3 de Junio, 2015

Resumen

Justo a tiempo (JIT), es uno de los temas más investigados en el área de gestión de operaciones, debido a su éxito en las empresas maquiladoras y es un tema de permanente actualidad que ha venido a desarrollarse con gran intensidad, diversos beneficios han sido reportados, por ejemplo reducción de inventarios, mejora en las eficiencias de las operaciones y una respuesta mas rápida al cliente, por lo tanto, el éxito de implementación de JIT es vital para muchas empresas: sin embargo, frecuentemente se implementa sin obtener los resultados esperados. En este artículo se presentan los resultados de una encuesta aplicada a responsables de ejecutar esta metodología en empresas, el cuestionario se validó mediante el índice alfa de Cronbach y se aplicó un análisis factorial por el método de componentes principales a 56 preguntas y se obtuvieron los principales factores claves de éxito realizando una rotación varimax.

JIT, Factores Críticos de Éxito, Análisis Factorial

Abstract

Just in time (JIT), is one of the most investigated topics in the area of operations management, because of its success in companies and is a matter of enduring today has come to develop with great intensity, various benefits have been it reported , for example: inventory reduction , improved efficiencies of operations and a more rapid customer response , therefore , the successful implementation of JIT is vital for many companies ; however , often implemented without obtaining the results expected. In this article are presented the results of a survey responsible for implementing this methodology in companies, the questionnaire was validated using Cronbach 's alpha and a factorial analysis by the principal component method was applied to 56 questions and the main key success factors making a varimax rotation.

JIT, Critical Success Factors, Factor Analysis

Citación: RIVERA-Denisse, RIVERA-Lizeth, HOLTZHEIMER-Ángeles & CHAVEZ-Lorena. Determinación de Factores Críticos de Éxito para la Implementación de Justo a Tiempo: Análisis Factorial. Revista de Tecnología e Innovación 2015, 2-3:440-453

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

La globalización ha brindado un nuevo panorama para la industria manufacturera que se distingue por la competencia, frecuentes lanzamientos de productos y rápidos cambios en la demanda del producto (Koren, 2010). Para sobrevivir en este ambiente global competitivo, las empresas deben hacer cambios estratégicos en el sistema de manufactura consistentes con las exigencias de su entorno (Sandanayake et. al., 2008) y reconfigurar la cadena de suministro (Koren, 2010), proveer productos de alta calidad y reducir los tiempos de entrega.

Una forma de alcanzar una ventaja competitiva en las industrias manufactureras es aprovechar la excelente producción, sistemas de control de inventarios y asegurar la posición de liderazgo en costo (Matsui, 2007). Justo a Tiempo (JIT), Tecnologías Avanzadas de Manufactura y Gestión de Calidad Total, entre otras, son algunas de las herramientas que se deben utilizar como parte de los ajustes estratégicos del sistema de manufactura en respuesta a las exigencias medioambientales para mejorar la eficiencia y respuesta al cliente (Yasin et. al., 2003).

Aún hoy en día se pueden obtener importantes ventajas competitivas con la implementación exitosa de JIT, por lo que se puede decir que los elementos que contribuyeron a que JIT fuera un éxito siguen siendo válidos, e incluso podría ser declarado que en un contexto como el actual, en la que la velocidad y eficiencia son cruciales, JIT puede ser aún más importante y eficaz que en la década de 1970 y 1980 (Machuca, 2002).

Las definiciones de JIT se han desarrollado desde el sentido estricto de la producción justo a tiempo hasta llegar al concepto de una filosofía de gestión general para satisfacer a los clientes y obtener una ventaja competitiva en el mercado (Chang y Lee, 1996).

Para esclarecer de una mejor manera el significado de JIT, a continuación se enlista una serie de definiciones propuestas por distintos autores:

Ohno (1982), pionero de JIT, define JIT como tener la parte correcta, en el momento y cantidad adecuados.

Fullerton y McWatters (2002) proponen que JIT es una filosofía de manufactura que hace hincapié en la excelencia a través de la mejora continua de la productividad y la calidad en todas las fases del ciclo industrial.

Wakchaure et. al., (2006) define JIT como una filosofía de manufactura que tiene como objetivo minimizar materias primas, trabajo en proceso, y el inventario de producto terminado ayudando a exponer otras deficiencias más graves en el ciclo de producción.

JIT conduce a obtener una mayor calidad y productividad; además, proporciona resultados visibles en la mejora de responsabilidad y compromiso por parte de los empleados (Singh y Garg, 2011). Acorde con Mackelprang y Nair (2010) JIT ha mantenido su popularidad en la práctica y sigue siendo ampliamente utilizado en las empresas de todo el mundo.

Algunos investigadores sugieren que los resultados insatisfactorios de JIT están asociados con implementaciones ineficaces e incompletas (Clode, 1993; Milgrom y Roberts, 1995). White y Prybutok (2001) afirman que los beneficios no se harán.

El problema identificado en este estudio es que existe incertidumbre sobre cuáles son los factores críticos de éxito y las variables que componen estos factores para asegurar el éxito de la implementación de JIT en la industria del ramo manufacturero.

Dada la importancia de JIT entre los profesionales y en la investigación de la gestión de operaciones, aunado a la escasa literatura existente de estudios realizados en México, específicamente en Cd. Juárez, es lo que motiva a realizar la presente investigación, el objetivo de este estudio es construir y validar un modelo donde se integren los Factores Críticos de Éxito de JIT y los beneficios de la implementación, lo cual servirá de base para futuras investigaciones y ayudará a las empresas a realizar una mejor planeación del proceso de adopción de esta técnica y lograr sus beneficios.

En esta investigación se presenta la metodología empleada, los resultados obtenidos, las conclusiones y recomendaciones.

Factores Críticos de Éxito en la Implementación de JIT (FCE)

Romero et. al. (2009) definen los FCE como variables que se deben tomar en cuenta antes y durante la realización de un proyecto, ya que aportan información valiosa para alcanzar las metas y objetivos de la empresa y hace énfasis en la importancia de analizar y determinar aquellos factores que sean clave para el inicio y desarrollo de un proyecto; para lo cual se necesita una revisión exhaustiva de la literatura.

Un cúmulo de literatura ha surgido como parte de los esfuerzos de los investigadores académicos que han tratado de determinar los FCE para la exitosa implementación de JIT.

Desde una perspectiva metodológica, las investigaciones sobre JIT durante la década de 1980 carecían de medidas fiables y válidas (Walleigh, 1986; Voss, 1987; Wildeman, 1988; Willis; 1989). Estas limitaciones condujeron al desarrollo de métodos rigurosos para definir y medir los constructos centrales que subyacen a JIT (Nair y Mackelprang, 2010). En la tabla 1 se presentan las dimensiones propuestas por algunos investigadores.

AUTORES	DIMENSIONES
Golhar	yEliminación de desperdicio Participación de los trabajadores Participación de proveedores Control Total de Calidad
David. et. al.	Estructura operacional y control Programación de producción Implementación de calidad
Mehra	eCompromiso gerencial Estrategia de producción JIT Estrategia de proveedor Estrategia de educación JIT
Sakakibara et.	Gestión de recurso humano Simplificación del flujo físico Gestión de proveedores
Ramarapu et.	Control y mejora de la calidad Compromiso gerencial Participación de empleados Participación de proveedores Eliminación de desperdicio y

Tabla 1 Autores y Dimensiones sobre Implementación JIT

Posteriores investigadores han utilizado las dimensiones JIT identificadas por estos autores (Forza 1996; Sim y Curtola, 1999; Fullerton y McWatters, 2001; McWatters y Fullerton, 2002; Ahmad et. al., 2003; Fullerton et. al., 2003 Narasimhan et. al. 2006). Las dimensiones y elementos reportados por Ramarapu et. al. (1995) proporcionaron las bases para identificar las dimensiones y elementos JIT que se utilizaron como guía en esta investigación.

La tabla 2 muestra la concordancia existente entre los elementos relacionados al factor producción en la cual se relacionan 22 artículos que citan más de tres técnicas de una revisión de literatura del año 1992 al 2011.

Elemento	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	Total	
Reducción del Tiempo de Set	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	17
Distribución de la Planta	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	16
Carga de Trabajo Uniforme		•	•				•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	10
Kanban		•					•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	10
MRP adaptado a JIT							•						•										3
Cumplimiento del Programa de Producción		•																			•	•	3
Poka Yoke		•	•						•														3
5 s									•	•													2
Control Visual									•														1

Tabla 2 Elementos Ligados a Factor Practicas JIT.

La tabla 3 muestra la concordancia existente entre los elementos relacionados al factor participación de proveedores en la cual se relacionan 14 artículos de una revisión de literatura desde el año 1992 al 2011.

Elemento	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	Total
Entrega		•	•	•	•		•		•	•	•	•		•	10
Reducción del			•	•	•	•	•			•					6
Contratos a			•	•	•	•							•		5
Certificación de	•			•	•								•		4
Proximidad de				•	•									•	3

Tabla 3 Elementos Ligados al Factor Proveedores.

La tabla 4 muestra la concordancia existente entre los elementos relacionados al factor calidad en la cual se relacionan 14 artículos que citan más de tres técnicas de una revisión de literatura desde el año 1992 al 2008.

Elemento	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	Total
Círculos de	•	•		•	•	•	•	•	•	•			•	•	9
Mantenimiento	•	•				•	•	•	•	•			•	•	8
Gestión Total de				•				•	•					•	5
Control de					•		•						•		3

Tabla 4 Elementos Ligados al Factor Calidad

La tabla 5 muestra la concordancia existente entre los elementos relacionados al factor participación de fuerza productiva en la cual se relacionan doce artículos de una revisión de literatura desde el año 1992 al 2011.

Elemento	A	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	Total	
Empleados Multifuncionales		•	•		•		•	•			•	•	•	8
Entrenamiento		•		•	•						•	•	•	6
Participación de Trabajadores en		•	•							•				3
Toma de Decisiones Programa de													•	2
Recompensas													•	2
Reclutamiento y Selección													•	2

Tabla 5 Elementos Ligados al Factor Participación de Fuerza Productiva

La tabla 6 muestra la concordancia existente entre los elementos relacionados al factor compromiso gerencial en la cual se relacionan artículos de una revisión de literatura desde el año 1992 al 2011.

Practica JIT	a	b	c	d	e	f	g	h	Total
Presencia Gerencial en la planta.	•	•	•	•	•	•	•	•	6
Compromiso Alta dirección en la Ejecución de JIT.	•	•	•	•	•	•	•	•	5
Fomentar Trabajo en Equipo.		•					•		2
Coordinación interdepartamental.			•				•		2

Tabla 6 Elementos Ligados al Factor Compromiso Gerencial.

Medología

La metodología empleada en esta investigación ha implicado el diseño de un instrumento de recolección de datos así como la identificación de actividades que son importantes en el éxito de JIT. Asimismo se recolecto y analizo la información para llegar a una conclusión con base a los resultados encontrados; a continuación se describen las diferentes etapas como se ha trabajado.

Primera etapa. Identificación de las actividades y creación del instrumento

En esta etapa se focalizó en una revisión bibliográfica para identificar las investigaciones relacionadas con el problema y determinar las actividades que se deben realizar para garantizar el éxito de JIT, posteriormente se elaboró un cuestionario preliminar el cual se sometio a valoración de 3 profesores investigadores que tienen amplio conocimiento en el área de gestión de operaciones, un gerente de calidad y un gerente de producción de la industria maquiladora, los cuales determinaron la capacidad del cuestionario para evaluar todas las dimensiones que se pretenden medir.

A los expertos se les preguntó: (i) si se habían incluido los ítems correctos (ii) si las preguntas eran fáciles de comprender (iii) si se necesitaba incluir algún otro ítem. Los cambios necesarios se realizaron de acuerdo a los comentarios y sugerencias de los expertos. En la versión final del cuestionario se recolectaron básicamente tres tipos de información:

- Información que permitiera la evaluación del grado en que la planta utiliza las técnicas JIT.
- Información que pudiera evaluar los beneficios de JIT obtenidos en la planta.
- Características de la planta y de la persona que respondió el cuestionario.

El instrumento de medición incluye 47 ítems divididos en cinco dimensiones: compromiso gerencial, participación de la fuerza productiva, técnicas de producción y eliminación de desperdicio, participación de proveedores, gestión de calidad.

Además de ocho indicadores de desempeño: costo unitario de manufactura (Ahmad, 2003; White, 2001; Matsui, 2007); reducción de los niveles de inventario (White, 2001; Nair y Mackelprang, 2010); calidad de conformancia del producto (Hottenstein, 1995; Ahmad, 2003; Matsui, 2007; Nair y Mackelprang, 2010); tiempo de entrega (White, 2001; Ahmad, 2003; Matsui, 2007, Nair y Mackelprang, 2010); flexibilidad en la introducción de nuevos productos (Matsui, 2007) y eficiencia en la utilización de maquinaria y equipo (Fullerton y McWatters, 2001).

La consistencia del cuestionario se comprobó a través del coeficiente alfa de Cronbach. Se considera que existe una buena consistencia interna cuando el valor de alfa es superior a 0.7 (Nunnally, 1970). Se utilizó una escala Likert de cinco puntos como sistema de puntuación de los ítems de las actividades donde el 1 indica sin implementar y el 5 completamente implementada. Las actividades y beneficios se ilustran en la Tabla 7 con la abreviatura utilizada a lo largo del presente trabajo de investigación.

Abreviación	Actividad
DifDep	Coordinación y comunicación
SupFom	Fomento del trabajo en equipo
GerIng	Interacción constante de los
ComEj	Apoyo y compromiso por parte
OrgCul	Implementación de una cultura
SisAuto	Implementación de sistemas que
OpRes	Responsabilidad de los
MejHab	Mejorar la habilidad y
CapCruz	Capacitación de los empleados
RotEst	Rotación de los operadores entre
OpCon	Contratación de los operadores
CirCal	Formación de equipos de trabajo
ProgrRec	Recompensar a los trabajadores
OpResProb	Implementación de un Sistema de
OpResIns	Responsabilidad de los
OpAutDet	Los operadores tienen autoridad
DisSetUp	Se hace énfasis en disminuir los
OrgCelMan	Organización de la planta en
MaqPeq	Utilización de maquinaria

Abreviación	Actividad
SisKan	Utilización de un sistema kanban
RedNum	Implementación de medidas
DispPYK	Implementación de dispositivos
DisPro	Distribución cercana de procesos
JitMrp	Utilización tanto de JIT como
CumDiar	Cumplimiento diario del
Ballinea	Tomar medidas para reducir las
ProgProd	Nivelación de la producción.
DisMezSim	Dentro del programa de
ProdManFluj	El producto se manufactura en
ProEst	Estandarización de los procesos.
ProvIntSis	Integración de los proveedores a
EntrDiar	Se reciben entregas diariamente
ContrLarg	Contratos a largo plazo con sus
ProvCert	Certificación de proveedores
RedNum	Reducción del número de
SPC	Utilización de control estadístico
TQM	Implementación principios y
InCalOr	Orientar de iniciativas de calidad
TPM	<u>Implementación de un programa</u>
	<u>BENEFICIOS DE LA</u>
RedCost	Reducción de los costos de costos
RedNiv	Reducción de los niveles de
DisWip	Disminución de los niveles de
DisInv	Reducción en los niveles de
DisTiem	Reducción del tiempo de entrega
IncEfUt	Incremento de la eficiencia y
MejCal	Mejora de la calidad del
AumVel	Aumento en la velocidad de

Tabla 7 Actividades y sus Abreviaturas

Se realizó una búsqueda exhaustiva de caso de estudio y empíricos publicados entre 1992 y 2011 basada en los elementos reportados por Ramarapu et. al. (1995).

Segunda etapa. Aplicación de Cuestionario

Acorde con (Malhotra, 2004) se definió una muestra de cuatro veces el número de ítems, en este caso 47 dando como resultado 188 el tamaño de la muestra. Aunque existía una muestra definida en esta investigación, se buscó aplicar el máximo de encuestas posibles. En total se repartieron 300 cuestionarios.

El cuestionario se aplicó en una muestra en empresas pertenecientes al sector de la industria manufacturera en Ciudad Juárez, Chihuahua, México. Se utilizó un método de muestreo conveniente basado en contactos personales. Se aplicó el cuestionario a gerentes, ingenieros, técnicos y supervisores dentro de la organización que se consideró tenían el conocimiento suficiente de las operaciones para completar el cuestionario.

Tercera etapa. Aplicación de Cuestionario

Se capturó y analizó la información con el software SPSS 18. (Statistical Product and Service Solutions). Para la validación del cuestionario se usó el índice alfa de Cronbach antes de realizar un análisis.

Cuarta etapa. Análisis de la información

El análisis estadístico incluyó la correlación de los ítems y los factores críticos para reducir el número de variables y posteriormente un análisis factorial para su agrupación en constructos.

Quinta etapa. Análisis Factorial Exploratorio

En la fase de análisis factorial exploratorio se determinó que variables observables cargan en que variables latentes.

Para determinar la factibilidad del análisis factorial se correlacionaron las variables (Malhotra, 2004). Se aplicó la prueba de esfericidad de Barlett para verificar si el modelo factorial es el adecuado (Malhotra, 2004). Se obtuvo el índice de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) para comparar las magnitudes de los coeficientes de la correlación observada con las magnitudes de los coeficientes de correlación parcial. Estableciendo un valor mayor de 0.80 (Levy y Varela, 2004).

Se realizó un análisis factorial por el método de análisis de componentes principales para determinar el número mínimo de factores que expliquen la mayor varianza de los datos para su uso en el análisis multivariado subsiguiente.

Se utilizó el método de rotación varimax con el fin de reducir al mínimo el número de variables con cargas grandes en un factor, lo que mejoró la capacidad de interpretación de los factores.

Resultados

Todos los cuestionarios fueron sometidos a una etapa de crítica manual para determinar si habían sido completados en su totalidad o si fueron contestados de una manera correcta; se desecharon 41 cuestionarios por considerarse que no contenían información fiable. Quedando una muestra de 205 cuestionarios válidos, lo que representa el 68.33% del total de cuestionarios enviados.

Para determinar la fiabilidad del instrumento como medida de la consistencia interna se utilizó el coeficiente Alfa de Cronbach. Siguiendo las recomendaciones de autores como Cortina (1993), Kamata et. al. (2003); Levy y Varela (2003) y Streiner (2003) se calculó el coeficiente para cada dimensión. La evaluación del coeficiente alfa de cronbach para cada escala resultante se muestra en la tabla 8. Como se puede observar todas las escalas tiene un valor de α superior a .70 (Nunnally, 1978).

Dimensión		Alpha de Cronbach(α)
Factor Ligado Compromiso Gerencial		^a 0.871
Factor Ligado Participación de Fuerza Productiva		^a 0.847
Factor Ligado a Prácticas JIT		^a 0.913
Factor Ligado Estrategia de Proveedores		^a 0.794
Factor Ligado a Gestión de Calidad		^a 0.848
Factor Desempeño		0.893

Tabla 8

Análisis Factorial Exploratorio de las Actividades

En primero instancia se analizó la matriz de correlaciones y se observó que existen un número substancial de correlaciones superiores al 0.30 (Nunnally y Bernstein, 2005); la mayoría de ellas son muy significativas con una “p” igual o próxima a cero, lo que demuestra que es factible realizar el análisis factorial.

Para estimar la adecuación del modelo factorial a los datos, se analizó la matriz anti-imagen en la que la mayoría de los elementos no diagonales fueron pequeños y los elementos de la diagonal grandes. Además, el porcentaje de residuales absolutos mayores que .05 fue del 22% por lo que se considera que el modelo factorial.

Se obtuvo un valor del determinante de la matriz de correlaciones igual a 1.58E-011 lo que indica que las variables están linealmente relacionadas y que las correlaciones son muy altas.

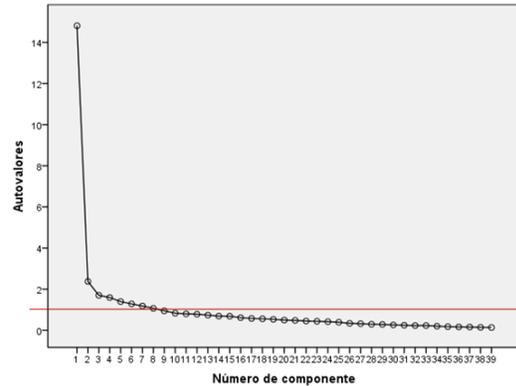


Figura 1 Gráfico de Sedimentación de las actividades

El KMO es igual a .917 lo que se considera muy bueno e indica que es pertinente utilizar el análisis factorial. Se utilizó el método de componentes principales para extraer los factores. En la figura 1 Se muestra el gráfico de sedimentación, donde se aprecian el número de componentes con un autovalor mayor que uno.

En términos del total de varianza explicada no hubo gran diferencia entre una estructura de 7 componentes y una estructura de 8 componentes. En base a estos resultados se decidió eliminar un componente con el fin de simplificar el problema y tener un modelo más sencillo. En la tabla 3 se muestran los resultados de la varianza total explica con una estructura factorial de 7 factores que explican en conjunto un 62.394 por ciento de la varianza total.

Una vez decidido el número de factores se obtiene la solución final que es la matriz de componentes. Con el fin de obtener una solución más fácil de interpretar se rotó la matriz de componentes por el método varimax. Los resultados se muestran en la tabla 11.

Eje	Componente	Carga	Descripción
1	La implementación exitosa de JIT resulta en un aumento en la velocidad de introducción de nuevos productos.	0.839	
	Debido a la implementación de JIT disminuye el tiempo de entrega (lead time).	0.818	
	Debido a la implementación de JIT se mejora la calidad del producto.	0.759	
2	La implementación exitosa de JIT incrementa la eficiencia y utilización de maquinaria y equipo.	0.735	
	La implementación exitosa de JIT resulta en una reducción de los costos de costos unitarios de manufactura.	0.708	Desempeño Operacional
	La implementación exitosa de JIT resulta en una reducción los niveles de inventario de producto terminado	0.863	
2	Debido a la implementación exitosa de JIT se reducen los niveles de inventario de materia prima	0.853	
	Debido a la implementación de JIT disminuyen los niveles de inventario de trabajo en proceso (WIP)	0.823	Reducción de los Niveles de Inventario

Tabla 11 Matriz de Componentes Rotados de los Beneficios JIT

Conclusiones

Los FCE resultantes para la implementación de JIT son: Compromiso Gerencial, Distribución de la Planta, Gestión de Calidad, Estrategia de Proveedores y Prácticas JIT. En base al modelo de ecuaciones estructurales final podemos apreciar que las prácticas JIT se relacionan con otras áreas como gestión de calidad, distribución de la planta y compromiso gerencial.

El sistema de producción JIT contribuye a mejorar el desempeño en los niveles de inventarios. Por otra parte, la distribución de la planta tiene un impacto importante en el desempeño operacional. El sistema de producción JIT impacta indirectamente en el desempeño operacional a través de otras áreas como la distribución de la planta y el desempeño en los niveles de inventarios. El sistema de producción JIT influye en unas áreas mientras que otras dan soporte al sistema de producción JIT. Por lo que se recomienda a las empresas aprovechar estos efectos de sinergia para mejorar su competitividad en el mercado. Los resultados de este estudio también demostraron que una implementación exitosa de JIT requiere un fuerte compromiso gerencial.

Una dirección para futuras investigaciones sería estudiar el proceso de la implementación. Es decir, la forma en que las prácticas JIT y las prácticas de infraestructura se pueden implementar para lograr un desempeño competitivo superior dentro de la planta. Además, se pueden incorporar otros factores al modelo como la estrategia de manufactura y JIT ligado al cliente.

Los resultados del impacto de los FCE de JIT en los indicadores de desempeño merece que se le considere como parte de la estrategia de la industria manufacturera con el fin de mejorar la competitividad.

Referencias

- Aghazadeh, S. (2003), "JIT inventory and competition in the global environment: a comparative study of American and Japanese values in auto industry", *Cross Cultural Management*, 10(4):29-42.
- Ahmad S., Schroeder R. y Sinha K.(2003), "The role of infrastructure practices in the effectiveness of JIT practices: implications for plant competitiveness", *J. Eng. Technol. Manage.*,20:161–191.
- Bollen K., Liang J. (1988). "Some properties of Hoelter's CN". *Sociological Methods and Research*, 16:492-503.
- Cai-feng L. (2009), "Research on a Fast Delivery Production System: Just-in-time production system", *Canadian Social Science*,5(3) 12:1-126.
- Callen, J.L., Fader, C., Krinsky, L.(2000), "Just in time: a cross-sectional plant analysis", *International Journal of Production Economics*, 63(3).
- Chang D. and Lee S. (1996), "The impact of critical success factors of JIT implementation on organization performance", *Production Planning and Control*,7(5):329-338.
- Cortina, J(1993). "What is coefficient alpha? an examination of theory and applications". *Journal of Applied Psychology*, 78:98-104.
- Dal Pont G., Furlan A. and Vinelli A. (2008). "Interrelationships among lean bundles and their effects on operational performance". *Operations Management Research*, 1:150–158.
- Davy, J. A., White, R. E., Merritt, N. J. and Gritzmacher, K. (1992), "A derivation of the underlying constructs of just-in-time management systems". *Academy of Management Journal*, 35:653-670.
- Dean J. and Snell S. (1996), "The strategic use of integrated manufacturing: an
- Fullerton R. and McWatters C. (2001). "The production performance benefits from JIT implementation". *Journal of Operations Management*, 19, 81–96.
- Fullerton R., McWatters C. and Fawson C.(2003), "An examination of the relationships between JIT and financial performance", *Journal of Operations Management*, 21: 383–404.
- Gelinas R. (1999), "The Just-In-Time implementation Project", *International Journal of Project Management*, 17(3):171-179.
- Golhar, D.Y., Stamm, C.L.(1991), "The just-in-time philosophy: a literature review". *International Journal of Production Research*, 29.
- Gunasekaran A., Goyal S.K., Martikainen T. and Yli –Olli P. (1998), "A conceptual framework for the implementation of Zero Inventory and Just In Time Manufacturing Concepts", *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing*, 8 (1): 63–78.
- Hay J. (2002), "Justo a tiempo: la técnica japonesa que genera mayor ventaja competitiva", Editorial Norma, Bogotá, Colombia.

- Inman R., Sale S., Green Jr. K. y Whitten D. (2011), "Agile manufacturing: Relation to JIT, operational performance and firm Performance", *Journal of Operations Management*, 29:343–355.
- Jacobs F. and Maiga A. (2009), "JIT performance effects: A research note", *Advances in Accounting Incorporating Advances in International Accounting*, 25: 183–189
- Kamata, A., Turhan, A., and Darandari, E. (2003). "Estimating reliability for multidimensional composite scale scores". *Encuentro anual de la American Educational Research Association*, Chicago.
- Koren, Y. (2010), *Globalization and Manufacturing Paradigms*, in *The Global Manufacturing Revolution: Product-Process-Business Integration and Reconfigurable Systems*, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, USA.
- Lawrence J. and Hottenstein N. (1995), "The relationship between JIT manufacturing and performance in Mexican plants affiliated with US. companies", *Journal of operation management*, 13:3-18.
- Li, S., Rao, S.S.-Nathan, T.S., Ragu-Nathan, B.(2005), "Development and validation of a measurement instrument for studying supply chain management practices, *Journal of Operation Management*, 23(6).
- Mackelprang W. y Nair A. (2010), "Relationship between just-in-time manufacturing practices and performance: A meta-analytic investigation", *Journal of Operations Management*, 28:283–302.
- McWatters C. and Fullerton R. (2002), "The role of performance measures and incentive systems in relation to the degree of JIT implementation", *Accounting, Organizations and Society*,27: 711–735.
- Malhotra N. (2004), *Investigación de Mercados-Un enfoque apropiado*, cuarta edición, Prentice Hall, México, 562-570
- Matsui Yoshiki (2007), "An empirical analysis of just in time production in Japanese manufacturing companies", *International Journal of production economics*,108:153-164.
- McDonald R. and Marsh H. (1990), "Choosing a multivariate model: Noncentrality and goodness of fit", *Psychological Bulletin*,107:247-255.
- McKone K., Schroeder, R. and Cua K. (2001). "The impact of total productive maintenance practices on manufacturing performance". *Journal of Operations Management*, 19 (1), 29–58.
- Mehra, S. and Inman, R. A. (1992), "Determining the Critical Elements of Just-In-Time Implementation". *Decision Sciences*, 23: 160–174.
- Mota M. y Ferreira R. (2008), "A Study on Just in Time Implementation in Portugal", *Brazilian Journal of Operation & Production Management*, 5(1):5-22.
- Narasimhan R., Swink, M. and Kim, S. (2006), "Disentangling leanness and agility: an empirical investigation". *Journal of Operations Management*,24 (5):440–457.
- Nunnally, J.(1978). *Introduction to Psychological Measurement*. McGraw Hill. Japan.

- Nunnally, J. y Bernstein, H.(2005), *Teoría psicométrica*, Mexico: McGraw Hill Interamericana.
- Ohno, T., (1982), “How the Toyota production system was created”. *Japanese Economic Studies*, 10 (4): 83–101.
- Oral E., Mistikoglu G. and Erdis E. (2003), “JIT in developing countries—a case study of the Turkish prefabrication sector”, *Building and Environment*, 38: 853 – 860.
- Ramarapu, N.K., Mehra, S., Frolick, M.N.(1995), “A comparative analysis and review of JIT implementation research”. *International Journal of Operations and Production Management*, 15(1).
- Rositas J. (2009), “Factores Críticos de Éxito en la Gestión de Calidad Total en la Industria Manufacturera Mexicana”, *Ciencia UANL*, 12(2): 181-193.
- Sakakibara S., Flynn B., Schroeder R. (1993). “A framework and measurement instrument for just-in-time manufacturing”. *Production and Operations Management* ,2 (3):177–194.
- Sandanayake Y., Oduoza F. and Proverbs D.(2008), “A systematic modelling and simulation approach for JIT performance Optimisation”, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 24:735– 743.
- Shah R. and Ward P. (2003), “Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance”. *Journal of Operations Management*, 21: 129–149.
- Singh S. and Garg D. (2011), “JIT System: Concepts, benefits and motivations in Indian Industries”, *International Journal of Management & Business studies*, 1(1): 26-30.
- Swink M., Narasimhan R. and Kim S. (2005), “Manufacturing practices and strategy integration: effects on cost efficiency, flexibility, and market-based performance”. *Decision Sciences*, 36 (3):427–475.
- Tanaka J. and Huba G. (1985), “A fit index for covariance structure models under arbitrary GLS estimation, *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*, 38:197-201.
- Teeravaraprug J., Ketlada k. and Nuttapon S. (2011), “Relationship model and supporting activities of JIT, TQM and TPM”, *Songklanakarin J. Sci. Technol.* 33 (1): 101-106.
- Thompson, B. (2004), “Exploratory and Confirmatory Factor Analysis: Understanding Concepts and Applications”, *American Psychological Association*.
- Voss, C.A. and Robinson, S.J. (1987), “Application of just-in-time manufacturing techniques in the United Kingdom”, *International Journal of Operations & Production Management*, 7:46-52.
- Wakchaure, V., Venkatesh, M. and Kallurkar, S. (2006), “Review of JIT practices in Indian manufacturing industries”, *2006 IEEE International Conference on Management of Innovation and Technology* 2, 34(2), 1099-1103.
- Walleigh R. (1986), “What is your excuse for not using JIT?”, *Harvard Business Review*, 2-7.
- Ward P. and Zhou H. (2006), “Impact of information technology integration and lean/just-in-time practices on lead-time performance”. *Decision Sciences*, 37 (2), 177–203.

White, R.E. (1993), “An empirical assessment of JIT in US manufacturers”, *Production and Inventory Management Journal*, 34(2),38-42.

White, R. y Prybutok V. (2001). “The relationship between JIT practices and type of production system”. *Omega*, 29:113–124.

Wildemann, H. (1988), “Just In Time Production in West Germany”, *International Journal of Production Research*, 26:521-538.

Willis, T.H. and Suter, W.C. (1989), “The five Ms of manufacturing: a JIT conversion life cycle”, *Production and inventory Management*, 30:53-57.

Yasin M., Small M. and Wafa M. (2003), “Organizational modifications to support JIT implementation in manufacturing and service operations”, *The International Journal of management science*, 213-226.

Liebres Inteligentes: Sistema de Multicomputadoras para el procesamiento paralelo de aplicaciones científicas

VELARDE-MARTINEZ, Apolinar†, LUNA-RAMIREZ, Enrique & HARO-HERNANDEZ, José

Instituto Tecnológico el Llano Aguascalientes. Carretera a San Luis Potosí Km. 8 El Llano, Aguascalientes

Recibido 7 de Abril, 2015; Aceptado 4 de Junio, 2015

Resumen

Los requerimientos de procesamiento y almacenamiento de información requieren velocidades en los sistemas de cómputo cada vez más altos, lo que provoca a las empresas e instituciones generar inversiones en sistemas de multiprocesamiento; pero debido a los costos de este tipo de equipos, se hace necesario el desarrollo de sistemas de alto rendimiento, escalables y económicos en su construcción, tales como los sistemas de multicomputadoras, cuyo objetivo es el procesamiento de algoritmos paralelos generalmente enfocados a aplicaciones científicas. En este trabajo se presenta el diseño e implementación en hardware del sistema de multicomputadoras: Liebres InTELigentes, un sistema de cómputo de alto desempeño, para el diseño y ejecución de algoritmos intrínsecamente paralelos, que requieren tiempos de procesamiento excesivos, no proporcionados por equipos convencionales de cómputo (computadoras de escritorio o equipos portátiles), con fines de investigación científica y educativa.

Sistemas, multicomputadoras, aplicaciones

Abstract

Modern information systems require higher computing speeds to satisfy the actual needs of data storing and processing in organizations, situation that demands from them a financial investment in multiprocessing systems. Nonetheless, this type of systems commonly require high cost equipment, which opens the opportunity to develop high performance and scalable systems at a low cost such as the multicomputer systems, based on the execution of parallel algorithms. In this paper, it is presented the design and implementation of a multicomputer system called Liebres InTELigentes, a high performance computing system oriented to reduce the excessive processing time of conventional equipment (PC and laptop) through the design and execution of intrinsically parallel algorithms.

Systems, multicomputers, App

Citación: VELARDE-MARTINEZ, Apolinar, LUNA-RAMIREZ, Enrique & HARO-HERNANDEZ, José. Liebres Inteligentes: Sistema de Multicomputadoras para el procesamiento paralelo de aplicaciones científicas. Revista de Tecnología e Innovación 2015, 2-3:454-463

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Los sistemas de cómputo paralelo o sistemas de cómputo de alto rendimiento, son sistemas que aglutinan un cierto número de elementos de procesamiento, también llamados procesadores o nodos que se encuentran físicamente separados, que operan de manera conjunta para la solución de tareas o trabajos, que requieren grandes cantidades de tiempo de computación (Flynn, 1966) (Ragsdale, 1992) (Pacheco, 2011) (C. Xavier, 1998). La implementación de los sistemas de cómputo paralelo tales como los sistemas multiprocesadores, sistemas de multicomputadoras (Flynn, 1966) y actualmente los sistemas racimo (clusters), los sistemas de rejilla (grids) y los sistemas nube (cloud) (Hameed Hussain, 2013), han sido motivados por dos aspectos importantes, primero, los requerimientos actuales de procesamiento de la información para la solución de aplicaciones científicas, tales como el procesamiento del lenguaje natural, reconocimiento y procesamiento digital de imágenes, el análisis de datos, la minería de datos, entre otros, requieren de sistemas informáticos con velocidades de procesamiento de datos, mayores a los que ofrecen los sistemas de cómputo convencionales, tales como las computadoras personales y los servidores con un solo procesador; y segundo, por las limitantes que actualmente imponen las velocidades de los procesadores, debido a los problemas con el consumo de la energía para poder lograr la disipación del calor, producido por los circuitos integrados dentro de los dispositivos (Flynn, 1966) (H. Jin, 2011).

Lo anterior ha permitido el desarrollo de distintos tipos de sistemas de cómputo paralelo, que han sido clasificados por diferentes parámetros que los distinguen, ya sea en cuanto al software o al hardware que los constituyen. Una de las primeras clasificaciones de este tipo de sistemas, puede encontrarse en (Flynn, 1966), esta clasificación se fundamenta en el número del flujo de instrucciones y en el número del flujo de datos, que el sistema de cómputo utiliza en el procesamiento de los algoritmos, así, se tienen Sistemas de una sola Instrucción que procesan Múltiples Datos (SIMD, por sus siglas en inglés Single Instruction Multiple Data) y Sistemas de Múltiples Instrucciones, que procesan Múltiples Datos (MIMD, por sus siglas en inglés Multiple Instruction, Multiple Data), éste tipo de sistemas, a su vez se clasifican en sistemas de memoria compartida y sistemas de memoria distribuida. En (Hameed Hussain, 2013), se clasifican los actuales sistemas de cómputo de alto desempeño en 3 grupos: clusters, grids y clouds, ésta clasificación se fundamenta en el tipo de arquitectura en hardware que posee, y el tipo de software que cada sistema maneja.

El esquema de memoria distribuida de los sistemas MIMD, presenta tres ventajas importantes en relación a otros sistemas de cómputo paralelo (Pacheco, 2011):

- ofrecen un rendimiento absoluto más alto en comparación con los esquemas de memoria compartida, suministrando tiempos uniformes y más rápidos de acceso a la memoria,
- están diseñados para poder ser escalados a cientos o miles de procesadores, al adicionar más hardware con diferentes y complejas potencialidades de procesamiento y almacenamiento de datos, y

- reducen o eliminan recursos centrales y globales que producen cuellos de botella que incrementan la complejidad en el sistema, cuando a su vez se incrementa también el número de procesadores en el sistema.

La estructura general de un sistema MIMD o sistema de multicomputadoras, es un conjunto concentrado localmente de nodos de procesamientos autónomos, débilmente acoplados, con una estructura idéntica en la cual cada nodo tiene su propia memoria privada (Tannenbaum, 2000). Cada nodo por sí mismo, puede consistir de un sistema de multiprocesador fuertemente acoplado, como se muestra en la figura 1, y referenciado en (J. Nehmer, 1987). Cuando los nodos se presentan como un sistema acoplado fuertemente, entonces un sistema MIMD puede considerarse también, un sistema SIMD2.

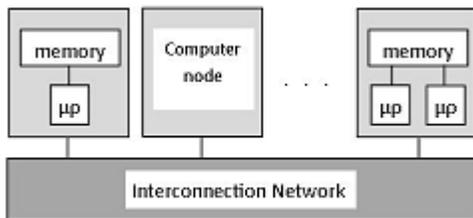


Figura 1 Estructura general de un sistema de multicomputadoras (J. Nehmer, 1987).

Este trabajo, tiene como objetivo presentar la fundamentación teórica, la justificación del desarrollo e implementación en hardware del proyecto: Liebres InTELigentes, un sistema MIMD de memoria distribuida, para el procesamiento de algoritmos paralelos desarrollados en MPI, y threads de aplicaciones científicas con fines educativos y de investigación, programados con las herramientas de interfaces de paso de mensajes MPI e Hilos (threads).

Los fines educativos que el desarrollo del sistema, son: permitir a estudiantes de ingeniería en tecnologías de la información tener acceso a la programación de sistemas de cómputo paralelo y sistemas multinúcleo, fortalecer su preparación en ambientes distribuidos para las necesidades actuales de la industria, y establecer comparaciones de velocidades y rendimientos entre sistemas monousuario y sistemas multiusuario.

Los fines de investigación que el sistema de multicomputadoras propuesto persigue, tiene que ver con el desarrollo, pruebas y análisis de algoritmos paralelos evolutivos, y la aplicabilidad en la planificación y asignación de tareas en ambientes operativos distribuidos.

La organización de este trabajo es la siguiente: en la sección de clasificación de los sistemas de cómputo paralelo, se presenta la clasificación más conocida de este tipo de sistemas; en la sección de conceptos básicos se plantean las definiciones formales de las partes que constituyen un sistema de cómputo de alto rendimiento; en la siguiente sección, se describen algunos ejemplos de sistemas de Multicomputadoras que se han desarrollado con fines educativos, con fines de investigación o con fines comerciales; en la sección justificación del diseño, desarrollo e implementación del sistema de cómputo paralelo, se explican las causas que han llevado a desarrollar este tipo de arquitectura; la sección de implementación del sistema, lista las características de hardware de los equipos de cómputo que constituyen al sistema Liebre InTELigentes. Finalmente, los proyectos que actualmente se desarrollan y se pretenden desarrollar con el equipo instalado, se mencionan en la sección de trabajos futuros. Las conclusiones a las que hemos llegado con el desarrollo de este trabajo se describen en la última sección.

Clasificación de los sistemas de cómputo paralelo

A través de los años, se han expuesto diferentes clasificaciones de los sistemas de cómputo paralelo, entre las que destacan los expuestos en (Flynn, 1966) y actualmente los descritos en (Hameed Hussain, 2013); estas clasificaciones, se describen en este trabajo, para realizar la fundamentación teórica y la justificación del porqué, se implementó un sistema paralelo con las características aquí descritas.

La clasificación propuesta en (Flynn, 1966), denominada la taxonomía de Flynn, es la clasificación que se usa frecuentemente para clasificar las arquitecturas de cómputo paralelo. Esta taxonomía clasifica a los sistemas de acuerdo al número del flujo de instrucciones, y el número del flujo de datos que el sistema puede manejar simultáneamente (C. Xavier, 1998), (Pacheco, 2011), (Tannenbaum, 2000). Esta clasificación es la siguiente:

Sistemas de una sola instrucción, múltiples datos (SIMD, por sus siglas en inglés Single Instruction Multiple Data). Este tipo de sistemas operan sobre un flujo de datos múltiple al aplicar la misma instrucción a múltiples elementos de datos; así, un sistema SIMD abstracto tiene una sola unidad de control y múltiples unidades aritmético-lógicas. Dentro de este tipo de sistemas, se consideran también los sistemas procesadores de vectores (Vector Processor) y las unidades de procesamiento gráfico (Graphics Processing Units) (A. Merigot, 2008).

Sistemas de Múltiples Instrucciones, Múltiples Datos (MIMD, por sus siglas en inglés Multiple Instruction, Multiple Data). Este tipo de sistemas, soportan múltiples instrucciones simultáneamente operando sobre flujos de datos múltiples.

Los sistemas MIMD, consisten de una colección de unidades de procesamiento independientes o núcleos, cada uno de los cuales tiene su propia unidad de control y sus propias unidades aritmético-lógicas (ALU). Los sistemas MIMD son asíncronos, es decir, los procesadores pueden operar a su propio ritmo (Ragsdale, 1992). En muchos sistemas MIMD, no existe un reloj global y no puede existir relación entre los tiempos del sistema sobre dos procesadores diferentes. A menos que el programador imponga alguna sincronización, los procesadores ejecutarán exactamente la misma secuencia de instrucciones en un tiempo determinado, o bien pueden estar ejecutando diferentes instrucciones al mismo tiempo.

Los sistemas MIMD, a su vez son clasificados en dos tipos básicos, atendiendo a la forma en que acceden a la memoria principal de los datos:

- Sistemas de memoria compartida
- Sistemas de memoria distribuida

En este trabajo se describen, por cuestión de espacio, brevemente ambos sistemas. *Los sistemas de memoria compartida* (Tannenbaum, 2000) (Ragsdale, 1992), usan uno o más procesadores multinúcleo, que pueden estar directamente conectados a una memoria, o cada procesador puede tener una conexión directa a un bloque de memoria principal, y los procesadores pueden acceder a cualquier bloque de memoria a través de un hardware especial, construido dentro del procesador. La figura 2 extraída de (Ragsdale, 1992), muestra un sistema de memoria compartida.

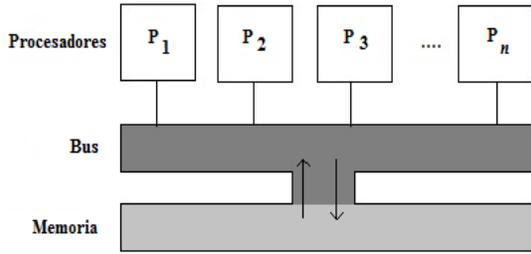


Figura 2 Sistemas de memoria compartida (Ragsdale, 1992).

Los sistemas de memoria distribuida. En este tipo de sistemas, los contenidos de la memoria de un nodo pueden ser accedidos únicamente por el procesador de ese nodo (la memoria es local al nodo) (Tannenbaum, 2000) (Ragsdale, 1992). Cuando el procesador de un nodo requiere información de otro nodo, la información debe ser enviada explícitamente como un mensaje de un nodo a otro. Para el programador, esto significa que no hay variables compartidas, y no existe una forma de que un procesador afecte los datos de otro procesador de forma intempestiva. La figura 3, muestra un sistema de memoria distribuida.

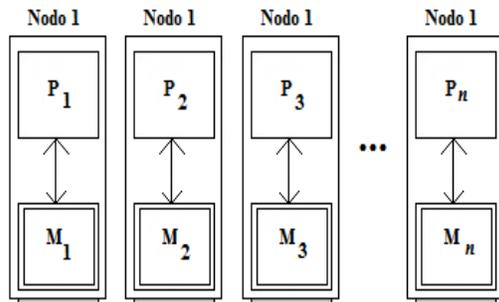


Figura 3 Sistemas de memoria distribuida (Ragsdale, 1992)

Estas definiciones ofrecen una idea general de la forma en que se constituye el hardware, de los principales tipos de sistemas paralelos que se han desarrollado a través del tiempo, y muestra el contexto general en el cual se desarrolla este proyecto de investigación.

Conceptos básicos

Las siguientes definiciones describen formalmente un sistema de cómputo paralelo, con una arquitectura de memoria distribuida.

Definición 1. Una malla n-dimensional tiene $k_0 \times k_1 \times \dots \times k_{n-2} \times k_{n-1}$ nodos, donde k_i es el número de nodos a lo largo de la i-ésima dimensión y $k_i \geq 2$. Cada nodo se identifica por n coordenadas: $\rho_0(a), \rho_1(a), \dots, \rho_{n-2}(a), \rho_{n-1}(a)$. Dónde: $0 \leq \rho_i(a) < k_i$ para $0 \leq i < n$.

Dos nodos a y b son vecinos si y solo si $\rho_i(a) = \rho_i(b)$ para todas las dimensiones excepto para una dimensión j, donde $\rho_j(b) = \rho_j(a) \pm 1$. Cada nodo en una malla se refiere a un procesador y dos vecinos están conectados por un enlace de comunicación directo.

Definición 2. Una malla 2D, la cual es referenciada como M (W, L) consiste de W X L procesadores, donde W es el ancho de la malla y L es la altura de la malla. Cada procesador se denota por un par de coordenadas (x, y), donde: $0 \leq x < W$ y $0 \leq y < L$

Un procesador está conectado por un enlace de comunicación bidireccional a cada uno de sus vecinos. Para cada malla 2D $a=P_{ij}$.

Definición 3. En una malla 2D, M(W, L), una sub-malla: S(w, l) es una malla de dos dimensiones que pertenece a M(W, L) con un ancho w y una altura l, donde $0 < w \leq W$ y $0 < l \leq L$. S (w, l) están representadas por las coordenadas (x, y, x', y'), donde (x, y) es la esquina inferior izquierda de la sub-malla y (x', y') es la esquina superior derecha. El nodo de la esquina inferior izquierda es llamado el nodo base de la sub-malla y la esquina superior derecha es el nodo final. En este caso $w=x'-x+1$ y $l=y'-y+1$. El tamaño de S(w, l) es: w x l procesadores.

Definición 4. En una malla 2D $M(W, L)$, una sub-malla disponible $S(w, l)$ es una sub-malla que satisface las condiciones: $w \geq \alpha$ y $w \geq \beta$ asumiendo que la asignación de $S(\alpha, \beta)$ requerida, donde la asignación se refiere a seleccionar un conjunto de procesadores para una tarea de llegada.

Sistemas de Multicomputadoras actuales

Durante la evolución de los sistemas de cómputo paralelo, se han propuesto distintas arquitecturas con fines educativos y comerciales. Debido a que el sistema descrito en este trabajo no se pretende comparar con otros sistemas desarrollados, en esta sección solo se mencionan cinco de estos sistemas con sus características principales de hardware, software y el tipo de aplicaciones que ejecutan.

INCAS Multicomputer Project (J. Nehmer, 1987). En su etapa inicial, se construyó de 10 microprocesadores MC68000 interconectados por un anillo lógico de comunicación. El objetivo del desarrollo de este sistema ha sido el desarrollar dos lenguajes de programación distribuidos: LADY y CSSA, la filosofía subyacente de ambos lenguajes fue estructurar el software distribuido para programación paralela, desarrollando un hardware ad hoc. La estructura de INCAS, está formada por cuatro niveles lógicos: el nivel de red físico, el nivel de soporte del sistema LADY, el nivel del sistema operativo distribuido y el nivel de aplicación distribuida. El proyecto INCAS, considera dentro de su diseño el espectro completo del software de los sistemas de Multicomputadoras, tales como: sistemas operativos distribuidos, lenguajes de programación distribuida, aplicaciones distribuidas y una metodología para pruebas distribuidas.

CM-5 Multicomputer (J. DeWitt, 1995). Es un sistema multiprocesador de memoria distribuida. Los procesadores están interconectados utilizando tres redes: red de datos, red de control y la red de diagnóstico. La red de datos, se utiliza para la comunicación entre procesadores. La red de control, es utilizada para ejecutar operaciones que requieren la participación de todos los nodos simultáneamente, tales como la difusión y la sincronización. La comunicación entre dos nodos, puede ser realizada con la red de datos y la red de control. La red de diagnóstico se utiliza para el mantenimiento y diagnóstico de fallas del sistema. El sistema de multicomputadoras CM-5, está construido con microprocesadores SPARC de SUN Microsystems. Cada microprocesador contiene 4 vectores unitarios que funcionan como controladores de memoria, un reloj de 33 Mhz, una memoria cache de 64 Kbytes utilizada para instrucciones y datos. Los microprocesadores están valorados en un máximo rendimiento de desempeño de 22 millones de instrucciones por segundo (5 Mflops). Este sistema, implementado en la School of Computer Science, dentro del Center for Science and Technology de la Universidad de Syracuse, NY EUA, tiene como finalidad el desarrollo de aplicaciones científicas con fines educativos.

Crystal Multicomputer (M. Fillo, 2005). Es un sistema de multicomputadoras basado en procesadores INTEL de 64 bits, con una red de comunicaciones con topología anillo (token ring); cada nodo tiene 2 tarjetas de red que permiten la comunicación punto a punto. El objetivo del desarrollo de este sistema es, para diseñar e implementar software paralelo de aplicaciones científicas, dentro de la Universidad.

M-Machine Multicomputer (H. Jin, 2011). Es un sistema de multicomputadoras con arquitectura en malla 3D. En este sistema cada nodo consiste de un chip multi-ALU (por sus siglas en inglés, Arithmetic Logic Unit) y una unidad DRAM (por sus siglas en inglés, Direct Random Access Memory). La tarjeta central de cada nodo, incluye la tarjeta de red que funge a su vez como encaminador y suministra un ancho de banda de 800 MBytes por segundo. Los dispositivos de entrada salida, pueden ser conectados a los controladores de cada nodo. El sistema de Multicomputadoras M-Machine, se diseñó para resolver problemas inherentemente paralelos de tamaño fijo, más que para lograr el máximo rendimiento de los equipos que lo constituyen, en la solución de problemas; para esto, los nodos están diseñados para el manejo del paralelismo a nivel de instrucción hasta llegar al nivel de proceso.

Justificación del diseño, desarrollo e implementación del sistema de cómputo paralelo

El desarrollo de este proyecto tiene dos vertientes principales: el aspecto de investigación científica y el aspecto educativo. En el primero, el sistema Liebres InTELigentes, procesa aplicaciones científicas que por el alto requerimiento de procesamiento computacional, los equipos convencionales de cómputo son insuficientes, tales como el algoritmo genético de islas (Goldberg, 2002) y los algoritmos evolutivos que procesan más de una variable.

Algunos de los proyectos en donde se aplican este tipo de algoritmos, y en los cuales actualmente se trabaja con el sistema de multicomputadoras construido son tres: el problema de la asignación cuadrática en la planificación de tareas en arquitectura de cómputo paralelo, Espacios Virtuales Interactivos de Aprendizaje (EVIA) y el análisis de la contraposición de los objetivos en la planificación y asignación de tareas en sistemas de cómputo paralelo. Estos trabajos se describen de forma breve a continuación.

El problema de la asignación cuadrática en la planificación de tareas en arquitecturas de cómputo paralelo. Análisis de la Contraposición de los Objetivos y el Frente de Pareto en la Planificación y Asignación de Tareas en un Sistema de Multicomputadoras (A. Velarde, 2014), cuyo objetivo es mostrar los resultados obtenidos, al evaluar los distintos objetivos contrapuestos en los procesos de la planificación, y la asignación de procesadores en un sistema de Multicomputadoras.

EVIA (Espacios Virtuales Interactivos de Aprendizaje), el cual se constituye como un repositorio de contenidos de materias, y que sirve como complemento en las clases a nivel licenciatura que se imparten de manera presencial. El objetivo principal de este trabajo es, proporcionar al alumno una plataforma de aprendizaje con un enfoque de competencias basado en el web, con soporte para dispositivos móviles. A los profesores proporciona, un espacio para almacenamiento de información, diseño de exámenes, listas de cotejo y otras herramientas relacionadas con el quehacer educativo.

En el aspecto educativo, dicho sea de paso que, en los equipos personales de cómputo como laptops y computadoras personales de escritorio, se hace cada vez más común el uso de procesadores, que contienen arquitecturas con múltiples núcleos de procesamiento: desde el dual Core hasta el Core i7 de Intel (Shameem Akhter, 2006), los cuales, mediante la programación de hilos (threads) con lenguajes tales como JAVA (Wong, 1999) (Rusty, 2005), soportan la ejecución de múltiples tareas en paralelo, por lo que se hace necesario cursar materias en donde los educandos aprendan e interactúen, y cursen materias que impliquen el manejo, y operación de sistemas de cómputo de alto desempeño en el nivel profesional, lo cual les permitirá, resolver problemas reales que la vida profesional les plantea, así como también desarrollar proyectos de investigación en el área de la comunicación de sistemas, redes de computadoras, aplicabilidad de cómputo de alto desempeño, entre otras áreas.

Implementación del Sistema

Los diferentes sistemas de cómputo paralelo se han desarrollado con fines educativos, científicos y comerciales, y permiten el procesamiento masivo de información mediante el desarrollo de software paralelo.

Adicional a las facilidades de desarrollo de software paralelo, que otorgan los sistemas de cómputo de alto rendimiento, el desarrollo del sistema Liebres InTELigentes, existe una ventaja, que ha motivado la construcción del sistema de Multicomputadoras descrito en este trabajo: el costo de implementación, el cual es más bajo en relación con la adquisición de los sistemas multiprocesadores de memoria compartida, y que los hace factibles de ser construidos, aunque tienen que ser configurados y programados para funcionar de forma paralela.

La flexibilidad que presenta y la escalabilidad en cuanto al número de equipos de cómputo, que pueden ser adheridos a la arquitectura. Estas características muestran a este tipo de sistemas, como una alternativa viable para su implementación y por ende, para el procesamiento de aplicaciones paralelas científicas y como plataformas para la enseñanza de la programación de sistemas paralelos en instituciones de educación superior.

Los tres niveles que constituyen al sistema objetivo desarrollado son: el nivel de hardware, el nivel de comunicación y el nivel de software. Como se planteó al principio de este documento el objetivo de este trabajo, es mostrar la implementación en hardware, dado que para la implementación del software, actualmente se realizan pruebas de factibilidad de sistemas operativos tales como MOSIX, Linux Mandrake y Linux SUSE®.

El nivel de hardware, está constituido por 3 servidores Proliant Hewlett Packard equipados con un procesador de 4 núcleos (multicore) cada uno, lo cual permite programar las aplicaciones intrínsecamente paralelas en dos vertientes:

- Mediante las librerías de programación MPI (Message Passing Interface) que es el actual estándar de diseño en sistemas MIMD, y
- Utilizando las librerías Open Message Interface, que permiten la programación en sistemas multinúcleo.

Según los requerimientos del proyecto de investigación que se desarrolle, el programador puede elegir cualquiera de las dos vertientes.

El sistema de comunicación, lo constituye un Switch CISCO, que permite la comunicación equipo a equipo, equipo a todos los equipos, y todos a todos los equipos, cuando la programación se desarrolla mediante las librerías MPI. Cuando la programación se realiza para un sistema multinúcleo, el programador decide sobre que nodo correrá su aplicación.

El sistema operativo subyacente de software, lo constituyen los tres sistemas operativos en prueba, con soporte para arquitecturas paralelas.

Trabajos Futuros

Una vez concluida la fase de diseño del hardware, se han propuesto un conjunto de proyectos de investigación que serán puestos en marcha dentro del sistema propuesto. Por cuestiones de espacio, a continuación únicamente se describen tres de estos proyectos:

El primero de ello, es la continuidad del proyecto Entorno Virtual Interactivo de Aprendizaje (EVIA), el cual se pretende complementar utilizando un enfoque de competencias, las cuales serán dirigidas al facilitador y al alumno, mediante el sitio Web, y permitir, entre otras cosas, publicar más contenidos de materias, exámenes en línea, interactividad alumno-facilitador y alumno-alumno, uso de mensajería electrónica, y toda información que el facilitador desee publicar para el buen desempeño del alumno en las materias que cursa en su carrera.

El segundo proyecto, la configuración de un entorno accesible para los alumnos de la carrera de Ingeniería en Tecnologías de la Información y Comunicaciones, es un entorno que permita acceder al sistema de Multicomputadoras para la realización del diseño, desarrollo y ejecución de algoritmos evolutivos paralelos, algoritmos genéticos paralelos y algoritmos desarrollados para la solución de problemas reales que requieren alto poder de cómputo desarrollados en algunos de los lenguajes descritos en la sección anterior.

El tercer proyecto, programación multinúcleo, busca desarrollar aplicaciones que permitan planificar tareas que buscan ejecutarse en núcleos de nodos distantes, para explotar el paralelismo implícito en sistemas que para la ejecución de sus procesos, poseen más de un núcleo de ejecución disponible (A. Merigot, 2008).

Conclusiones

Los equipos de cómputo actuales, tanto de escritorio como portátiles, cuentan con procesadores que ejecutan las tareas cada vez más rápidas, debido al incremento en el número de núcleos de procesamiento. A la vez que los procesadores, son cada vez más veloces en la ejecución de tareas, se hace necesario también, crear algoritmos paralelos que exploten estas velocidades de procesamiento, haciendo uso de los diferentes núcleos contenidos dentro de los procesadores. Este trabajo presenta la implementación en hardware de un sistema de cómputo paralelo que permite el diseño, programación y ejecución de algoritmos paralelos aplicados a problemas, que requieren excesivos tiempos de procesamiento y almacenamiento de datos, en dos vertientes: con fines educativos y con fines de investigación.

Los fines educativos, son con la intención de que los alumnos a nivel licenciatura, puedan cursar materias relacionadas con el área del paralelismo y les sea posible desarrollar programas en ambientes reales. Los fines de investigación, están encaminados a ejecutar algoritmos que buscan resolver problemas que requieren altos tiempos de procesamiento de datos, que los equipos convencionales no pueden ofrecer.

Referencias

- A. Merigot, A. P. (2008). Parallel processing for image and video processing: Issues and challenges. *ELSEVIER. Parallel Computing 34*, 694–699.
- A. Velarde, E. P. (2014). Análisis de la Contraposición de los Objetivos y el Frente de Pareto en la Planificación y Asignación de Tareas en un Sistema de Multicomputadoras. *CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACION DE ACADEMIAJOURNALS.COM* (págs. 5190-5197). Celaya, Guanajuato, Mexico: academiajournals.com.
- C. Xavier, S. I. (1998). *Introduction to Parallel Algorithms*. Washington D. C. EUA: Wiley Series on Parallel and Distributed Computing.
- Flynn, M. (1966). Very High-speed Computing Systems. *Proceeding. IEEE No.54*, 1901-1909.
- H. Jin, D. J. (2011). High performance computing using MPI and OpenMP on multi-core parallel system. *ELSEVIER. Parallel Computing 37*, 562-575.
- Hameed Hussain, S. U. (2013). A survey on resource allocation in high performance distributed. *Parallel Computing*, 709-736.
- J. DeWitt, R. F. (1995). *The Crystal Multicomputer: Design and Implementation Experience*. Madison EUA: Computer Science Department. University of Wisconsin.
- J. Nehmer, D. H. (1987). Key Concepts of the INCAS Multicomputer Project. *IEEE Transactions on Software Engineering, Vol. SE-13, NO. 8*.
- M. Fillo, W. K. (5 de Enero de 2005). *The M-Machine Multicomputer*. Recuperado el 20 de Diciembre de 2015, de Massachusetts Institute of Technology Artificial Intelligence Laboratory.: <http://publications.ai.mit.edu>
- Pacheco, P. (2011). *An Introduction to Parallel Programming*. Amsterdam: ELSEVIER.
- Ragsdale, S. (1992). *Parallel Programming*. New York: McGraw-Hill.
- Rusty, E. (2005). *Java Network Programming*. USA: O'REILLY.
- Shameem Akhter, J. R. (2006). *Multi-Core Programming*. USA: Intel PRESS.
- Tannenbaum, A. (2000). *Distributed Systems*. Washington D. C. USA: Addison Wesley.
- Wong, S. O. (1999). *JAVA Threads 2nd Edition*. USA: O'REILLY.

Evaluación del secador de charolas del Instituto Tecnológico Superior de Santiago Papasquiari

TORRES-LARA, María†, ESTUPIÑAN-IBÁÑEZ, Manuel, CORDOVA-GURROLA, Erica & QUIÑONES-MUÑOZ, Tania

Instituto Tecnológico Superior de Santiago Papasquiari. Km. 114 Carretera J. Guadalupe Aguilera-Guanaceví, Santiago Papasquiari, Dgo.

Recibido 28 de Abril, 2015; Aceptado 6 de Junio, 2015

Resumen

El Instituto Tecnológico Superior de Santiago Papasquiari (ITSSP), se encuentra en una Región en la cual la economía depende de actividades como la agricultura y ganadería, algunos productores tienen interés de alargar la vida de anaquel, o simplemente dar un valor agregado a sus productos, y esto puede ser a través de un proceso de secado. Parte de la misión del ITSSP es la de contribuir al desarrollo económico de la región Noroeste del Estado, a través de la formación de profesionistas emprendedores e innovadores de tecnología, es por eso que este proyecto tiene como objetivo; evaluar el secador de charolas que se encuentra en el laboratorio de Ingeniería en Industrias Alimentarias (LIA) del ITSSP. Este secador fue diseñado y construido por dos estudiantes de la Carrera de Ingeniería en Industrias Alimentarias del ITSSP, sin embargo la evaluación no se llevó a cabo, se realizaron cinéticas de secado de manzana, los tiempos de secado son muy parecidos a otros secadores de alimentos de tipo industrial. Este secador que ya se encuentra en uso en LIA, sirve para que otros estudiantes realicen prácticas propias de la materia, desarrollo de residencias profesionales o proyectos de investigación.

Secado, inocuidad, eficiencia.

Abstract

The Instituto Tecnológico Superior de Santiago Papasquiari (ITSSP), is in a region in which the economy depends on activities such as agriculture and livestock, some producers are interested to extend shelf life, or simply to add value to their products, and this can be through a drying process. Part of the mission of ITSSP is to contribute to the economic development of the Northwest region of the State, through the training of entrepreneurs and innovative technology professionals, it is why this project aims; evaluate the dryer trays found in the laboratory Food Industry Engineering (LIA) of ITSSP. This dryer was designed and built by two students of the School of Engineering in Food Industries of ITSSP, but the assessment was not carried out, drying kinetics of apple were made, drying times are very similar to other food dryers industrial type. This dryer that is already in use in LIA serves so that other students made themselves the subject, professional development or research projects residences practices.

Drying, safety, efficiency

Citación: TORRES-LARA, María, ESTUPIÑAN-IBÁÑEZ, Manuel, CORDOVA-GURROLA, Erica & QUIÑONES-MUÑOZ, Tania, María. Evaluación del secador de charolas del Instituto Tecnológico Superior de Santiago Papasquiari. Revista de Tecnología e Innovación 2015, 2-3:464-469

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

La región Noroeste del Estado de Durango se dedica a actividades relacionadas con la agricultura y ganadería, específicamente en el municipio de Canátlan, en el 2007 hubo una producción de más de 17,970 toneladas de manzana (INEGI, 2007), en la encuesta del año 2011, realizada por INEGI, se reporta que en Santiago Papasquiario se siembran al año 33,615 hectareas y siembra principalmente frijol, avena, alfalfa, además de que se produce carne de bovino, porcino, ovino y caprino.

Es por eso que se decide construir un secador, el cual puede ser de gran utilidad para estudiantes, docentes e investigadores del ITSSP, la construcción del secador, se puede decir que fue relativamente económica, sin embargo este no fue evaluado, determinar la eficiencia de este secador, se puede utilizar y obtener resultados confiables, que pueden servir en investigaciones que se desarrollen en un futuro.

La importancia de este trabajo radica principalmente en la de evaluar la eficiencia de este secador, esto con la finalidad de que los resultados que se obtengan, se pueda decir que son confiables e incluso que los resultados de investigaciones puedan ser publicables.

Esencialmente se trabajó variando velocidad de aireación y temperatura, y con esto evaluar la velocidad de secado, es importante mencionar, que cuando se trata de secado de alimentos, generalmente nos interesa conservar las propiedades nutritivas y organolépticas de los alimentos, es por eso que se trabajo a temperaturas bajas, entre los 30 y 40 °C.

En cuanto a la inocuidad del alimento, se cuidaron las buenas prácticas de manufactura, sin embargo no se realizó una evaluación microbiológica, ya que nuestro interés estaba enfocado a las velocidades de secado.

Con este trabajo se pretende demostrar que la eficiencia del secador de LIA del ITSSP, es semejante a los secadores de alimentos que se utilizan en otros laboratorios o de nivel industrial.

El objetivo de este trabajo es evaluar la eficiencia del secador de charolas que se encuentra en el LIA del ITSSP. Se utilizan modelos de regresión. Los temas a tratar en presente trabajo: se realiza una revisión de diversas fuentes de consulta con la finalidad de fundamentar esta investigación, seguida de la metodología, posteriormente se presentan los resultados logrados y por último las conclusiones generadas de acuerdo a los resultados.

Revisión de literatura.

El secado es la operación que elimina, por evaporación, el agua de una materia húmeda (sólida o líquida), es por eso que numerosos productos alimenticios son secados en el momento de su transformación y/o conservación, esto con el fin de convertir productos perecederos en productos estables debido a la disminución de la actividad de agua (Boulogne, et al, 2008).

Geankoplis (1998), establece que el secado o deshidratación de materiales biológicos (en especial los alimentos), se usa como técnica de preservación, ya que los microorganismos que provocan la descomposición de los alimentos no pueden crecer y multiplicarse en ausencia de agua, muchas de las enzimas que causan los cambios químicos en alimentos y otros materiales biológicos no pueden funcionar sin agua.

Los microorganismos dejan de ser activos cuando el contenido de agua se reduce por debajo del 10% en peso.

Castañeda, et al (2012), menciona que uno de los métodos más antiguos para la conservación de los alimentos es la deshidratación, ya que en un ambiente seco no pueden actuar ni los microorganismos ni las enzimas que arruinan estos productos, por esta razón el deshidratado es uno de los métodos más efectivos para preservar las frutas. Complementando con Valencia, et al (2011), que dice que la tecnología de secado ofrece alternativas para la conservación de alimentos con características nutritivas adecuadas, aumentando la vida útil y disminuyendo el potencial de desarrollo de microorganismos y reacciones químicas indeseables.

Actualmente, la deshidratación de alimentos se utiliza por dos principales razones: la primera es que existen productos que si no se comercializan inmediatamente después de la cosecha, representan pérdidas para los productores; la segunda razón son las ventajas que se obtienen al llevar a cabo este proceso, como lo son el fácil transporte, esto debido a que pesan menos, y la estabilidad microbiológica y fisicoquímica (Castañeda, et al, 2012).

La conservación del alimento es muy importante para evitar el desperdicio, entre las técnicas de conservación de alimentos el proceso de secado representa una alternativa tecnológica para la reducción de las pérdidas pos-cosecha, pues el secado es un método simple y relativamente barato cuyo principio básico es el de reducir el contenido de agua del alimento.

Ocasionando una reducción drástica de la actividad de agua de los productos alimenticios, aumentando el tiempo de conservación y la vida de anaquel del producto, facilitando su transporte y almacenamiento (Giraldo, et al)

Boulogne, et al (2008), menciona que los principales problemas relacionados con el secado son la alteración de la forma, textura y de la calidad nutricional y organoléptica del producto, además del consumo energético de la operación ya que puede ser considerable.

Metodología a desarrollar

El secador que se utilizó en esta investigación, fue diseñado y construido por dos estudiantes de la Carrera de Ingeniería en Industrias Alimentarias del ITSSP, los materiales que utilizaron para la construcción fueron; placas de acero inoxidable de 3/16, un ventilador completamente de 8 pulgadas de diámetro de apas metálicas, y como sistema de calentamiento una parrilla eléctrica.

Para el desarrollo de este trabajo, utilizó manzana que se produce en los huertos de Canatlán, municipio perteneciente al Estado de Durango, se cortaron en rodajas de 2 mm de espesor, las cuales fueron medidas con un vernier digital (Marca GIMEX S.A.), posteriormente se cortaron cuadros de 2 x 2 cm.

Antes de iniciar el secado, el secador se puso en funcionamiento media hora antes, para estabilizar la temperatura, una vez estabilizada fueron colocadas las bandejas con las muestras de rodajas de manzana.

Durante el secado, las muestras fueron retiradas del secador en intervalos de 15 minutos llegar al equilibrio o hasta que no se notará cambio en el peso de las muestra.

El peso de las muestras fue de aproximadamente de 8 g. y las temperaturas fueron de 30, 35 y 60°C, con una humedad relativa de aire de 40, 30 y 20% respectivamente, la cual se determinó mediante la medición de temperatura de bulbo seco y bulbo húmedo y lectura en la carta psicométrica.

Es importante mencionar que el secado de los alimentos, dentro de las variables que que afectan el proceso son varias, sin embargo, las variables con las que se trabajaron son tres, dentro de las cuales podemos mencionar variables independientes y dependientes.

Variables independientes

Las variables independientes que se estuvieron controlando, son velocidad de aireación, ya que es el que se encarga de llevarse la humedad en forma de vapor y la temperatura, mediante la cual se evapora el agua contenida en los alimentos, estos factores que afectan la velocidad de secado.

Variable dependiente

La variable dependiente es entonces la velocidad de secado, y esta referida generalmente en kilogramos de agua libre por cada kilogramo de sólido seco.

Cinéticas de secado

La evaluación del secador se realizó, mediante cinco experimentos, en los cuales las variables que se utilizaron fueron la temperatura de velocidad de aireación, el ventilador solo tiene dos niveles.

Experimento	Temperatura	Velocidad de aireación
1	30°C	Baja
2	30°C	Alta
3	40°C	Baja
4	40°C	Alta
5	60°C	Alta

Tabla 1 Diseño experimental

Resultados

Es importante indicar el contenido de la manzana y que de acuerdo a Valencia, et al (2011), el mayor componente de la manzana es el agua (85% base húmeda), seguido de carbohidratos(12%) proteínas (0,3%) y micronutrientes como vitaminas, minerales y enzimas,entre otros. Esto concuerda con los resultados obtenidos, ya que al graficar los resultados, se puede observar en el grafico 1, que el peso se hace constante cuando la humedad retirada de la muestra es aproximadamente el 85%.

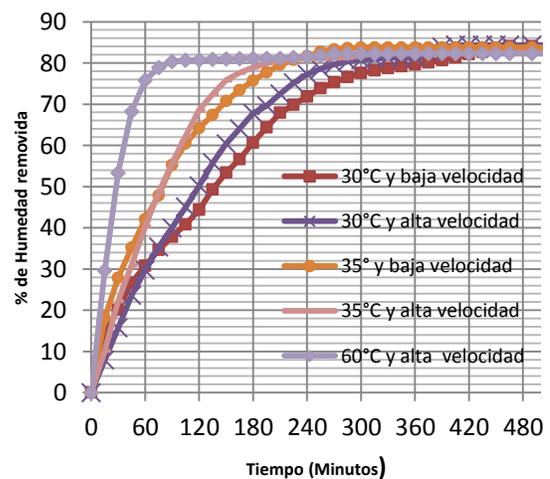


Grafico 1 Curvas de secado de la manzana en diferentes condiciones de secado.

Como podemos observar, en el gráfico 1, producto de esta investigación, a la temperatura de 35°C, tanto a una velocidad baja y alta de aire, el peso de la muestra se hace constante a los 360 minutos, y a una temperatura de 60°C, tarda 60 minutos.

En el gráfico 2, de Valencia, et al (2011), a 40°C el peso se hace constante al llegar a los 160 minutos, mientras que a 60 °C tarda 60 minutos.

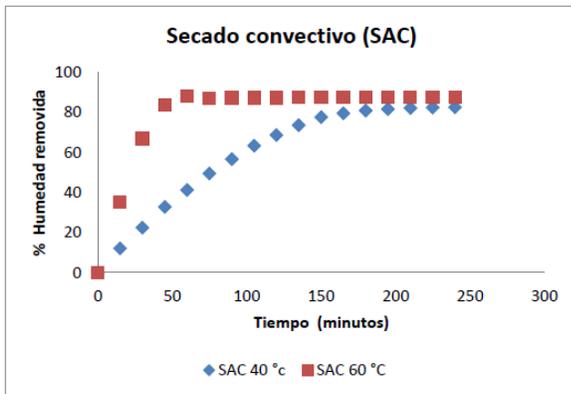


Gráfico 2 Curvas de secado de la manzana a 40 y 60°C, tomado de Valencia, et al (2011).

En el gráfico 3, se muestra las curvas de secado, pérdida de humedad en función del tiempo, donde se puede observar una diferencia notable en la velocidad de secado a una temperatura de 60°C.

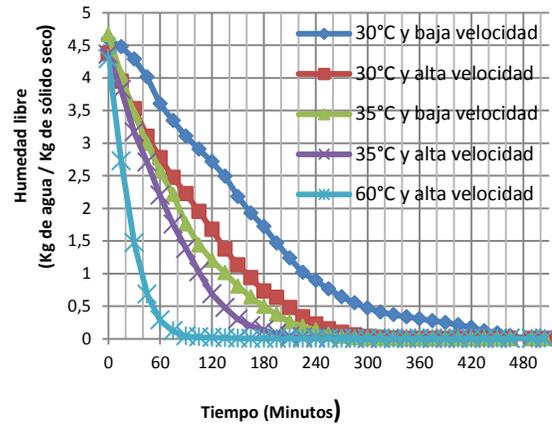


Gráfico 3 Curvas de secado de la manzana en diferentes condiciones de secado.

Conclusiones

De acuerdo a los que se observa en los gráficos 1 y 2, se puede decir que la temperatura óptima de secador es a los 60°C, en las curvas de 30 y 35°C no se ve demasiada diferencia en las velocidades de secado.

Las velocidades de secado obtenidas son semejantes a otros secadores como la de Valencia, et al (2011), quien realizó cinéticas de secado en una estufa WTB Binder.

Este secador puede servir como una herramienta con la cual se puede realizar la simulación y cálculos, de esta manera obtener resultados experimentales de secado de cualquier alimento con los cuales de pueden hacer modelos matemáticos para predecir condiciones de secado de diferentes productos de la región.

Referencias

Boulogne S., Marquez E., García Y., Medina A., & Cayot P. (2008). Optimización de la operación de secado de la carne de lombriz (Eisenia Andrei) para producir harinadestinada a consume animal. Ciencia e Ingeniería, 29 (2), 9-16.

Castañeda A., González A., Guzman R. & Ibarra O. (2012). Desarrollo de un horno solar para el secado de plantas y vegetales usando control difuso. *Acta universitaria*, 22 (3), 14-19.

Geankoplis, C. (1998). *Proceso de Transporte y Operaciones Unitarias*. Continental, S.A. de C.V.: México.

Giraldo A., Arévalo A., Ferreira S., Ferreira P., Váldez J. & Pavlak M. (2010). Datos experimentales de la cinética del secado y del modelo matemático para pulpa de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) en rodajas. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 179 (1), 179-182.

INEGI (2013). *Panorama agropecuario en Durango. Censo agropecuario 2007*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

Valencia C., Rodriguez H. & Giraldo, P. (2011). Cinética de secado y control de la oxidación en manzana *Grannysmith*, mediante la aplicación de diferentes tecnologías de secado. *Tumbaga*, 6 (7), 7 - 16

Automatización de una Prensa Hidráulica para cubos de sal como alimento de ganado

MARTINEZ-MARTINEZ, Verónica†, RODRIGUEZ-LEMMUS, Rubén, VIVANCO-LOPEZ, Edgardo, JUAREZ-VALENZUELA, Mónica & CERVANTES-DIAZ, Martha

Universidad Tecnológica de Jalisco

Recibido 30 de Abril, 2015; Aceptado 12 de Junio, 2015

Resumen

El objetivo es realizar la reingeniería de la prensa para el correcto funcionamiento de sincronización de tiempos y control automático de cada actuador, hasta la expulsión del bloque. Para lograr la disminución de tiempo muertos, pérdidas de producto, aumento de producción a un 60%. Se inicia una investigación del funcionamiento de la prensa, realizando un dibujo de las partes generales, estudio de movimientos de cada actuador, tiempos de sincronización, estudio previo de fuerzas para el cambio de partes mecánicas, ventajas y desventajas del equipo que realizara el control de la prensa. Se incremento la producción diaria de 240 a 800 bloques equivalente a un 330%.

Automatización, alimento para ganado, cubos de sal, prensa hidráulica.

Abstract

The object is to re-engineer the press for its correct operation of time synchronization and automatic control of each sensor and hydraulic cylinder to finally get the expulsion of the block. To decrease the unproductive time, product loses and so, getting an increase of 60% on everyday productivity. First of all, the complete operation and function of the hydraulic press is investigated, drawing the general parts, studying the movements of each cylinder, time synchronization (timing), previous force study before changing mechanical elements, advantages and disadvantages of the press control equipment. The productivity was increased from 240 to 800 salt cubes, which means an increment of 330%.

Automation, food for caws (livestock), salt cubes, Hydraulic Press.

Citación: MARTINEZ-MARTINEZ, Verónica, RODRIGUEZ-LEMMUS, Rubén, VIVANCO-LOPEZ, Edgardo, JUAREZ-VALENZUELA, Mónica & CERVANTES-DIAZ, Martha. Automatización de una Prensa Hidráulica para cubos de sal como alimento de ganado. Revista de Tecnología e Innovación 2015, 2-3:470-475

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

La empresa Sales del Golfo de Cortés S.A. de C.V es una procesadora de sal, que tiene una amplia gama de productos alimenticios y ganaderos. Su materia prima se compra a diversas empresas nacionales. El proceso se inicia con la llegada de la sal a la planta donde se almacena, selecciona y es destinada a los procesos para cada tipo de producto.

La sal reservada para alimento de ganado, es procesada de acuerdo a las necesidades requeridas por el cliente y se procesa en las siguientes clasificaciones: mineralizada, fosfatada, molida tipo P,G,S,N, estándar, granulada, martajada, triple, desparasitante, energetizante y block para caballo. Los productos que se ofrecen en forma de block son transportados de forma manual hacia la prensa hidráulica para compactar la sal de forma de cubos.

La operación completa de la prensa hidráulica incluye seis tolvas divididas en dos partes, tres de cada lado de la máquina para fabricar dos bloques simultáneos, cada bloque que se produce está fabricado con tres minerales de color diferente. En el proceso anterior las tolvas eran llenadas de sal manualmente, para posteriormente pasar a los contenedores y continuar a los llenadores, la división entre la tolva-contenedores y contenedores-llenadores se encuentran unas placas que eran controladas por unos resortes, los llenadores son movidos para continuar hacia los moldes, son estos tres actuadores en secuencia que eran activados individualmente, provocando el prensado después de cumplir el tiempo establecido.

El problema de la prensa radicaba en el funcionamiento del proceso desde la tolva hasta los llenadores, ocasionando pérdidas de producto, demora de producción en la reparación de los contenedores y llenadores por su mala sincronización, el vaciado hacia los moldes era incompleto por el producto, provocando pérdida de tiempo porque el operador llenaba directamente los moldes para agilizar el proceso de forma manual, siendo el recorrido desde el contenedor general del almacén donde se encontraba la sal ya preparada con los minerales, la única parte que parcialmente servía era el prensado y expulsión, aun así tenían problemas con la activación o desactivación de los pistones por errores de sensado, donde eran activados manualmente el prensado y expulsión por el operador, con este procedimiento se generan en promedio 240 bloques en un turno.

El objetivo es realizar la reingeniería de la prensa para el correcto funcionamiento de sincronización de tiempos y control automático de cada actuador, hasta la expulsión del bloque.

Para lograr la disminución de tiempos muertos, pérdidas de producto, aumento de producción a un 60%.

Se realiza una investigación del funcionamiento de la prensa, realizando un dibujo de las partes generales, estudio de movimientos de cada actuador, tiempos de sincronización, estudio previo de fuerzas para el cambio de partes mecánicas, ventajas y desventajas del equipo que realizara el control de la prensa, realizando un croquis de la prensa como se ilustra en la figura 1.

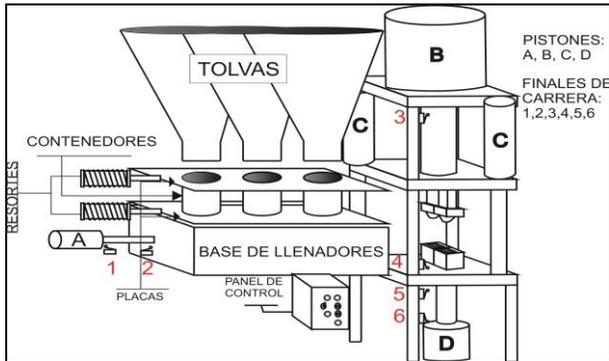


Figura 1 Croquis de la Prensa Original.

La automatización se realizó con un PLC, así como el cambio de los resortes por actuadores lineales que generan el movimiento mecánico. La automatización de la prensa disminuyó tiempos muertos, aumento en la producción por día, incrementado ganancias y seguridad para los operadores.

Automatización

El término automatización se refiere a una amplia variedad de sistemas y procesos que operan con mínima o sin intervención del ser humano. Un sistema automatizado ajusta sus operaciones en respuesta a cambios en las condiciones externas en tres etapas: mediación, evaluación y control.

La automatización en un equipo industrial transfiere tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos.

Un equipo automatizado consta de dos partes principales:

- Parte de Mando.
- Parte Operativa.

La parte operativa es la parte que actúa directamente sobre la máquina. Son los elementos que realizan los movimientos para que la máquina se mueva y realice la operación deseada. Los elementos que forman la parte operativa son los actuadores de las máquinas como motores, cilindros, compresores y elementos de entrada de señales como sensores, interruptores, fotodiodos, finales de carrera que se encargan de mandar órdenes o indicaciones.

La parte de mando es el cerebro que controla a la parte operativa algunos de ellos pueden ser un como un controlador lógico programable, una tarjeta de adquisición de datos, un microcontrolador.

“En síntesis, la Automatización Industrial se puede entender como la facultad de autonomía o acción de operar por sí solo que poseen los procesos industriales y donde las actividades de producción son realizadas a través de acciones autónomas, y la participación de fuerza física humana es mínima y la de inteligencia artificial, máxima. Recordemos que ésta es producto de la inteligencia natural, pero su manifestación en los sistemas de control es mediante la programación en los distintos tipos de procesadores, por lo que es artificial” (Quiroz, Control Industrial, Hacia un concepto moderno de la Automatización Industrial., Marzo 2004)¹

Reingeniería de la prensa.

En la realización de la reingeniería es necesario desglosar las partes más importantes que componen a la prensa y su utilización, siendo las siguientes:

Tolvas: es la parte destinada para el depósito, canalización y fragmentación de la sal.

¹

Contenedores: Depósitos de la sal antes de llegar a los llenadores, material del que están hechos son de metal.

Moldes: Recipiente donde es introducida la sal, están hechos de metal y su diámetro interior fue elaborado para que los punzones entraran con facilidad, lo anterior se ilustra en la figura 2.

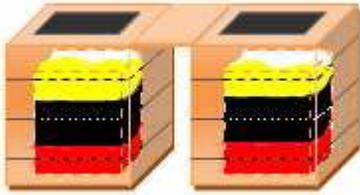


Figura 2 Dibujo de moldes para block de la prensa.

Pastillas: Se encuentran en el interior de los moldes, son manipuladas por un pistón hidráulico, estas pastillas pueden ser cambiadas para la elaboración de block podrán ser de diferente tamaño.

Punzones: Los punzones sirven para el prensado de la sal, son manipulados por un pistón hidráulico.

A continuación se describe, localiza y analizan las partes mecánicas a reutilizar, acoplar o mejorar y medir los componentes principales para proceder a realizar el cambio de las partes de la prensa necesarias para el control, adaptación, por motivos de confidencialidad solo se enlista las partes que la componen siendo las siguientes:

- Distancia del vástago que manipula los llenadores.
- Diámetro de los contenedores.

- Altura de los contenedores.
- Diámetro de los llenadores.
- Altura de los llenadores.
- Ancho de la base de los llenadores.
- Medida de los punzones.
- Medida de las pastillas.
- Largo de las placas.
- Ancho de las placas.

Se tomaron los tiempos de la función de los siguientes elementos:

- El tiempo en que tarda en bajar y subir el pistón D.
- El tiempo en que tarda en bajar y subir el pistón E.
- El tiempo en que tarda en bajar y subir el pistón F.
- El tiempo en el que el operador llena de sal los moldes.
- El tiempo del proceso.

El cambio de los resortes por actuadores se ilustra en la figura 3, quedando el croquis diseñado de la prensa con las modificaciones pertinentes para su funcionamiento.

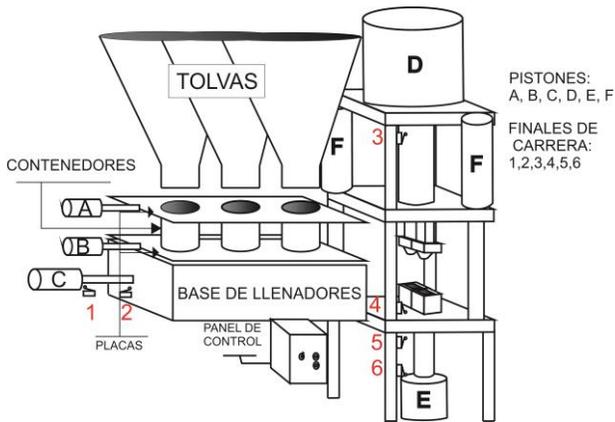


Figura 3 Dibujo del rediseño del croquis de la prensa hidráulica.

Se ilustra en la figura 4, la prensa real de 300 toneladas de fuerza para la compactación de la sal, donde se continuara con él desmontaje de los resortes, que provocan la obturación del paso de la sal, se llegó a la conclusión que no son la mejor opción para la manipulación de las placas, los resortes pierden sus propiedades con el tiempo y el uso continuo de su utilización por lo cual serán sustituidos por pistones hidráulicos de doble efecto.



Figura 4 Prensa Hidráulica.

La fuerza total resultante que aplican los resortes para ser sustituidos por actuadores, se realizó con una prueba del equipo de fuerza siendo de un total aproximado de 300 K, los cuales se mandaron fabricar por el bajo costo, a diferencia de los fabricados.

El siguiente paso es la realización de la programación de los movimientos de los actuadores, como se ilustración en la figura 5 la programación en Grafctet.

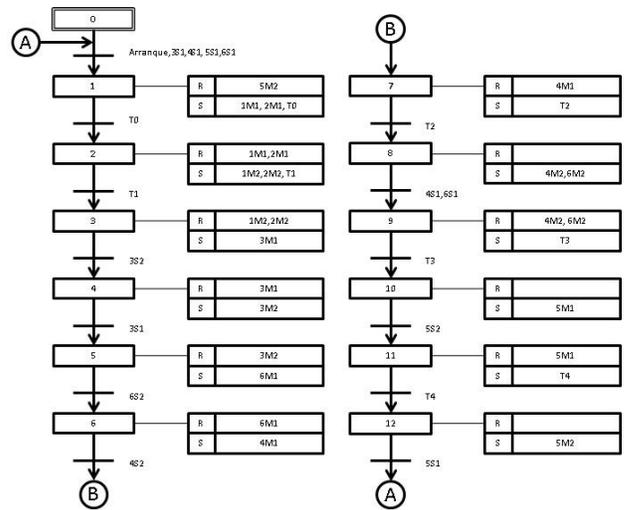


Figura 5 Grafctet de la Programación de la prensa.

Resultados

El presente documento permite muestra un panorama que pueden reutilizar la mayor parte de componentes de un equipo o proceso, así como brindar la confianza a los alumnos que tienen la capacidad para desarrollar proyectos con la asesoría adecuada,

Anexos

Documentación final del reporte integrado.

Agradecimiento

Un especial agradecimiento en primer lugar por el financiamiento al Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología de Jalisco (COECYTJAL), así como todas las facilidades a la empresa Sales del Golfo de Cortes S.A de C.V para la realización del proyecto y transferencia de conocimientos a los alumnos participantes que lograron su titulación de Técnico Superior Universitario en Mecatrónica, sin dejar de reconocer a nuestra Casa Madre la Universidad Tecnológica de Jalisco por la confianza brindada para la realización del proyecto.

Conclusiones

La mejora obtenida con la automatización fueron satisfactorio siendo de un 330 % el aumento de producción por día esto significa de 240 bloques pasaron a producir 800, diarios, provocando disminución de tiempos muertos.

Aun así puede mejorar la automatización del traslado de la sal por medio de gusanos transportadores a las tolvas.

Continuar después la expulsión de bloques prensados, que pasen al horno de secado y continuar hacia la emplayadora.

Se tiene contemplado en este año iniciar con la realización del anteproyecto para la implementación de la línea de producción, del horno y la emplayadora.

Referencias

Balcells, J. (1997). *Autómatas Programables*. México: Alfaomega - Marcombo.

Botlton, W. (2010). *Mecatrónica*. México: Alfaomega.

Quiroz, J. H. (Marzo 2004). Control Industrial, Hacia un concepto moderno de la Automatización Industrial. *Electro Industria*.

Sánchez, V. A. (2001). *Automatización Industrial Moderna*. México: Alfaomega-Rama.

Tello, S. S. (2013). *Sistemas Automáticos Industriales de Eventos Discretos*. México: Alfaomega.

Análisis e Invariancias en Gestos Faciales Primarios

MONTECILLO-PUENTE, Francisco†, SAMANO-ABONCE, Obed, LOPEZ-ENRIQUEZ, Renato & MEDINA-REZA, Alejandro

Instituto Tecnológico Superior de Salvatierra

Recibido 27 de Abril, 2015; Aceptado 10 de Junio, 2015

Resumen

El objetivo de este trabajo es realizar un análisis de gestos faciales humanos primarios a través del uso del sensor visión, la deformación dinámica temporal de señales y la mezcla de Gaussianas. Además, se presenta una base de datos de gestos faciales para participantes en México. También, se presenta una metodología para extraer invariancias en gestos faciales, así como un procedimiento para su clasificación. El sensor visión es utilizado para capturar información de gestos faciales primarios, estos son modelados mediante curvas generadas por un conjunto de puntos de interés. Estas curvas para ser comparadas entre si se normalizan a través del uso de la deformación dinámica temporal. Posteriormente, para extraer la propiedad de invariancia utilizamos la mezcla de Gaussianas, este mismo procedimiento nos permite desarrollar un mecanismo de clasificación de gestos. Las principales contribuciones de este trabajo son la generación de una base de datos de gestos faciales en México y la determinación de sus curvas invariantes.

Gestos Faciales, Visión por Computadora, Curvas Invariantes, Deformación Dinámica Temporal, Mezclas de Gaussianas

Abstract

In this work, an analysis of primary facial gestures is performed through the use of visual information, bsplines curves, dynamic time warping and Gaussian mixture models. Also, a procedure to build a database of facial gestures with Mexican people is presented. The facial gesture analysis provides insight to present a method to extract invariances in gestures. These invariances are used for gesture classification. First, the visual sensor is used to capture visual information of human facial gestures, which are modeled as curves generated from connected feature points. Next, dynamic time warping is used to normalize the curves in order to be compared. Then, a Gaussian Mixture procedure is used to extract and model invariances among the database of facial gestures. This model is used to classify new facial information into a primary gesture. The main contributions of this work are the creation of a new facial gesture database for Mexico and the presentation of a procedure to extract invariants curves from facial gesture information.

Facial Gestures, Computer Visión, Invariance Curves, Dynamic Time Warping, Gaussian Mixtures

Citación: MONTECILLO-PUENTE, Francisco, SAMANO-ABONCE, Obed, LOPEZ-ENRIQUEZ, Renato & MEDINA-REZA, Alejandro, Yedid. Análisis e Invariancias en Gestos Faciales Primarios. Revista de Tecnología e Innovación 2015, 2-3:476-486

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

El análisis de gestos faciales es uno de los tópicos más importantes en la actualidad debido a su amplio espectro de aplicaciones. Entre estas se encuentran el desarrollo de nuevas interfaces humano computadora, la generación de gestos faciales sintetizados por computadora, la robótica de servicio, así como la asistencia en cirugías medicas.

En la literatura se han reportado algunos resultados sobre el análisis de gestos faciales. Ekman and Friessen (1977) del área de psicología realizaron un amplio estudio sobre gestos faciales y establecieron un sistema de codificación de acciones faciales, FACS, para catalogar expresiones faciales. Este sistema se basa en cambios específicos en los músculos de la cara que son llamados Unidades de Acción (AU). Ekman and Friessen definieron en su estudio seis emociones básicas: felicidad, tristeza, enojo, sorpresa, disgusto y temor. Sin embargo, Parrot (2000) estableció que los seres humanos son capaces de expresar 136 estados emocionales. Estos estados emocionales son clasificados como emociones primarias, emociones secundarias y emociones terciarias. Cada emoción primaria se puede clasificar dentro de una emoción secundaria, y a su vez en una terciaria. Las emociones propuestas por Ekman corresponden a las emociones primarias definidas por Parrot. En ambos trabajos, los estados emocionales fueron extraídos mediante observación y su clasificación fue realizada por personas con un grado elevado de expertis en la materia. En la comunidad que estudia gestos faciales, el sistema FACS y los 136 estados emocionales se han establecido como un estándar.

Por otra parte, las áreas de visión, robótica, animación por computadora y la industria del entretenimiento han realizado esfuerzos orientados hacia la detección de rostros, clasificación de gestos faciales, desarrollo de nuevas interfaces humano robot y generación automática de expresiones faciales en actores digitales. Además, se han creado diferentes bases de datos de movimiento humano.

El sistema de reconocimiento de expresiones faciales espontaneas presentado en (Pfister et al., 2011) utiliza un modelo de interpolación temporal para la detección de expresiones, además crea una base de datos de expresiones a 100 cuadros por segundo. Se utiliza hardware especializado para capturar expresiones que tienen duraciones muy cortas, ya que con cámaras de video tradicionales no sería posible detectarlas. Los autores se enfocan al reconocimiento de expresiones primarias.

Actualmente, los robots son una realidad en la industria. Sin embargo, existen muchos esfuerzos para acercar la robótica a la sociedad, llamada robótica de servicio. Dentro de las áreas a explorar están: la creación expresiones faciales en los robots humanoides. En este caso, la dificultad radica en transformar movimientos faciales previamente capturados en señales eléctricas que alimentan los motores de la cabeza del robot, (Wu et al., 2009). En el trabajo desarrollado por Dalibard, Magnenat-Thalmann & Thalmann (2012) se realiza un estudio sobre los avances en la creación movimientos autónomos, emocionales y con apariencia humana en actores virtuales y robots de servicio.

En animación por computadora para crear expresiones faciales en actores digitales se utilizan diferentes métodos. La utilización de escáneres tridimensionales sobre el rostro en el que se marcan los puntos de interés han sido utilizados, (Bickel et al., 2007). Estos métodos se utilizan para crear geometrías de alta resolución, sin embargo el tiempo y la carga computacional requeridos son muy elevados. Li, Weise, & Pauly (2010) desarrollaron un método para transferir poses faciales a diferentes caracteres a través de un método de entrenamiento. Por otro lado, facciones características de los Coreanos fueron transferidas exitosamente a modelos tridimensionales del rostro, (Lee & Hur, 2007). Las etapas que se generalmente se siguen para la transferencia de gestos faciales a actores digitales son: la captura de datos, la transformación a una morfología específica y su transformación a una geometría final, (Orvalho, Parke & Alvarez, 2012). En trabajos más recientes se enfocan a transferir emociones a actores digitales mientras hablan, (Jia et al., 2014).

En el trabajo desarrollado por Mavadati et al. (2013) se hace énfasis en que para desarrollar sistemas de reconocimiento facial automático es importante contar con bases de datos confiables. Las bases de datos disponibles las categorizan principalmente en expresiones espontáneas y expresiones fingidas. Yana et al. (2014) realizan un análisis sobre los aspectos que se deben considerar para crear este tipo de bases de datos. En general, las bases de datos consisten de segmentos de videos etiquetados con un gesto. También, presentan la problemática de propiciar en los participantes las emociones de forma natural, así como las dificultades en su clasificación. Con la disponibilidad de sensores de profundidad se han creado bases de datos de gestos tridimensionales, (Zhanga et al., 2014).

Finalmente, en el área de investigación de medios es de interés estudiar las preferencias de los tele-espectadores. Por lo cual, las empresas crean paneles de personas para observar las expresiones de los mismos y determinar sus preferencias, Kodra et al. (2013). En medicina, los gestos faciales se han utilizado para determinar dolor en pacientes (Sikkaa, Dhallb & Stewart, 2014).

En el presente trabajo se reporta la creación de una base de datos siguiendo las recomendaciones mencionadas en la literatura, y el análisis de los datos a fin de extraer patrones característicos para los gestos primarios. Como objetivos se pretende extender la base de datos a todo México, a fin de incluir los distintos rasgos faciales representativos de nuestra sociedad ya que las bases que existen son para Asia, Europa o Norte América.

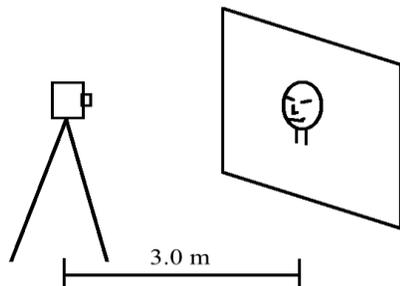
La problemática principal abordada en este artículo es determinar si en la población en México las expresiones primarias están presentes y si éstas presentan alguna invariancia. En la primera sección del artículo se presenta el protocolo seguido para crear la base de datos y un procesamiento preliminar de los datos. Posteriormente, en la segunda Sección se presenta un método para el análisis de la información de gestos faciales con la intención de verificar la existencia de curvas invariantes. Luego, en la Sección 3 se presentan un método para clasificar la información facial en un gesto primario. Los resultados obtenidos y su discusión se presentan en la Sección 4. Finalmente, las conclusiones del trabajo se presentan en la última Sección.

Datos Visuales de Gestos Faciales.

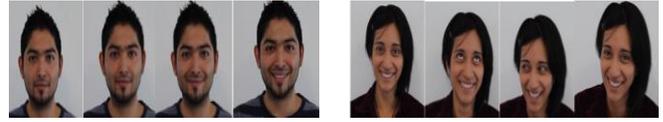
En esta sección se describe el protocolo a través del cual se capturaron los gestos faciales. Para este fin, se utilizó un cámara de video, a varios sujetos se les pidió que participaran para que fueran tomados en video realizando ciertas expresiones faciales. Luego, los videos fueron clasificados y algunos puntos de interés seleccionados de forma manual.

Información Visual de Gestos Faciales.

Para capturar la información visual de gestos faciales se preparó un espacio confortable para los participantes y con iluminación adecuada. Dicho lugar contaba con una cámara de video Canon HD con una capacidad de 30 fps y una resolución de 1280x720. Cada participante fue grabado durante el tiempo requerido para realizar los gestos solicitados, siempre a una misma distancia y tratando de que la cabeza del participante permaneciera en una misma orientación y ubicación. Luego, a cada participante se le dieron indicaciones de realizar cuatro gestos faciales primarios: feliz, enojado, triste y asustado. Para esto se solicitó que pensarán en algo relacionado con la expresión facial y que trataran de reflejarlo en su rostro. En la Figura 1, se ilustra cómo fueron capturadas los gestos, también se muestra una secuencia exitosa y una secuencia fallida.



(a)



(b)

(c)

Figura 1 Captura de expresiones faciales: a) Espacio de captura de gestos faciales, b) secuencia de captura correcta, c) secuencia de captura fallida, la persona gira su cabeza.

Para crear nuestra base de datos participaron 30 personas quienes recibieron las indicaciones antes mencionadas. Luego, estos datos fueron mostrados a 7 personas para clasificarlas y etiquetarlos. Las secuencias donde el movimiento de la cabeza era grande fueron descartadas.

Puntos de Interés de Gestos Faciales.

De la revisión bibliográfica que se consultó, determinar con información visual las Unidades de Acción definidas por Ekman (1977) es una tarea muy difícil, por lo que en su lugar se utilizan puntos de interés. Además, para detectar las emociones primarias en diferentes trabajos los puntos de interés que tienen en común están localizados en las cejas, la boca y la nariz. En este trabajo, se eligieron 17 puntos para realizar el análisis. Estos puntos consisten en un punto de referencia localizado en la nariz, 5 puntos para la ceja izquierda, 5 puntos para la ceja derecha y 6 puntos para los labios, estos puntos se muestran en la Figura 2.

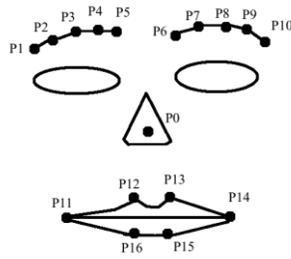


Figura 2 En esta imagen se muestra la enumeración de los puntos que se utilizan para el análisis de gestos faciales.

La localización de estos puntos fue extraída manualmente para cada segmento de video y por 5 participantes diferentes, esto con la finalidad de crear redundancia e incluir el factor humano en su apreciación. Dado que un gesto dura aproximadamente 2 segundos, la cantidad de puntos a seleccionar manualmente son $17 \times 2 \times 30 = 1020$ por gesto, por lo que se seleccionaron los cuadros donde se aprecia un cambio importante, luego los demás puntos se obtendrán por interpolación basada en curvas splines. La cantidad de cuadros por gesto tiene un rango $m = [9,15]$, por lo que cada gesto consiste de un vector $m \times 34$ ($m \square m$). En la Gráfica 1, se muestra la curva típica de una secuencia para el gesto correspondiente a la emoción de enojo de un participante sin pre procesamiento.

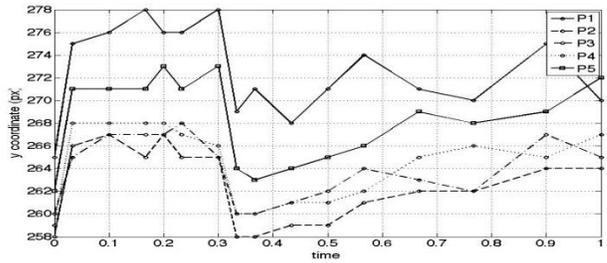
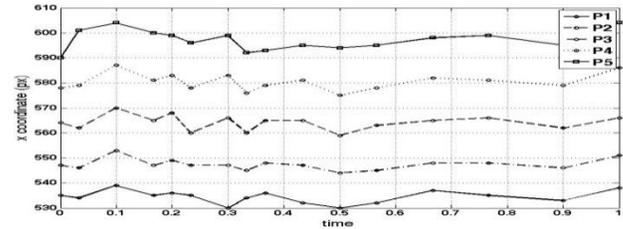


Gráfico 1 Patrón típico del gesto enojado para la caja. Se puede observar que algunos de los puntos su desplazamiento es muy pequeño.

Análisis de Información Visual de Gestos Faciales

La información capturada de los gestos faciales de cada participante no son comparables directamente entre sí debido a que tienen diferente duración y selección de cuadros. En esta sección se presenta la metodología empleada para normalizar los datos. Primero, se utiliza un interpolación spline y luego se aplica una deformación dinámica temporal.

Interpolación basada en Curvas bsplines

Debido a que para cada participante los gestos fueron extraídos manualmente por varias personas, sus curvas pueden no coincidir. Para hacer comparables las curvas se realiza un interpolación, en particular se utilizan curvas bsplines. La elección de estas curvas es porque tienen las características de producir curvas suaves y que tienen una cantidad fija de puntos que influyen localmente.

La interpolación spline se realiza utilizando la siguiente ecuación,

$$S(x) = \sum_{i=-\infty}^{\infty} A_i B_{i-k}^k(x) \quad (1)$$

donde B_m^k es la función base m de orden k , A_i son los coeficientes de interpolación y $S(x)$ es la función interpolada. Los coeficientes de interpolación A_i se determinan a partir de las condiciones sobre las funciones base y los puntos de control, (Prautzsch, Boehm, & Paluszny 2002). En la Gráfica 2, se muestran la interpolación bspline del punto P₁₁ para el gesto feliz.

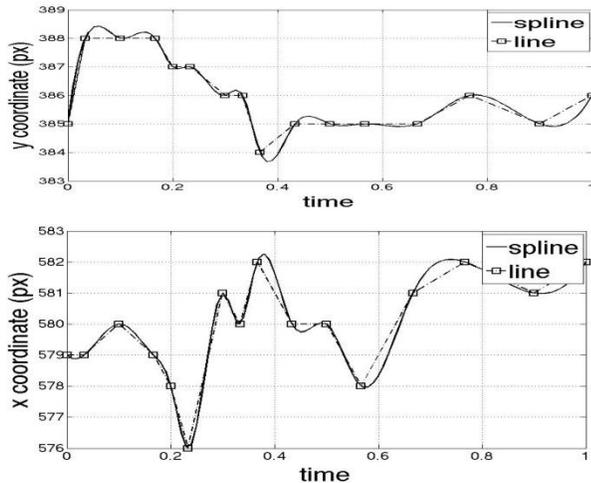


Gráfico 2 Forma de la curva interpolada del punto P₁₁, punto localizado en los labios. En la gráfica se muestran los puntos de control marcador con un cuadrado.

Deformación Dinámica Temporal.

Cuando se tienen señales que se desean comparar y estas se encuentran en el mismo intervalo temporal, una correlación puede ser suficiente. Sin embargo, hay situaciones donde el rango temporal no es el mismo, por tanto otras técnicas deben emplearse. Por ejemplo, en el reconocimiento de voz (Rabiner & Juang, 1993), en la escritura (Huang et al., 2010) y transferencia de movimiento humano, (Zhou, De la Torre, 2012). La deformación dinámica temporal consiste en lo siguiente: dadas dos señales temporales, una señal S_1 de longitud n y una señal S_2 de longitud m . La alineación de ambas se construye a partir de una matriz de $n \times m$, donde el elemento (i,j) de la matriz corresponde a la distancia cuadrada euclidiana entre los puntos S_1^i y S_2^j . La mejor correspondencia entre las dos señales, consiste en el camino en la matriz que minimiza la distancia total acumulada. En particular, el camino óptimo es el camino que minimiza el costo de deformación siguiente,

$$DWT(S_1, S_2) = \min\left\{ \sqrt{\sum_{k=1}^K W_k} \right\} \quad (2)$$

donde W_k es el elemento de la matriz de distancias $(i,j)_k$. Un conjunto contiguo de elementos de la matriz representa el mapeo entre S_1 y S_2 .

Detección de Invariencias en los Gestos Faciales.

Para determinar la existencia de invariencias en Gestos faciales con la misma etiqueta, se procede a analizar experimentalmente la información recopilada utilizando la mitad de los participantes. Cabe recordar que cada participante fue analizado por 7 personas. Por lo que la cantidad total de información para caracterizar un gesto son $30/2 \times 7 \times 17 \times 2 = 1575$.

El análisis realizado consiste en interpolar cada punto P_i para cada gesto facial con la misma etiqueta. Luego, cada curva interpolada se ajusta temporalmente utilizando la deformación dinámica temporal. La deformación dinámica temporal se aplica utilizando como señal de referencia S_1 la señal más larga, y la segunda señal S_2 es cada una de las otras señales restantes. Posteriormente, las curvas de deformación temporal obtenidas son analizadas, si existe una curva de deformación cuya distancia $\max \{D_{min}\}$ es pequeña, entonces se ha determinado una curva invariante. En las Gráficas 3, 4, 5 se muestran el procedimiento desarrollado para el gesto facial feliz.

En la Grafica 3, se presentan las curvas de los 17 puntos de la expresión facial feliz de algunos participantes. Se puede observar algunas curvas tienen diferente duración, es decir, los participantes realizan el gesto con diferente duración. Además, se puede observar que se sigue un patrón en sus curvas, regiones donde se aprecia más densidad. Este patrón es la evidencia de que en los gestos faciales existen invariantes.

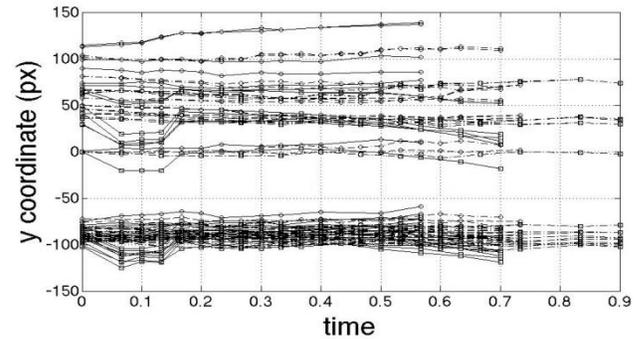
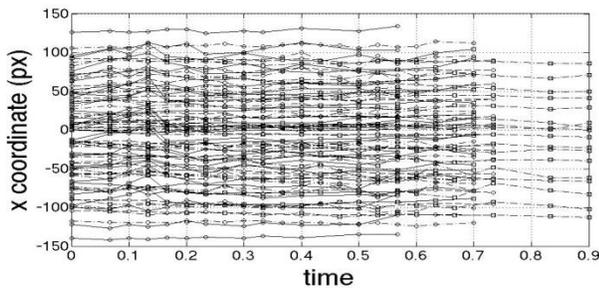


Gráfico 3 Conjunto de puntos para el gesto feliz, se muestran las coordenadas x y de cada punto.

Las gráficas interpoladas y deformadas en el tiempo son mostradas en la Gráfica 4, se puede observar suavidad en estas.

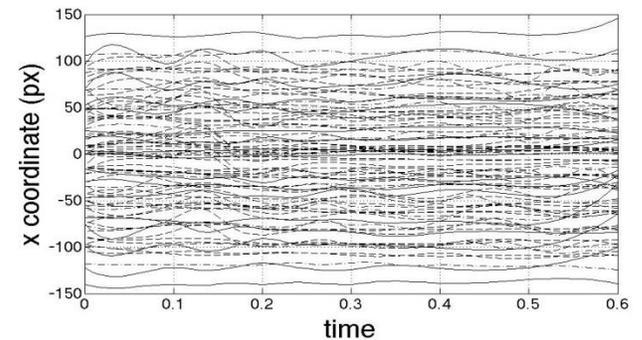


Gráfico 4 Conjunto de puntos para el gesto feliz, con interpolación bspline y a justadas en tiempo.

Clasificación de Gestos Visuales utilizando Mezclas de Gaussianas .

El procedimiento presentado en la Sección anterior tiene como objetivo mostrar la existencia o no de invariancias de forma experimental. Estas invariancias sirven de base, para implementar un clasificador supervisado basado en las mezclas de Gaussianas, (Gelman et al., 2013).

Mezcla de Gaussianas.

La distribución de una variable aleatoria $y \in R^d$ puede modelarse utilizando una mezcla de Gaussianas como,

$$p(y|\theta) = \sum_{k=1}^K w_k \cdot N(y; u_k, \Sigma_k) \quad (3)$$

donde $\theta = \{w_1, u_1, \Sigma_1, \dots\}$; w_k, u_k, Σ_k son el peso, media y matriz de covarianza para la k -ésima componente Gaussiana unimodal $N(\bullet)$. Dada una cantidad de n puntos $\{y_1, \dots, y_n\}$ en el espacio d -dimensional, R^d , el algoritmo EM estima en términos probabilísticos $w_k, u_k, \Sigma_k, k=1 \dots K$.

Modelado de Invariancias.

Dadas una cantidad n de curvas, donde cada curva es representada por un punto en el espacio d -dimensional, el algoritmo EM puede ser utilizado para modelar este conjunto de curvas como mezcla de Gaussianas. Por tanto, todas las curvas que representan gestos primarios pueden modelarse mediante la Mezcla de Gaussianas. Usando K componentes Gaussianas cada componente modela un gesto primario. Por tanto, las invariancias de los gestos son representadas por un componente unimodal Gaussiano. En la Gráfica 5, se muestra la curva invariante para el gesto Feliz, para una coordenada.

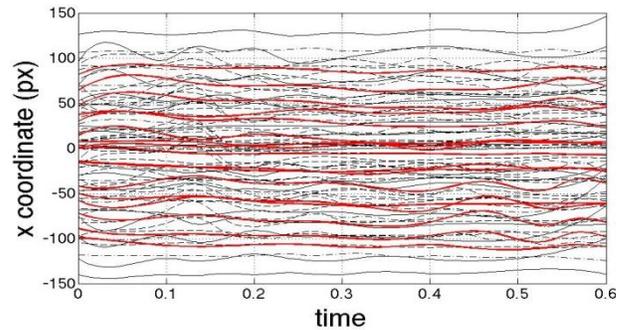


Gráfico 5 Gráfica de invariancia para el gesto feliz, la curva invariante se muestra en rojo.

Clasificación de Gestos

Dado que la mezcla de Gaussianas es una función de probabilidad multimodal, cuando un nuevo dato se evalúa se puede determinar el componente al que pertenece este nuevo dato. Análogamente, si las invariancias de los Gestos Faciales han sido modeladas con el uso de mezclas de Gaussianas, cuando se presente un nuevo gesto, este puede ser evaluado para determinar el gesto primario al que pertenece. Esto es, el nuevo gesto pertenece al componente con más probabilidad.

Para evaluar un nuevo gesto las curvas de los puntos de interés son primero interpolados, luego deformados dinámicamente respecto a la curva de deformación de cada gesto. Finalmente, el gesto representado por un punto N -dimensional es clasificado utilizando las probabilidades de la mezcla de Gaussianas.

Resultados y Discusión

Como resultados se ha creado una base de datos formada por secuencias de video de gestos faciales etiquetados como feliz, enojado, asombrado y triste. Además, para los gestos de cada participante se tiene la información de los 17 puntos de interés seleccionados para este trabajo.

El etiquetado y la selección de puntos fue realizado por otros 7 participantes de forma manual. En resumen, se cuenta con 120 secuencias de video con gestos faciales etiquetados y sus 17 puntos de interés marcados por 7 personas diferentes. *“Esta base de datos puede ser solicitada enviando un e-mail a alguno de los autores”*. Dentro de las dificultades encontradas para la creación de esta base de datos, fue que no todos los participantes pueden expresar los estados emocionales fácilmente. En general, los gestos de felicidad y enojo fueron realizados sin dificultad. De acuerdo a lo que se pudo notar, la razón por la cual algunos de los participantes no expresaban las emociones es porque se sentían un poco intimidados o nerviosos por que iban a ser grabados. Sin embargo, otros métodos para propiciar emociones espontaneas deben ser estudiados. Algunos de los videos que se capturaron fueron desechados debido a que no cumplían con los requerimientos que se establecieron.

Respecto a la detección de invariancias y clasificación de gestos, en los gestos faciales primarios Feliz, Enojado y Sorprendido se observo que sus curvas en general son diferentes. Sin embargo, la emoción de tristeza es difícil de detectar con los puntos de interés utilizados. De la observación de los videos, los participantes expresan tristeza sea inclinando la cabeza, cambiando su mirada o mediante otras partes del cuerpo como los hombros. Recordando que se utilizo solo una parte de los datos para entrenamiento, la otra parte se utilizo para prueba. Los resultados que se obtuvieron para el reconocimiento exitoso de gestos fue de 55%, 60%, 62% y 40% para los gestos feliz, enojado, sorprendido y triste respectivamente. Estos resultados son comparables con los reportados en la literatura, (Pfister, Li, Zhao, & Pietikainen 2011).

Para la comparación con otros trabajos, es difícil establecer un marco comparativo ya que se utilizan diferentes puntos de interés, diferentes información visual, además de diferentes infraestructuras de hardware. Este un área de oportunidad a explorar en un futuro. De aquí la importancia de contar con una base de datos común para que sea el medio de comparación entre los diferentes métodos.

Conclusiones

En este trabajo se presentó una nueva base de datos para el análisis de gestos faciales. Sin embargo, esta base de datos debe ser actualizada y mejorada. Los puntos a mejorar son contar con mayor cantidad de participantes, que incluya diferentes características de hardware, los movimientos de la cabeza, mirada y cuerpo sean considerados. Además, se deben incluir nuevas métodos para propiciar gestos faciales genuinos y espontáneos. Con la disponibilidad del sensor visual de profundidad y cámaras termo graficas, es posible incluir otro tipo de información para crear sistemas confiables autónomos de detección en línea, sobre un amplio rango de emociones. Ya que hasta el momento en la literatura existente solo se ha logrado detectar y clasificar automáticamente las emociones primarias y algunas secundarias. Por lo que nuevos algoritmos para la detección automática de emociones secundarias y terciarias es un área de oportunidad a explorar. Adicionalmente, se debe considerar el desarrollo de nuevas aplicaciones que incluyan el uso de sistemas autónomos de detección de emociones, tales como interfaces hombre-maquina para la robótica de servicio o interfaces que faciliten el aprendizaje en línea.

Referencias

- Bickel, B., Botsch, M., Angst, R., Matusik, W., Otaduy, M., Pfister, H. & Gross M. (2007). *Multi-Scale Capture of Facial Geometry and Motion*. ACM Transactions on Graphics (Proc. SIGGRAPH 2007), 26.
- Dalibard, S., Magnenat-Thalmann, N., & Thalmann, D. (2012), Workshop on Autonomous Social Robots and Virtual Humans at the 25th Annual Conference on Computer Animation and Social Agents.
- Ekman, P., & Rosenberg, E.L. (1997). *What the face reveals: basic and applied studies of spontaneous expression using the facial action coding system (FACS)*. Illustrated Edition, Oxford University Press.
- Gelman, A., Carlin, J. B., Stern, H. S., Dunson, D. B., Vehtari, A., & Rubin, D. B. (2013). *Bayesian Data Analysis*. Third Edition Chapman & Hall/CRC Texts in Statistical Science.
- Huang, G., Zhang, D., Zheng, X. & Zhu, X. (2010). *An EMG-based handwriting recognition through dynamic time warping*. Annual International Conference of the IEEE, Engineering in Medicine and Biology Society.
- Jia, J., Wu, Z., Zhang, S., Meng, H. M. & Cai, L. (2014). Head and facial gestures synthesis using PAD model for an expressive talking avatar. *Multimedia Tools and Applications*. 73(1), 439-461
- Kodra, E., Senechal, T., McDuff, D. & El Kaliouby, R. (2013). *From Dials to Facial Coding: Automated Detection of Spontaneous Facial Expressions for Media Research*. 10th IEEE International Conference and Workshops on Automatic Face and Gesture Recognition (FG).
- Lee, H.-C. & Hur, G.-T. (2007). *3D Face Deformation Using Control Points and Vector Muscles*. *International Journal of Computer Science and Network Security*, 7(4).
- Li, H., Weise, T., & Pauly M. (2010). *Example-Based Facial Rigging*. ACM Transactions on Graphics, Proceedings of the 37th ACM SIGGRAPH Conference and Exhibition.
- Mavadati, S.M., Mahoor, M.H., Bartlett, K., Trinh, P., Cohn, J.F. (2013). *DISFA: A Spontaneous Facial Action Intensity Database.*, *IEEE Transactions on Affective Computing*, 4 (2), 151 – 160.
- Orvalho, V., Parke, F. & Alvarez X. (2012). *A Facial Rigging Survey*. *Proc. Eurographics*, 32, 10 – 32.
- Parrott, W.G. (2000). *Emotions in Social Psychology*. Philadelphia: Psychology Press.
- Pfister, T., Li, X., Zhao, G. & Pietikainen, M. (2011), *Recognising spontaneous facial micro-expressions*. *IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV)*. 1449 – 1456.
- Prautzsch, H., Boehm, W. & Paluszny, M. (2002), *Bézier and B-Spline Techniques*. Mathematics and Visualization. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- Rabiner, L. & Juang, B. (1993). *Fundamentals of speech recognition*. Prentice Hall.
- Wu, T., Butko, N. J., Ruvulo, P., Bartlett, M. S., & Movellan J. R. (2007). *Learning to Make Facial Expressions*. 2009 Ieee 8th International Conference On Development And Learning.
- Sikkaa, K., Dhallb, A. & Stewart M. (2014). *Classification and weakly supervised pain localization using multiple segment representation*. *Image and Vision Computing*. Volume 32(10), 659–670.

Yana, W.-J., Wanga, S.-J., Liuc, Y.-J., Wud, Q. & Fu, X. (2014). *For micro-expression recognition: Database and suggestions*. Neurocomputing, 136, 82–87.

Zhanga, X, Yina, L., Cohnb, J. F., Canavana, S., Realea, M., Horowitza, A., Liua, P., Girardb, J. M. (2014). *BP4D-Spontaneous: a high-resolution spontaneous 3D dynamic facial expression database*. Image and Vision Computing. 32(10), 692–706.

Zhou, F. & De la Torre, F. (2012). *Generalized time warping for multi-modal alignment of human motion*. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition.

Impacto de la utilización del gas shale como combustible de reemplazo del gas natural en la fusión de escorias de oro y plata utilizando un horno híbrido

SANCHEZ-VALDES, Esteban†, PARGA-TORRES, José, VALENZUELA-GARCIA, Leonardo' & VALENZUELA-SOTO, Alejandro''

Instituto Tecnológico de Saltillo, Depto. de Graduados, Saltillo, Coahuila. Blvd. V. Carranza 2400, Saltillo, Coahuila México, C.P. 25000

'Universidad de Sonora, Depto. Ing. Química y Metalurgia, Hermosillo, Sonora, México .C.P. 83000.

Recibido 23 de Abril, 2015; Aceptado 3 de Junio, 2015

Resumen

Impacto de la utilización del gas shale como combustible de reemplazo del gas natural en la fusión de escorias de oro y plata utilizando un horno híbrido. El objetivo de este trabajo fue analizar las ventajas que presenta el gas shale respecto al gas natural para utilizarse dentro de procesos metalúrgicos en México. Se realizó la caracterización microestructural, se usó el análisis de espectroscopía de energía dispersiva, de lutitas y escoria de plata con la finalidad de conocer los elementos presentes para justificar esta investigación. Además, se realizó la determinación de los calores de combustión de reacción específicos de los principales hidrocarburos con el software HSC, el gas natural y el gas shale con el propósito de determinar la importancia del uso del gas shale. Asimismo, se diseñó un horno híbrido mediante el software SolidWorks Premium para utilizarse en el tratamiento de fusión de escorias de Au y Ag. La contribución de esta investigación radica en los impactos tecnológicos y ahorro económico dentro del sector minero metalúrgico de México, además del posible impacto ambiental al tratar un desecho sólido industrial considerado como resisuo peligroso.

Gas shale, escorias de oro y plata, horno híbrido.

Abstract

Impact of the use of shale gas as a replacement fuel for natural gas in the slag melting gold and silver using a hybrid furnace. The aim of this study was to analyze the advantages of shale gas for natural gas for use in metallurgical processes in Mexico. Microstructural characterization was carried out, the analysis of energy dispersive spectroscopy, shale and slag of silver in order to know the elements present to justify this research. Furthermore, the determination of specific heats of combustion reaction of the main hydrocarbons with HSC software, natural gas and shale gas in order to determine the importance of using shale gas. Also, was design a hybrid furnace by SolidWorks Premium software for use in the treatment of slag melting Au and Ag. The contribution of this research resides in technological impacts and cost savings in the metallurgical mining sector in Mexico, and the possible environmental impact in treating industrial solid waste considered as hazardous waste.

Shale gas, gold and silver slag, hybrid furnace.

Citación: SANCHEZ-VALDES, Esteban, PARGA-TORRES, José, VALENZUELA-GARCIA, Leonardo & VALENZUELA-SOTO, Alejandro. Impacto de la utilización del gas shale como combustible de reemplazo del gas natural en la fusión de escorias de oro y plata utilizando un horno híbrido. Revista de Tecnología e Innovación 2015, 2-3:487-496

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

La creciente demanda referente a la volatilidad del costo y consumo de recursos no renovables, petróleo y gas natural, ha generado la necesidad de buscar nuevas fuentes de energía más económicas. En este sentido, la producción de gas shale ha tomado un auge considerable en la última década y representa una buena alternativa ante esta problemática [1]. Países como Estados Unidos, Canadá y Rusia han utilizado el gas shale para la generación de electricidad existiendo una reducción de los costos de generación de 3 a 4 veces en comparación a la utilización de gas natural [2].

El gas shale en México

En las entidades del norte de México, Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas la exploración y extracción de hidrocarburos no convencionales tienen un estimado de extracción, económicamente viable cercano a 20 años [3] y se puede considerar como una estrategia tendiente al reemplazo del uso del gas natural en diversos procesos como el metalúrgico dentro de la fusión de escorias de oro y plata del sector minero del país. Además, la generación de electricidad puede resultar favorecida en el norte de México asociado a que en las ciudades de Piedras Negras, Nueva Rosita y Sabinas ubicadas en el norte del estado de Coahuila se encuentran empresas termoelectricas que emplean carbón mineral como materia prima para la generación de electricidad.

Sin embargo, la utilización del carbón mineral representa una importante problemática de contaminación en la frontera del México y Estados Unidos debido a las altas emisiones al medio ambiente de CO₂ y SO₂ altamente dañinas para los seres vivos [4], por lo cual, la utilización del gas shale puede representar un impacto ambiental positivo al remplazar el carbón asociado a que no tendrá emisiones de SO₂ por estar químicamente constituido por metano [5].

Esta hipótesis se justifica debido a que se conoce que el gas shale está constituido básicamente por el hidrocarburo metano, por tal razón, el poder calorífico y el calor de reacción de combustión específico es mayor en comparación al gas natural atribuido a que este último está constituido por una mezcla de hidrocarburos: metano, etano y propano, además de dióxido de carbono y nitrógeno.

El oro y la plata en México

En México la producción de oro y plata, obtenida del beneficio y tratamiento hidrometalurgico y pirometalurgico de minerales, se ha incrementado en la última década [6]. Este fenómeno está asociado a la incorporación de industrias privadas al país que han permitiendo optimizar la explotación de los yacimientos. Además, el precio en el mercado de estos metales ha presentado un incremento significativo, producto de su fortaleza como activos de inversión y elevada rentabilidad; durante el año 2012 el valor internacional de la onza de oro alcanzó el precio máximo registrado de 1851 dólares [6].

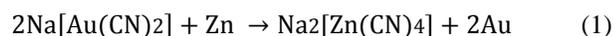
Existen tres fuentes para generar la oferta del Ag y Au; la producción minera, la venta de reservas de bancos centrales y el reciclaje de chatarra y desechos sólidos, escorias metalúrgicas. No obstante, la producción minera representa el 58% del total de la producción mundial.

Debido a esto, empresas mineras extranjeras como Goldcorp Inc., han concentrado inversiones en la exploración y extracción de minerales auríferos en México, solamente durante el año 2011 se ejerció un total de 6,124 millones de dólares, permitiendo al país ubicarse dentro los primeros 10 lugares en la producción mundial de oro y plata [6]; las entidades de Sonora, Chihuahua y Zacatecas, aportan el 70% de la extracción global en el país, el 30% restante está distribuido en Guerrero, Durango y San Luis Potosí [6]. En este contexto, se estima que para el año 2020 América Latina será líder en la producción de oro, plata y cobre, manteniendo la tendencia del proceso de minado a cielo abierto [6].

Recuperación de oro y plata mediante el proceso Merrill-Crowe

En México el proceso Merrill-Crowe (Figura 1) se utiliza comúnmente en la metalurgia extractiva del oro y plata. Este proceso está basado en la recuperación de metales preciosos por medio de su dilución en soluciones alcalinas de cianuro, en donde al adicionar polvo de zinc se favorece la cementación efectiva de los metales de Au y Ag que serán retenidos como precipitados en filtros prensa; la cianuración se lleva a cabo mediante las ecuaciones 1 y 2, para el Au y Ag, respectivamente [7, 8].

En el caso del oro la reacción es:



En el caso de la plata la reacción es:

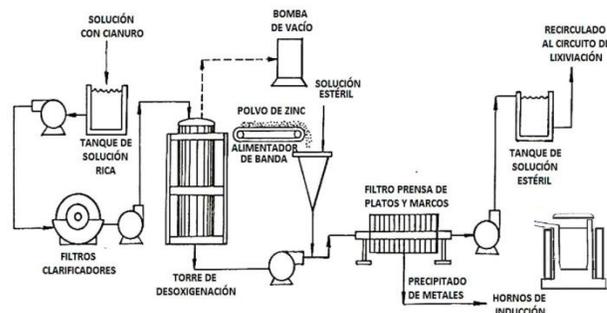
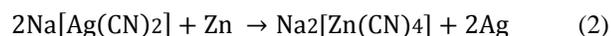


Figura 1 Proceso Merrill-Crowe [7].

El proceso de recuperación de oro y plata del precipitado obtenido en el filtro prensa, involucra dos etapas de tratamiento metalúrgico previo a la fundición, el cual, normalmente se realiza en un horno de inducción con la finalidad de obtener el Doré; lingote con alto contenido de Au y Ag. El precipitado, por lo general, tiene un porcentaje alto en contenido de oro y plata (70-90%) y normalmente la calidad depende del contenido de tierra diatomácea que se utiliza como material silicoso filtrante y también del contenido de cianidas que al igual que el oro y la plata se cementaron debido a una reacción electroquímica sobre la superficie de las partículas de zinc, que se emplearon como metal reductor de los iones de cianuro. Sin embargo, la fusión en el horno de fusión genera escoria como subproducto que contienen valores metálicos recuperables de Au o Ag [7]. La justificación de esta investigación está orientada a la resolución de la problemática en la generación de residuos peligrosos, escorias metalúrgicas con oro y plata asociado a que en la actualidad en México existen numerosos lugares que tienen este tipo de escorias, por lo cual, se propone el uso de un horno híbrido altamente eficiente que empleará gas shale para fundir las escorias con la finalidad de recuperar el Au y Ag que se encuentran ocluidos en el material silicoso que es la matriz que se ha encontrado en las escorias y mata, en diferentes minas en México.

También, se ha determinado que las escorias procesadas contienen una apreciable cantidad de fundentes, por lo que al volverse a tratar, por tratamiento pirometalúrgicos, dentro del horno híbrido solamente se utilizará una temperatura de 1200°C, por lo cual, se estima que este tratamiento será muy económico en comparación a la utilización de otro tipo de horno. Asimismo, el valor agregado de esta investigación está orientado al impacto tecnológico dentro del sector minero debido a que no existe un horno similar en operación.

Metodología experimental

Materia prima

Lutitas del periodo Terciario extraídas por la empresa Diversey Fall Well Login en el estado de Tabasco, México fue utilizada; 100 kg se proporcionó y se sometió a una etapa de homogenización y acondicionamiento. En el primer caso, se llevó a cabo el cuarteo convencional de la materia prima; 5 kg se seleccionaron y se sometieron a calentamiento a 60°C por 24h como acondicionamiento para eliminar la humedad remanente, para este fin se empleó una estufa de secado marca lab-line modelo 3628.

Escoria de plata (Figura 2) del proceso de cementación, Merrill-Crowe, se donó por la empresa Grupo Minero Basis S. A de C. V del estado de Durango, México; 200 kg de escoria se sometió a un cuarteo convencional con la finalidad de obtener muestras homogéneas de 5 kg con tamaño promedio de una pulgada.



Figura 2 Escoria de plata proporcionada por la empresa Grupo Minero Basis S. A de C. V.

Determinación de la densidad

Diez muestras representativas de lutitas y escoria de plata (Figura 2 y Figura 3) se seleccionaron y se procedió a determinar la densidad utilizando el método del picnómetro, para este caso se empleó tolueno como líquido auxiliar a temperatura ambiente. Un picnómetro de cristal y una balanza analítica marca Ohaus Explorer modelo EX623 se utilizaron, los resultados se obtuvieron mediante la incorporación de los datos de las masas y las densidades a la ecuación 3.

$$d = \frac{(m_1 - m)(d_1 - d_a)}{m_3 + m_1 - m - m_2} + d_a \quad (3)$$

Donde **d** es la densidad del cuerpo a medir, **d₁** es la densidad del líquido auxiliar, **d_a** es la densidad del aire, **m** es la masa del picnómetro, **m₁** es la masa del picnómetro con muestra, **m₂** es la masa del picnómetro con muestra y líquido, y **m₃** es la masa del picnómetro con líquido.



Figura 3 Lutitas proporcionadas por la empresa Diversey Fall Well Login en el estado de Tabasco.

Caracterización microestructural

Se utilizó un microscopio electrónico de barrido (MEB) marca Joel JSM modelo 6610LV con detector de espectroscopia de energía dispersiva (EDS) para determinar semicuantitativamente la composición química, en porcentaje en peso elemental para las lutitas y la escoria de plata. El equipo trabajó con un voltaje de 20 kV y una distancia focal de trabajo de 10 a 11 mm. Además, se observó la morfología utilizando la técnica de electrones secundarios en las lutitas.

Determinación termodinámica

Se llevo a cabo la determinación de los calores de reacción de combustión específicos para el gas shale, gas natural y los principales hidrocarburos con la finalidad de analizar la viabilidad de sustituir el gas natural como combustible por el gas shale dentro de los procesos metalúrgicos de la fusión de escorias con alto contenido oro y plata provenientes del sector minero. Para éste fin, se empleó el software HSC versión 7.1 utilizando una temperatura de 25°C para la obtención de los resultados.

Diseño del horno híbrido de gas shale

Se utilizó el software SolidWorks Premium versión 2012 con el propósito de crear el diseño de un horno híbrido prototipo, de alta eficiencia, para la fusión de escorias de oro y plata, en el cual se utilice gas shale como combustible de reemplazo del gas natural.

Resultados

Densidad

Los promedios de densidad para las lutitas y la escoria son de 2.1 y 3.2 g/cm³ respectivamente, siendo adecuado para ambos casos. Las lutitas pueden presentar variación de densidad asociado a diversos factores como los son:

- a) El porcentaje en peso de diversos elementos químicos como el Si, Al, Mg, S entre otros que pueden estar presentes, y que, presentan variaciones en función de la región de formación de las rocas de lutitas.
- b) La porosidad de las rocas de lutitas presenta variación en función de la diagénesis; está asociada a las condiciones de formación y a la localización de la escala estratigráfica [9].

En el caso de la escoria puede existir variación de la densidad debido a las condiciones de formación durante el proceso de fusión de los concentrados de oro y plata, así como la porosidad, la cual está fuertemente influenciada por las condiciones de enfriamiento [9].

Caracterización microestructural

En la Figura 4 se muestra la microestructura de la lutita obtenida por MEB utilizando la técnica de electrones retrodispersados apreciándose el contraste composicional así como cristales de forma irregular con tamaño inferior a 40 µm.

Además, se presentan los espectros de EDS donde se detectó la presencia del C, O, S y Ba mayoritariamente en el área analizada del cristal blanco, se estima que la presencia de Ba y S puede ser atribuida a que se trata de una partícula atípica perteneciente a algún estrato ajeno a la lutita, el cual, se incorporó a la muestra durante el proceso de extracción. En el área perteneciente a los cristales oscuros se detectó la presencia de C, O, Mg, Al, Si y Fe en un contenido superior al 97% en peso (Tabla 1). Además, se detectó Na, S, K y Ca en cantidades no mayores al 3% en peso. Es importante hacer mención que el contenido de C del 10.78 % en peso es adecuado atribuido a que se considera que un porcentaje alrededor del 10% en peso de C es idóneo en las lutitas que serán estimuladas para la generación y obtención del gas shale [9].

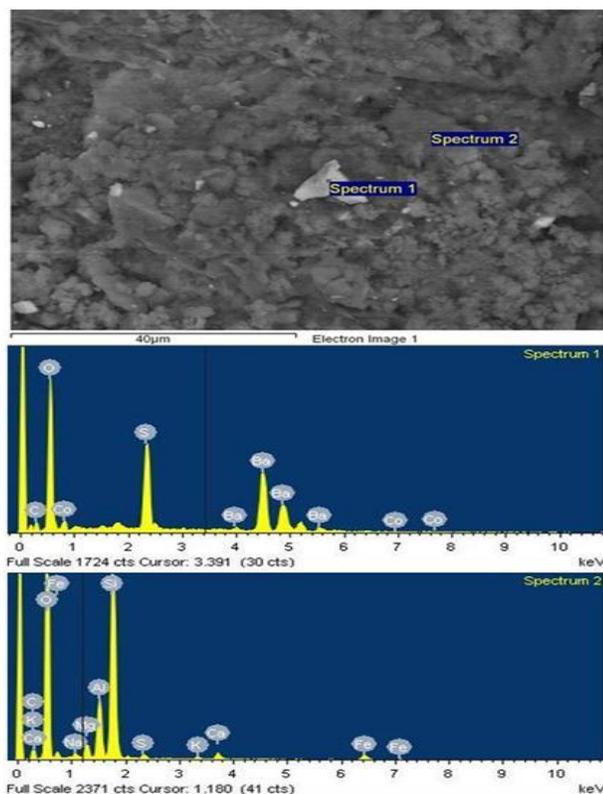


Figura 4 Micrografía y espectros de EDS de la lutita.

La Tabla 1 enlista la composición química, en por ciento en peso, de los elementos presentes en las zonas correspondientes al análisis de EDS del cristal blanco y oscuro, respectivamente, sobre la microestructura de la lutita.

Elemento	% en peso	
	Spectrum 1	Spectrum 2
C	8.69	10.78
O	41.14	62.07
Na	-----	0.50
Mg	-----	1.31
Al	-----	4.85
Si	-----	17.13
S	11.03	0.44
K	-----	0.30
Ca	-----	0.83
Ba	39.15	-----
Fe	-----	1.79
Co	0.01	-----

Tabla 1 Composición química de los análisis de EDS en la muestra de lutita.

La Figura 5 muestra la micrografía obtenida por MEB así como los espectros de los análisis de EDS de la escoria de plata. Se apreció que el cristal blanco está constituido por C, Mo, Ag, Fe y Mo, mientras que, en el cristal oscuro está presente el C, O, Si, S, Ag, Fe y Pb. Los contenidos metálicos de Fe y Pb y principalmente el Ag son recuperables y es conveniente el procesamiento de la escoria con la finalidad de obtener estos metales. Se estima que una alternativa viable es la incorporación del horno híbrido que utilice gas shale como combustible asociado al calor de reacción específico de éste gas en comparación al gas natural. El análisis morfológico de la lutita realizado por MEB utilizando la técnica de electrones secundarios se muestra en la Figura 6 a 100X y 1500X. A 100X (A) se apreció una morfología con una superficie densa.

No obstante, a 1500X (B) se observan partículas conglomeradas con tamaño heterogéneo así como porosidad. A 1500X (C) se presenta una morfología más homogénea en forma de hojuelas relativo al área (B), además de observarse porosidad inferior a 10 µm. La porosidad es un factor importante en las lutitas atribuido a que durante la estimulación dentro de la operación de la fracturación hidráulica, el gas generado tiende a trasportarse a través de los poros permitiendo su posterior captación [9].

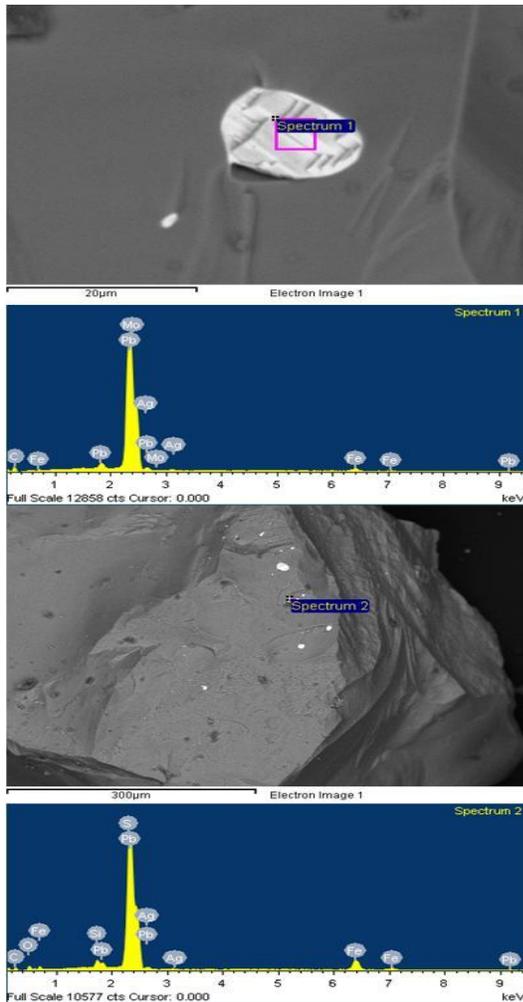


Figura 5 Micrografías y espectos de EDS de la escoria de plata

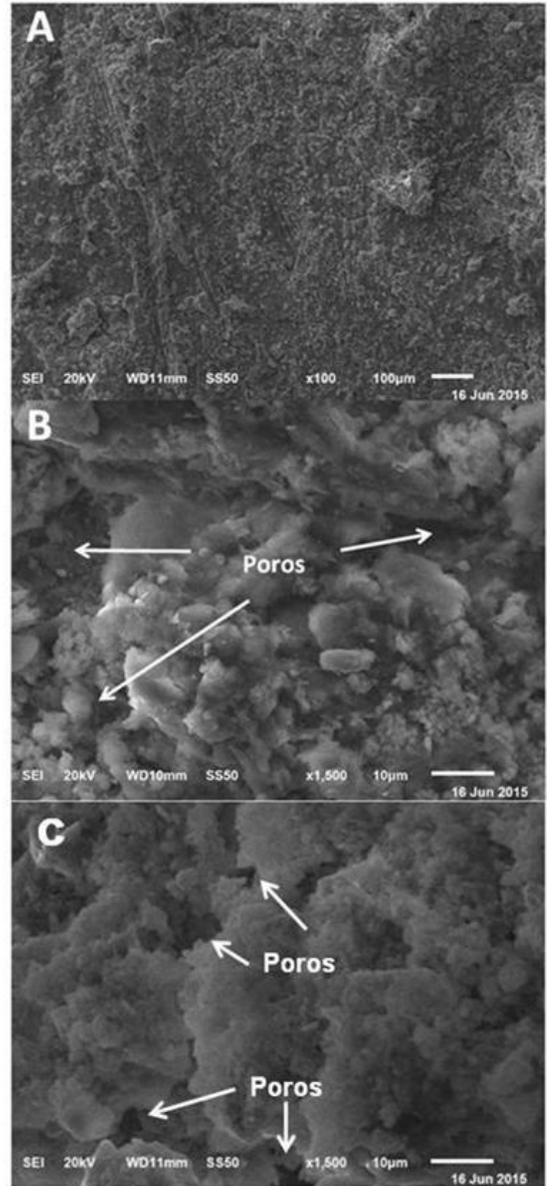


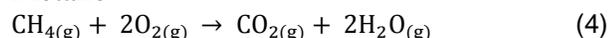
Figura 6 Micrografías de la morfologías de la lutita a 100 X (A) y 1500 X (B y C).

Calores de reacción específicos

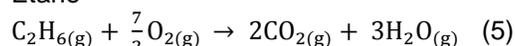
Las reacciones de combustión para los principales hidrocarburos se indican en las ecuaciones 4-8 y la Tabla 2 muestra los calores de reacción de combustión específicos.

Se observa que los cálculos del software HSC demuestran que el metano presenta el mejor valor en kJ/kg. Esto es importante debido a que el gas shale está constituido básicamente por este hidrocarburo [5].

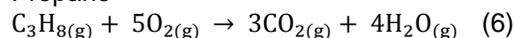
Metano



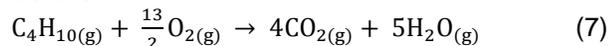
Etano



Propano



Butano



Pentano



Hidrocarburo	$\Delta H_r(25^\circ\text{C})$ (kJ/mol HC)	$\Delta H_r(25^\circ\text{C})$ (kJ/kg HC)
Metano	- 802.55	- 50 159.375
Etano	- 1 427.804	- 47 593.467
Propano	- 2 043.973	- 46 453.930
Butano	- 2 657.003	- 45 810.397
Pentano	- 3 272.042	- 45 445.027

Tabla 2 Calores de reacción de combustión específicos de los principales hidrocarburos.

La Tabla 3 presenta las composiciones, molar y en masa, aproximadas de hidrocarburos que constituyen el gas natural, siendo el metano el principal constituyente. No obstante, este gas está constituido por una mezcla de metano, etano propano, dióxido de carbono y nitrógeno que proporcionan un calor de reacción de combustión específico de - 47 788.115 kJ/kg (Tabla 4).

Si se considera que el gas shale está constituido únicamente por metano se obtiene un calor de reacción combustión específico con un valor de - 50159.375 kJ/kg (Tabla 5), lo cual es mejor en comparación al gas natural, y por ende, puede resultar en el menor consumo de combustible durante la sustitución del gas natural en diversos procesos industriales.

Hidrocarburo	Composición Molar	Composición Masa
Metano	0.92	0.84
Etano	0.04	0.07
Propano	0.02	0.05
Dióxido de Carbono	0.01	0.02
Nitrógeno	0.01	0.02

Tabla 3 Composiciones molares y en masa de los hidrocarburos presentes en el gas natural.

Hidrocarburo	$\Delta H_r(25^\circ\text{C})$ (kJ/kg HC)	$\Delta H_r(25^\circ\text{C})$ (kJ/kg gas)
Metano	- 50 159.375	- 42 133.875
Etano	- 47 593.467	- 3 331.543
Propano	- 46 453.93	- 2 322.697
Dióxido de Carbono	---	---
Nitrógeno	---	---
	Total	- 47 788.115

Tabla 4 Calor de reacción de combustión específico del gas natural.

Hidrocarburo	$\Delta H_r(25^\circ\text{C})$ (kJ/mol HC)	$\Delta H_r(25^\circ\text{C})$ (kJ/kg HC)
Metano	- 802.55	- 50 159.375

Tabla 5 Calor de reacción de combustión específico del gas shale.

Horno híbrido

La Figura 7 muestra el diseño del horno híbrido que representa una innovación tecnológica, en la cual, se tiene la combinación de un horno de cubilote que cumple la finalidad de fundir las escorias, con un tamaño de hasta 5 pulgadas de diámetro, de oro y plata. Este horno está estratégicamente diseñado para alimentar el fundido, rico en valores metálicos, a un segundo horno que es un reactor de reverbero el cual tiene por objetivo mantener el fundido a una temperatura homogénea para poder promover una adecuada recuperación del Au y Ag presentes. La Figura 8 muestra diseño del interior del horno híbrido, debido a las características de este equipo existe la tendencia de incorporar gas shale como combustible alternativo del gas natural promoviendo la utilización de una fuente alternativa de energía económicamente menor, y con mayor eficiencia respecto al uso del combustible convencional.

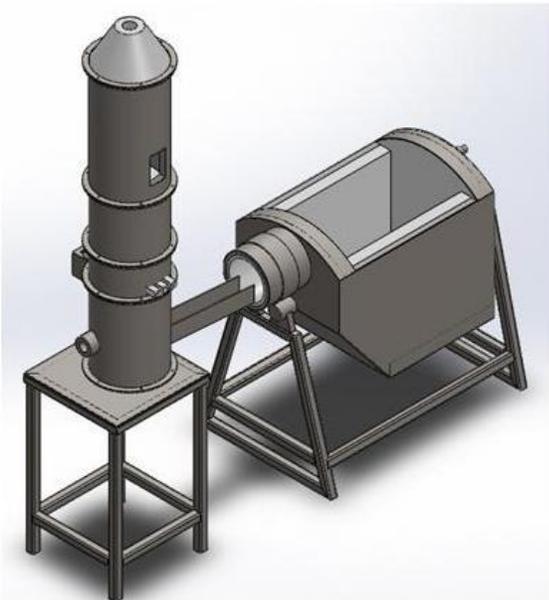


Figura 7 Diseño del horno híbrido.

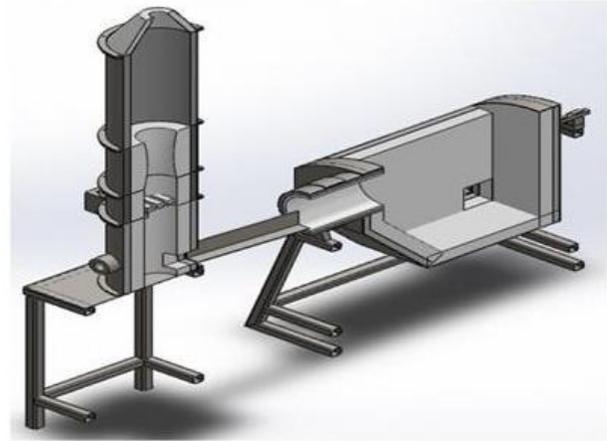


Figura 8 Diseño del interior del horno híbrido.

Conclusiones

El uso del gas shale en México representará, en años próximos, una importante alternativa como fuente de energía que podrá ser aplicado en diversos sectores como en la generación de electricidad y los procesos metalúrgicos asociado al mayor calor de reacción de combustión específico en comparación al gas natural. Además, respecto al carbón mineral, utilizado en la generación de electricidad, no presenta la problemática de la liberación de SO_2 al medio ambiente.

Los resultados de EDS de las lutitas revelaron un porcentaje superior al 10% en peso de carbono, por lo cual, se considera que este material es adecuado para la estimulación mediante el proceso de fracturación hidráulica con la finalidad de obtener el gas shale. Con respecto a los espectros de EDS en la escoria se observó la presencia de plata apremiando el tratamiento pirometalúrgico de este desecho para poder recuperar los valores metálicos.

La utilización del horno híbrido representa un impacto tecnológico asociado a que actualmente no existe un horno similar.

Además, existe la tendencia de un impacto ambiental positivo al poder aplicarse en el tratamiento de residuos sólidos, escorias de oro y plata, que se consideran como materiales peligrosos.

Agradecimientos

Se agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada, al Tecnológico Nacional de México (Instituto Tecnológico de Saltillo) por el apoyo incondicional para la realización de este estudio. Así como al Grupo Minero Basis por la donación de la escoria de plata y a la empresa Diversey Fall Well Login por la donación de las lutitas.

Referencias

KHOJASTEY Yaser y ADAMS Thomas. Shale gas for the petrochemical industry: Incorporation of novel technologies. *Computer Aided Chemical Engineering*. 2014. 34: 603-608.

PAPATULICA Mariana. Arguments pro and against shale gas exploitation worldwide and in Romania. *Procedia Economics and Finance*. 2014. 8: 529-534.

DE LA VEGA Angel, RAMÍREZ Julian y ORTÍZ Rosalba. El gas de lutitas (*shale gas*) en México. Recursos, explotación, usos e impactos. Mesa de Discusión "La Revolución del Shale Gas. Recursos, Explotación, Usos e Impactos". CIICH-UNAM. 2013. 1:1-21.

LIN Chen y PARGA José. Characterization of washability of some Mexican coals. *Coal Preparation*. 1999. 20: 227-245.

KHOJASTEY Yaser y ADAMS Thomas. A novel polygeneration process to co-produce ethylene and electricity from shale gas with zero CO₂ emissions via methane oxidative coupling. *Energy Conversion and Management*. 2015. 92: 406-420.

JUÁREZ Guillermo. Cinética de la recuperación de plata y oro en los sistemas Ag-CN-S₂O₄ y Au-S₂O₃-S₂O₄.O₂. Tesis doctoral. Doctorado en ciencia de los materiales. Universidad Autónoma del estado de Hidalgo. 2007.

PARGA José y WAN Richard. Zinc-dust cementation of silver from alkaline cyanide solutions analysis of Merrill-Crowe plant data. *Minerals and Metallurgical Processing*. 1986. 1: 170-176.

VIRAMONTES Gonzalo, MEDINA Magdaleno y LÓPEZ Alejandro. Fundamental considerations on the mechanisms of silver cementation onto zinc particles in the Merrill-Crowe process. *Journal of colloid and interface science*. 2005. 282: 408-414.

DYNY Junior. Geology and Resources of some world oil-shale deposits, Reston Virginia, EUA: Investigaciones Científicas del Servicio Geológico de EUA. 2006. Informe 2005-5494.

Sistema de Concentración de Energía Solar Térmico de Temperatura Media para Calentar una Plancha Metálica

MELLADO-Carlos†, OROZCO-Eber, GALAN-Néstor & MEJIAS-Nildia

Universidad Politécnica de Sinaloa

Recibido 12 de Abril, 2015; Aceptado 12 de Junio, 2015

Resumen

La **concentración solar** tiene un campo de aplicación muy amplio, desde estufas solares a grandes equipos de generación de energía eléctrica. En el estado de Sinaloa la **radiación solar** media diaria oscila entre 5.3 kWh/m² a 5.6kWh/m² en todo el año, lo cual hace propicio el desarrollo de concentradores solares que se pueden utilizar entre otras aplicaciones, para la cocción y preservación de alimentos contribuyendo al ahorro energético y al desarrollo sustentable. En esta investigación se estudia el aprovechamiento de la **energía solar** para aplicaciones de cocción y calentamiento de alimentos. Se ha diseñado y analizado un sistema de concentración solar parabólico cilíndrico que permite la cocción de alimentos y de forma alterna mantenerlos a temperaturas apropiadas para su consumo.

Energía solar, temperatura, calor

Abstract

The **solar concentration** has a big application field since solar stoves for big electrical generation systems. In Sinaloa state the average **solar radiation** daily fluctuates between 5.3 kWh/m² and 5.6kwh/m² during all the year, these conditions make the development of solar concentrators possible with a lot of applications, for example: when cooking and conservating food, in that sense contributing saving energy and the sustainable development. In this research the exploitation of **solar energy** is studied for the application of boiling and the heating of food. It has designed and analyzed a system of parabolic solar concentrator that allows the cooking of food and in alternate form to keep temperature suitable for consumption. Therefore, in this research a parabolic solar concentrator has been designed and analyzed which allows cooking food and an alternative way keeping the appropriate temperature for its consumption.

Solar Energy, temperature, hit

Citación: MELLADO-Carlos, OROZCO-Eber, GALAN-Néstor & MEJIAS-Nildia. Sistema de Concentración de Energía Solar Térmico de Temperatura Media para Calentar una Plancha Metálica. Revista de Tecnología e Innovación 2015, 2-3:497-501

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

En la actualidad enfrentamos grandes desafíos a causa del consumo de combustibles fósiles, por lo que la debemos mirar a otras fuentes de energía, como la solar, la cual ofrece una solución práctica, limpia y viable en contra de la problemática del calentamiento global y la demanda energética. (Estrada C.2005).

Hoy en día existe una marcada tendencia por el óptimo aprovechamiento de la energía solar, esto a su vez proporciona una creciente disminución de costos y resulta una alternativa pro-medio ambiente. La concentración solar tiene un campo de aplicación muy amplio, que va desde aplicaciones para calentamiento de agua, estufas solares y grandes equipos de generación de energía eléctrica, además de ser una alternativa de energía limpia. (Müller-Steinhagen H. y Trieb F. 2004).

En el ámbito industrial, la concentración solar se encuentra en grandes parques con heliostatos como el de Abu Dubái, en términos de investigación en México se encuentra el Horno Solar de Alto Flujo Radiativo, por mencionar uno, y un sin número de aplicaciones de sistemas de deshidratación de frutas, estufas solares, desalentadoras, calentadores de fluido, etc.

Es por ello que las aplicaciones de los colectores parabólicos se han generalizado, desarrollándose más los diseños de centrales solares para la generación de energía eléctrica, posteriormente seguido en aplicaciones de viviendas con diseño bioclimático, así mismo para el mejoramiento de deshidratadores solares, como sistema de precalentamiento de destiladores solares, aumento de la temperatura en cámaras de generación de biogás, entre otros. (Quinteros J. 2008).

Es de aquí donde surge el interés por diseñar y construir un sistema de concentración solar parabólica cilíndrica, y a su vez, analizar su comportamiento. porque es importante.

Materiales y Métodos.

Para el estudio se diseñó y construyó una parábola cilíndrica de una lámina de acero inoxidable acabado tipo espejo, la cual fue montada en placas de madera con la forma de la parábola, figura 1, para las pruebas se utilizó agua común y glicerina, esta última por tener un grado de ebullición de aproximado de 290 °C con la finalidad de evitar el incremento en la presión dentro del tubo. Se consideró un foco de la parábola de $p = 20$.



Figura 1 a) montaje de lámina en la madera, b) Concentrador parabólico cilíndrico ya terminado

Para la capturar las imágenes se empleó una cámara termográfica de la marca Fluke modelo Ti10 con las especificaciones que se indican en la Tabla 1. Las imágenes fueron capturadas a una distancia de 45 cm de la parte de interés del tubo receptor. Las imágenes termográficas se registraron en un intervalo de tiempo de una hora, con la finalidad de estimar el incremento en la temperatura del tubo.

Rango de temperatura	-20°C a +250°C
Precisión	+/- 2 %
Campo de visión	23° x 17°
Resolución espacial	2.5 mRad
Mínima distancia de enfoque	Térmico 15cm Visible 46cm
Detector	160 x 120 Matriz de plano focal
Enfoque	Manual
Sensibilidad Térmica	≤0.2°C a 30°C
Banda espectral Infrarroja	7.5µm a 14µm
Resolución Visual	640 x 480

Tabla 1 Características de la cámara infrarroja Fluke-Ti10.

El tubo receptor se construyó a partir de un tubo de cobre de 1.25 pulgadas, se pintó de negro y se le colocó un manómetro para monitorear la presión. La intención final de este colector es aumentar la temperatura del fluido en el tubo receptor, el cual fluirá por el sistema que conecta al tubo del concentrador solar con el intercambiador de calor, el cual mantendrá la temperatura deseada de los alimentos. En la Figura 3 y 4 se muestra un esquema del sistema.

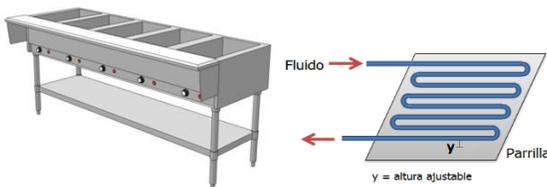


Figura 3 Esquema del sistema de la plancha de cocina

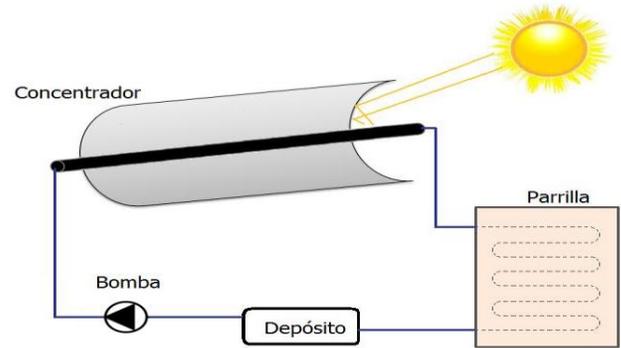


Figura 4 Esquema del sistema acoplado, concentrador y plancha de cocina

Resultados y discusión

Caracterización térmica del colector, en la figura 6 es mostrado el comportamiento de la temperatura de dos fluidos a lo largo del tubo receptor. Como se puede apreciar, la distribución de la temperatura a lo largo del receptor presenta pequeñas fluctuaciones, sin llegar a ser muy diferentes, lo cual sirve para demostrar que la temperatura es similar a lo largo del tubo.

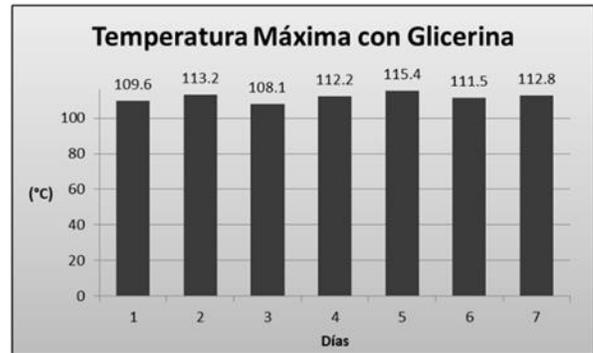


Figura 6 Comportamiento de la temperatura en el tubo receptor con glicerina

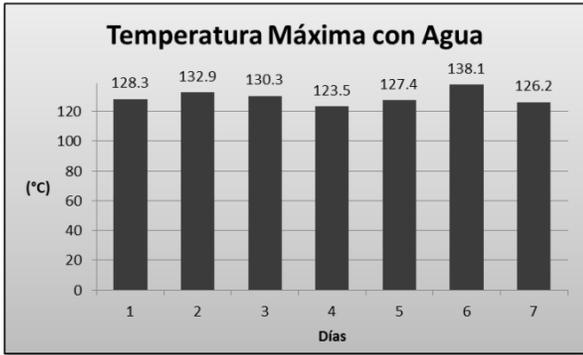


Figura 7 Comportamiento de la temperatura en el tubo receptor con glicerina

En la figura 8, se muestran los perfil de temperaturas logrado tanto para el agua como la glicerina, se puede apreciar que en la prueba con agua el tiempo para lograr una mayor temperatura fue menor, que en el de la glicerina, pero para el agua se presentó un incremento significativo (ver figura 7c) en la presión, mientras que en la glicerina no hubo ningún incremento.

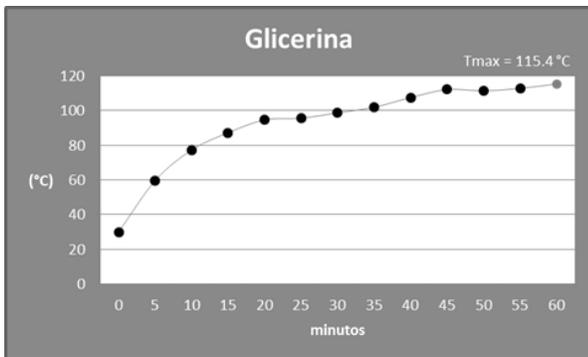


Figura 8 Perfil de la temperatura en el tubo receptor con glicerina

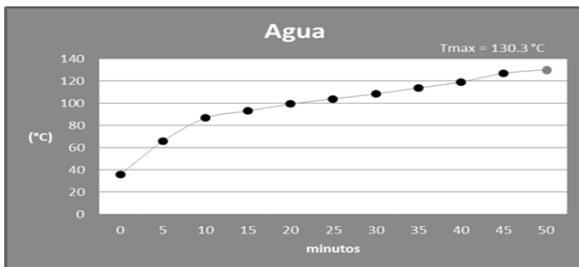


Figura 9 Perfil de la temperatura en el tubo receptor con agua

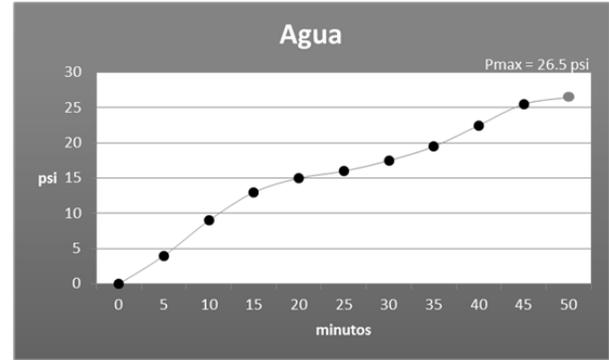


Figura10 Perfil de presión el en tubo receptor con agua.

Agradecimientos

A la Universidad Politécnica de Sinaloa, por el apoyo para la realización del prototipo.

Conclusiones

Con el diseño propuesto del concentrador solar se lograron obtener valores apropiados en la temperatura del fluido, con lo cual se entiende el potencial en este tipo de aplicaciones, sin embargo dentro de las mejoras al prototipo se encuentra la adaptación de un sistema de seguimiento para evitar pérdida del punto focal, así como la estimación de perdidas de calor y el aislamiento de las partes que conectan al tubo receptor con el intercambiador de calor. Lo cual permitirá tener una mayor temperatura en el fluido y por ende mantener los alimentos en las condiciones apropiadas.

Referencias

Estrada C., et. al., (2005), “Visión a Largo Plazo Sobre la Utilización de las Energías Renovables en México”, México, mayo 2005.

Müller-Steinhagen H. y Trieb F. (2004), “Concentrating solar power, a review of the technology”, Quarterly of the Royal Academy of Engineering Ingenia 18, February/March.

Quinteros J. (2008), “Estudio teórico y experimental de colector solar parabólico para generación de energía eléctrica”, tesis, Universidad de Chile. sistema APA

Creación de un microlaboratorio VOIP configurando PBX con software libre

ARROYO-Jorge†, REYES-Matilde & GARCIA-Francisco

Recibido 5 de Abril, 2015; Aceptado 9 de Junio, 2015

Resumen

Como parte de los trabajos realizados por los integrantes del cuerpo académico denominado “Soluciones informáticas integrales”, se propuso la creación de un microlaboratorio de experimentación para comunicación por VOIP utilizando el software de telefonía IP Asterisk PBX. La finalidad de este proyecto es hacer pruebas de comunicación y posteriormente implementar esta tecnología en la Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez, la cual cuenta en la actualidad con un servicio privado de VOIP. Actualmente, los principales fabricantes de telecomunicaciones crean sistemas caros, incompatibles, con un funcionamiento complicado, antiguos códigos de ingeniería y hardware obsoleto; Además de esto, no ofrecen la posibilidad de personalización y se tienen que pagar licencias por su uso. Asterisk PBX es un software de código abierto que permite descargarlo e instalarlo sin pedir permiso y sin cumplir requerimientos de licenciamiento establecidos por algún fabricante, por lo tanto la organización que lo implementa se ve beneficiada en la reducción de costos.

VOIP, PBX, Software

Citación: ARROYO-Jorge, REYES-Matilde & GARCIA-Francisco. Creación de un microlaboratorio VOIP configurando PBX con software libre. Revista de Tecnología e Innovación 2015, 2-3:502-509

Abstract

As part of the work done by the members of the faculty called "Integrated Solutions " the creation of a micro-laboratory for experimentation proposed VOIP communication using IP telephony software Asterisk PBX. The purpose of this project is to test communication and subsequently implement this technology at the Technical University of Xicotepec Juarez , which currently has a private VOIP service. Currently , the leading manufacturers of telecommunications create expensive , incompatible systems with a complicated operation, ancient codes and obsolete hardware engineering ; Besides this , they offer the possibility of customization and have to pay license fees for its use. Asterisk PBX is an open source software that allows to download and install without asking and without complying permisso licensing requirements set by a manufacturer , so the organization that implements it is benefiting in reducing costs.

VOIP, PBX, Software

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

La revolución tecnológica, particularmente en Tecnologías de la Información y Comunicación, continúa creciendo a un paso acelerado. Actualmente existe una amplia variedad de sistemas y aplicaciones que se pueden implementar, lo cual puede ser abrumador para aquellos que no conocen los beneficios que cada herramienta tecnológica ofrece y no se elige la adecuada para solucionar las diferentes situaciones que pudieran presentarse en una empresa u organización.

El servicio de telefonía y comunicación en una empresa es de gran importancia para mantener la comunicación al exterior e interior de la misma, por ello se debe buscar la solución óptima para lograr buenos resultados y no generar gastos excesivos en licencias, soporte y hardware. Actualmente se escucha en la rama de las telecomunicaciones el término de PBX el cual por sus siglas significa Private Branch Exchange (Ramal Privado de Intercambio), y es un dispositivo que se encuentra conectado directamente a la red pública de telefonía por medio de líneas troncales para gestionar las llamadas internas, las entrantes y salientes con autonomía sobre cualquier otra central telefónica.

Por otra parte, VoIP es una tecnología que permite la comunicación de las personas mediante mensajes de voz a través de la red de datos y corresponde al proceso de dividir audio o video en pequeños paquetes, transmitir dichos paquetes sobre una red IP y reensamblarlos en el extremo receptor con el fin de lograr una comunicación multimodal, además de lo anterior VoIP ofrece la ventaja de la integración con la red telefónica actual.

VoIP tiene varias ventajas sobre los circuitos de conmutación. Por ejemplo, la Conmutación de Paquetes permite que varias llamadas telefónicas puedan ocupar la cantidad de espacio ocupado por una sola llamada en una Red de Circuitos Conmutados. Usando Red Telefonica Conmutada, una llamada telefónica de 10 minutos consume de lleno tiempo de transmisión a un costo de 128 Kbps. Con VoIP, la misma llamada ocuparía sólo tres minutos y medio en tiempo de transmisión a un costo de 64 Kbps, dejando otros 64 Kbps libres para esos mismos tres minutos y medio, más un adicional de 128 Kbps para el resto de seis minutos y medio sobrantes. Bajo esta simple estimación, otras tres o cuatro llamadas podían encajar fácilmente en el espacio utilizado por una sola llamada en el marco del sistema convencional [2].

La filosofía de Open Source es algo que ha impactado y dejado huella en la mayoría de los ámbitos tecnológicos, por ello el papel del software libre respecto a la telefonía IP ha sido y es importante en cuanto a las propuestas que la comunidad Open Source ha expuesto y continua desarrollando. Algunas de las más populares son:

- Asterisk©.- es la implementación de un IP-PBX4 híbrido basado totalmente en *software*, el cual involucra tanto con el mundo IP (redes de datos) como con redes de telefonía analógica convencional TDM. *Asterisk* fue creado por Mark Spencer, fundador de la empresa Digium Inc. en 1999; posteriormente, el *software* fue liberado bajo licencia GNU-GPL.

- OpenSER.- sus orígenes datan del proyecto SER (SIP Express Router) del Instituto de Investigación FhG FOKUS de Berlín, Alemania, del cual surgió la versión de código abierto OpenSER, en el año 2005.
- OpenH323.- es un proyecto cuyo desarrollo se basa en un solo protocolo; y aunque el protocolo H323 (ITU-T) no fue desarrollado exclusivamente para aplicaciones de telefonía IP, sino para videoconferencia, incluye los elementos necesarios para establecer sesiones multimedia (audio, video y datos).

Durante este artículo se centrará la atención al software de telefonía IP Asterisk PBX, el cual es una IP-PBX completa diseñada en software libre (*Open Source*), que funciona sobre el sistema operativo en *Linux* y proporciona todas las características que se esperan de una PBX al trabajar con voz sobre IP (VoIP- grupo de recursos que van a ser posible que la señal de voz viaje a través de Internet empleando un protocolo IP).

Conjuntamente con diversos protocolos (grupo de reglas que permiten el intercambio de información entre computadoras) tales como *SIP* e *IAX2*, además de que provee los siguientes servicios y facilidades: correo de voz, transferencia de llamada, respuesta interactiva de voz (IVR), música en espera, cuartos de conferencia, etcétera. La voz sobre IP no necesita de ningún *hardware* adicional, y para comunicarse con la red de telefonía pública se emplean dispositivos de costos bastante accesibles en comparación contra las PBXs propietarias.

Desarrollo

Es importante hacer un poco de historia antes de arrancar con el proceso de desarrollo comentando que la plataforma en la cual se construyó el microlaboratorio de Voz sobre IP es Asterisk, este tiene alrededor del mundo más de 1 millón de Servidores en producción, así como también se registran más de 1000 descargas diarias de código fuente dentro de las múltiples comunidades activas de usuarios como lo son <http://voip-info.org> y <http://asteriskmx.com>, también existen varias distribuciones de asterisk listas para ser usadas y demás cuentan con una interfaz más amigable pero con algunas limitantes, *elastix*, *Trixbox*, *AsteriskNow*, *PBXin a Flash*.

Asterisk es un software open source creado por Mark Spenser, como una alternativa a PBX propietarios y que puede convertir una PC ordinaria en un servidor de comunicaciones.

Algunas diferencias que podemos encontrar con un PBX convencional se mencionan a continuación:

- No se requiere Hardware Propietario.
- Sigue una arquitectura Universal de PC.
- Free Software: Tanto Libre como Gratis.
- Totalmente Programable y Configurable.
- Ofrece Servicios Adicionales de Datos, puede integrarse con cualquier sistema que pueda correr en una pc con Linux como Base de Datos, Consultas Web, etc.

- Puede interactuar con conmutadores Existentes.

Requisitos de Hardware

Lo mas importante para instalar asterisk y construir un PBX es la escalabilidad, por lo que se recomienda siempre usar Hardware de Marca, evitar equipos armados con componentes de dudosa procedencia y procurar siempre ofrecer soluciones de redundancia en los componentes que fallan más comúnmente como los discos duros y fuentes de poder.

El cpu necesario se mide según los requerimientos no existe una regla estricta en cuanto se necesita, es importante considerar la cantidad de llamadas concurrentes requeridas, asi como también cada acción que se requiera implementar al servidor de VOIP como la de Grabacion de Llamadas, Cunsultas de Base de Datos, reproducción de audio, etc.

Si el sistema es 100% IP, no necesitamos tarjetas adicionales, el hardware adicional es en el caso de que se requiera conectar directamente a la PSTN (Public Switched Telephone Network). Cualquier Pc es buena para pruebas podemos aprovechar el hardware viejo que tengamos.

Requisitos de Software

Se recomienda la utilización de sistemas operativos Linux Nativo FreeBSD, Centos o Debian, asi como también requiere paquetería adicional como son Gcc, Ncurses, Termcap, Newt, OpenSSL y LibUUID

Una vez especificado los requerimientos necesarios ahora es importante explicar la forma en cómo se implementa el microlaboratorio de VOIP utilizando Asterisk.

En el laboratorio de computo se encuentran instaladas 20 equipos de cómputo que cuentan con el sistema operativo de Linux CENTOS 6.5 o superior así como también Asterisk con todo el software necesario, ya que cada equipo actúa como una empresa individual y en cada una de ellas se estará configurando todo lo necesario para que pueda fungir como un PBX.

[Imagen de Como estará organizado el MicroLaboratorio]

Procedimiento para la Implementación de PBX con Asterisk

- Instalación del Sistema Operativo
- Instalación de SSH

El servidor seguro, es una herramienta popular y poderosa, basada en la seguridad de la red. Cada vez que los datos se envían por una computadora a través de la red, SSH encripta automáticamente. Entonces, cuando los datos llegan a su destinatario SSH automáticamente lo descifra. El resultado es la encriptación transparente: los usuarios pueden trabajar con normalidad, sabiendo que sus comunicaciones están codificadas de manera segura.

SSH es un protocolo, no un producto, este es una especificación de cómo llevar a cabo comunicación segura a través de una red. Cubre la autenticación, el cifrado y la integridad de los datos transmitidos a través de la red.

Después de esta breve descripción de SSH y posteriormente a la instalación del Sistema Operativo es importante instalar OpenSSH el cual se ocupa para poder tener acceso al servidor Asterisk de forma remota.

Para instalar el paquete openssh-server se utiliza el comando yum:

```
yum install openssh-server
```

No basta con instalar el servicio, lo importante, es configurar el servidor ssh de forma segura. Para realizar esta tarea se edita el archivo `/etc/ssh/sshd_config` y hay varias cosas a tener en cuenta.

Cambiar el puerto de SSH

El puerto estándar es el TCP 22 y por lo general cualquier persona que intente tener acceso no autorizado al servidor va a probar este puerto, por lo que es importante que se configure a que escuche por otro puerto por ejemplo por el TCP 23 o 22 o el que se prefiera.

El archivo se edita `/etc/ssh/sshd_config` y cambia lo siguiente:

```
#Port 22
Port 23033
```

Otro punto importante es asegurarte que se utilice únicamente la versión 2 del protocolo con la siguiente línea:

```
#Protocol 2,1
Protocol 2
```

a) Se debe evitar ingresar al sistema con el usuario root, esto al igual que el puerto 22 es conocido por quienes intenten acceder al sistema y el nombre de usuario (conocido) y el mas importante a probar es root, ya que con este usuario se puede tener total control sobre el servidor. Para evitar eso niega el acceso mediante ssh como el usuario root.

```
#PermitRootLogion yes
PermitRootLogion no
```

Configurar interfaz de red

Muchos servidores tienen dos o más interfaces de red y se puede limitar que ssh escuche por una interfaz de red ssh así limitar el acceso al servidor.

Para hacer esto solo se tiene que indicar la siguiente directiva:

```
ListenAddress 192.168.1.10
```

Reiniciar ssh y aplicar los cambios

Para que los cambios que se han realizado se apliquen, se debe de reiniciar el servicio sshd.

```
# service sshd restart
Parando sshd: [ OK ]
Iniciando sshd: [ OK ]
```

Estos pasos son para configurar ssh de forma básica y mejorar la seguridad del servidor pero existen más opciones que puedes utilizar para tener un servicio ssh más sofisticado como autenticar a los usuarios por llaves públicas y privadas, permitir ciertos comandos al usuario root, limitar el tiempo y el número de conexiones a un usuario o solo permitir conectarse por ssh solo a algunos usuarios del sistema, entre otros.

Configuración de las Interfaces de Red

Para configurar las interfaces de Red se accede al archivo dentro de la ruta `/etc/sysconfig/network-scripts/` escribiendo la siguiente instrucción

```
nano /etc/sysconfig/network-
scripts/ifcfg-eth0
```

Se abrirá un editor de texto donde se busca la línea que dice `ONBOOT=no` y se cambia por `ONBOOT=yes`.

```
BOOTPROTO=static
ONBOOT=yes
IPADDR=192.168.1.5
NETMASK=255.255.255.0
NETWORK=192.168.1.0
GATEWAY=192.168.1.254
DNS=8.8.8.8
```

Se guarda el archivo con Ctrl + O y se puede salir usando Ctrl + X. A continuación se aplican cambios:

```
/etc/init.d/network restart
```

Estos parámetros de red son de acuerdo a la configuración de la red que se este trabajando este es solo un ejemplo de cómo se debe hacer.

Una vez que la tarjeta de red está encendida en automático y corroborar que ya se tiene internet en el servidor continuaremos con la instalación de dependencias que se necesitaran más adelante.

Instalación de Dependencias

Las dependencias necesarias para la instalación de Asterisk ya se han mencionado anteriormente y la instrucción para su instalación es la siguiente:

```
yum install -y gcc ncurses-devel
libtermcap-devel libuuid-devel gcc-c++
openssl-devel newt-devel zlib-devel
unixODBC-devel libtool libtool-devel make
wget kernel kernel-devel kernel-headers sqlite-
devel libxml2-devel
```

Estos comandos comienzan a descargar las dependencias de Asterisk, pero no instalan Asterisk.

Posteriormente se reinicia el sistema para actualizar el kernel que se acaba de hacer.

```
reboot
```

Instalación de Asterisk y Dahdi

Para la instalación de asterisk se debe de descargar, desempaquetar, compilar e instalar asterisk desde código fuente los paquetes es:

```
Asterisk-11.0.tar.gz
Dahdi-linux-complete-2.7.0.tar.gz
```

Se debe tener en cuenta la ruta en la cual se descargan los paquetes mencionados en el ejemplo se descargo en la ruta de

```
cd /usr/src
```

Se desempaquetan los archivos descargados

```
tar -zxf dahdi-linux-complete-
2.7.0.tar.gz
tar -zxf asterisk-11.0.tar.gz
```

Una vez hecho esto se crean 2 directorios que contendrán el código fuente:

```
/usr/src/dahdi-linux-complete-2.7.0
/usr/src/asterisk-11.0
```

Después de descomprimir DAHDI se compila e instala

```
cd /usr/src/src/dahdi-linux-complete-
2.7.0
```

```
make
make install
make config
```

Después de descomprimir Asterisk proseguiremos a compilar e instalarlo

```
cd /usr/src/src/asterisk-11.0
```

```
./configure
make menuselect
```

Antes de pasar al siguiente comando se debe escoger que es lo que se quiere compilar y lo que no

[*] Significa activado

[] Significa Desactivado

XXX Significa desactivado sin posibilidad de activarlo

Es recomendable que se realicen los siguientes cambios:

Add-ons: Se desactiva todo lo que se encuentra debajo de deprecated

Call Detail Recording: Se desactiva todo lo que se encuentra debajo de extended

Channel Event Logging: Desactiva todo

Chanel Drivers: Se desactiva todo lo que se encuentra debajo de deprecated y extended

PBX Modules: Se desactiva todo lo que se encuentra debajo de extended, excepto pbx_ael y pbx_realtime

Resources Modules: Se desactiva todo lo que se encuentra debajo de extended, excepto re_ael_share

Compiler	Flags:	Activamos
DONT_OPTIMIZE,		desactivamos
BUILD_NATIVE		

Core Sound Packages: Cambiamos EN-WAV por EN-GSM

Music On Hold File Packages: Cambiamos lo WAV por GSM

Extras Sound Packages: Seleccionamos EN-GSM

Una vez realizado todo esto se guarda y Sale (Save & Exit) y se continua con la compilación.

```
make
make install
make config
make samples
```

Centos trae el SELinux activado(es una característica de seguridad de Linux). Para correr Asterisk sin problemas, se debe desactivar editando el archivo /etc/selinux/config

```
nano /etc/selinux/config
Dentro del archivo se busca esta línea
SELINUX=enforcing
```

y se reemplaza por esta:

```
SELINUX=disable
```

En Centos, por default el firewall viene encendido. Se debe detener para evitar problemas de conexión más adelante

```
chkconfig iptables off
```

Con el cambio hecho, se reinicia el sistema operativo con

Reboot

Cuando el sistema reinicia ya se puede entrar a la consola de asterisk y ya se puede iniciar a configurar el servidor Asterisk y con ello implementar el Micro laboratorio de Telefonía Ip utilizando Asterisk.

asterisk –r

Resultados

Los logros más importantes en esta investigación fue inicialmente la implementación de la herramienta de asterisk en un laboratorio de cómputo donde cada equipo fungía como empresas individuales las cuales entablan comunicación y fueron los alumnos de la carrera de Tecnologías de la Información quienes ayudaron en la construcción.

Por otra parte el proyecto fue presentado a las autoridades de la Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez donde se argumentaron las ventajas de utilizar Asterisk como una herramienta capaz de resolver los problemas de comunicación dentro del campus sin la necesidad de realizar gastos innecesarios.

El proyecto fue aprobado con presupuesto para ser implementado en nuestra Universidad, ya se an configurado extensiones con los teléfonos ip que se adquirieron y funcionan perfectamente en nuestra red.

Referencias

Madsen L. y Brian R. (2011). Asterisk Cookbook (e.Book), Gravenstein Highway North Sebastopol, C.A.: Editorial O' Reilly Media, Inc.

Madsen L., Brian R. y Meggelen J.V. (2011). Asterisk The Definitive Guide (e.Book), Gravenstein Highway North Sebastopol, C.A.: Editorial O' Reilly Media, Inc.

Madsen L., Brian R., Meggelen J.V. y Smith Jared (2007). Asterisk The Future Of Telephony (e.Book), Gravenstein Highway North Sebastopol, C.A.: Editorial O' Reilly Media, Inc.

Disminución de defectos, utilizando el Ciclo PDCA en una empresa manufacturera del sector médico

VALDEZ-Manuel†, MORALES-Juan, GONZALES-Blanca & OLACHEA-Luis

Instituto Tecnológico de Sonora, México

Recibido 5 de Abril, 2015; Aceptado 4 de Junio, 2015

Resumen

El objetivo fue reducir la cantidad de defectos hasta en un 10% para toda el área, asimismo aumentar el Rolled Throughput Yield (RTY) en un 10% de tal forma que se redujeran los costos que estos indicadores generaban. La metodología utilizada fue el Ciclo de PDCA o ciclo de Deming, el cual contempla las fases de Planear, Hacer, Verificar y Actuar. Se usaron técnicas de ingeniería como estudio de tiempos y movimientos, control estadístico de procesos, diseño de experimentos y validación de sistemas de medición. Se determinó que las áreas con mayor desperdicio son proceso de electro pulido, pickling y formado, éste último con más de 20 diferentes defectos, sobresaliendo el de alambre doblado con 13.5%. Se identificó la causa raíz para este defecto y se implementó un dispositivo fabricado en acetal para la operación de formado manual, lo que disminuyó hasta 3.65% el indicador de defectos por alambre doblado. Se generó un ahorro del 71% por costos de scrap, al disminuir el número de defectos y se incrementó el RTY en un 10.98%.

Deming, causa raíz, desperdicio, diseño de experimentos

Abstract

The objective was to reduce the number of defects to 10% for the entire area, also increase Rolled Throughput Yield (RTY) 10% so that these costs are reduced indicators generated. The methodology used was the Cycle of PDCA or Deming cycle, which includes phases of Plan, Do, Verify and Act. Engineering technical such as time and motion study, statistical process control, design of experiments and validation of measurement systems were used. It was determined that the areas of greatest waste is electro polishing process, pickling and formed, the latter with over 20 different faults, protruding the bent wire with 13.5%. The root cause is identified for this defect and a device manufactured in acetal forming operation for manually, which decreased to 3.65% the defect indicator is implemented by bent wire. A saving of 71% by scrap costs by reducing the number of defects and increased RTY 10.98% was generated.

Deming, origin cause, waste, design of experiments

Citación: VALDEZ-Manuel, MORALES-Juan, GONZALES-Blanca & OLACHEA-Luis. Disminución de defectos, utilizando el Ciclo PDCA en una empresa manufacturera del sector médico. Revista de Tecnología e Innovación 2015, 2-3:510-529

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Esta investigación científica se centra en los factores que causan algunos de los principales problemas de calidad una empresa de manufactura médica, así como el análisis y la propuesta de soluciones basadas en metodologías ampliamente aceptadas dentro de los ámbitos de la ingeniería. La empresa bajo estudio se especializa en la fabricación de anillos de nitinol y de implantes cardiovasculares, por lo que la calidad y la eliminación de cualquier defecto de fabricación es prioritario para la empresa, ya que un defecto en un producto, puede significar una vida.

Según PROMEXICO (2015), la industria médica presenta una tendencia de crecimiento anual que le vislumbra un futuro prometedor en nuestro país, debido al crecimiento actual y proyectado de las organizaciones de este giro, es más que notorio que dichas empresas sean gestionadas de tal manera que los amplios requisitos reglamentarios y de calidad no impidan la solvencia y rentabilidad económica.

La administración de la calidad y el aseguramiento de esta misma debe de ser responsabilidad de todos los involucrados dentro del proceso de producción y diseño (Kalpakjian & Shmid, 2008), a manera tal de que en vez de controlar productos se controle la calidad de los procesos y se generen productos aceptables desde el inicio de su elaboración. Según Deming (1989), la persona que realiza su trabajo con calidad siente orgullo y satisfacción.

Antecedentes

Dentro de la empresa existen dos tipos de productos que se elaboran en un área específica cada uno. El primero es el anillo de nitinol (ver figura 1), aleación 50% níquel y 50% titanio, que se realiza en el área de Stent Rings, en esta área de anillos se da forma a la materia prima, la cual consta de un alambre de nitinol a través de diversos procesos que cambian sus propiedades mecánicas y químicas, dicha área está subdividida en cinco celdas de producción.

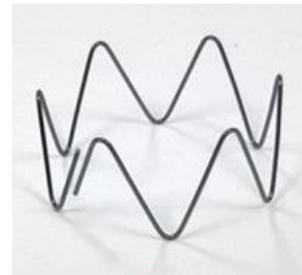


Figura 1 Anillo nitinol.

Fabricados los anillos se envían al cuarto limpio para elaborar el segundo producto, un implante cardiovascular llamado Stent Graft (ver figura 2), el cual es una especie de manguera que sustituye o reemplaza la función que realiza una arteria coronaria; este implante está fabricado en tela especial y anillos de nitinol, zurcidos a mano sobre la tela.



Figura 2 Stent graft.

El Stent Graft se manufactura en el área denominada Clean Room, un cuarto de condiciones ambientales controladas que evita mediante un sistema de filtros y el aislamiento del exterior, el ingreso excesivo de bacterias y la reproducción de estas mismas (ver figura 3).



Figura 3 Cuarto limpio

Los anillos son sub-componentes que deben de cumplir con altos estándares de calidad y se subdividen en cuatro familias de productos, un aspecto relevante es la limpieza con la que se deben de manejar, ya que el operador nunca debe tocar el material con la mano desnuda debido a la fauna bacteriológica que se podría transmitir al producto, por lo que usa guantes de nitrilo.

Los anillos se almacenan en bolsas individuales selladas y las piezas son transportadas individualmente dentro de sus bolsas hasta que pasen conformemente todos los procesos de elaboración e inspección, los órdenes de los anillos por lo regular comienzan con cantidades de 1000 piezas, pero debido a deficiencias en el proceso ese número frecuentemente decrece en grandes cantidades.

El proceso para la fabricación de anillos tiene 12 operaciones, iniciando con el formado manual, donde se le da la forma de corona al alambre, pasa después a procesos de corte, remachado, tratamientos químicos, mecánicos, por citar algunos, hasta la inspección final, donde se analiza una muestra de toda la población que permaneció sin ser rechazada.

Los criterios de aceptación de las muestras están basadas en la military standard 105e, utilizando un AQL = 0.65%, $c = 0$, y en la mayoría de los casos $n = 47$, los aspectos a revisar en el anillo terminado son los mismos que en las inspecciones en proceso, esto dando como resultado que si se llegase a encontrar al menos una pieza defectuosa el lote es de inmediato rechazado y se manda a inspección al 100%, por el contrario si se encuentran cero piezas defectuosas en la muestra el lote es aceptado y se procede a la siguiente operación. La requisición de anillos en promedio es de 1500 piezas diarias, sin embargo, en la primera estación de formado manual se genera la mayor cantidad de desperdicio o scrap con valores de 40 al 45 % diario, por lo que prácticamente en la estación de formado se deben fabricar casi el doble de la demanda diaria, para compensar las piezas que saldrán con un defecto, ya sea en esta operación o en las subsecuentes.

El departamento de calidad controla y analiza el proceso mediante los indicadores representados en la tabla 1.

Indicador	Fórmula	Descripción
TPY	$\frac{\text{Productos salida}}{\text{Productos entrada}}$	Proporción de piezas con buena calidad y sin re trabajo.
RTY	$\prod TPY$	Probabilidad del sistema de producir cero defectos.
Quejas de cliente	N/A	Reclamaciones por producto defectuoso o mezcla de material.
NCMR's	N/A	Investigaciones internas por producto defectuoso o número de parte mezclado con otro.

Tabla 1 Indicadores departamento de calidad.

Una particularidad que posee el área de stent rings, es que no se realizan acciones de re trabajo, esto debido a que, a excepción de ciertos defectos, cualquier otro que se encuentre en el anillo deja inservible la pieza.

Definición del problema

El Rolled Throughput Yield (RTY) nos da la posibilidad de ver el comportamiento global del área de anillos con respecto a la proporción de defectos encontrados en cada proceso, en el gráfico 1, se observa el comportamiento del RTY desde 2014 a febrero de 2015.

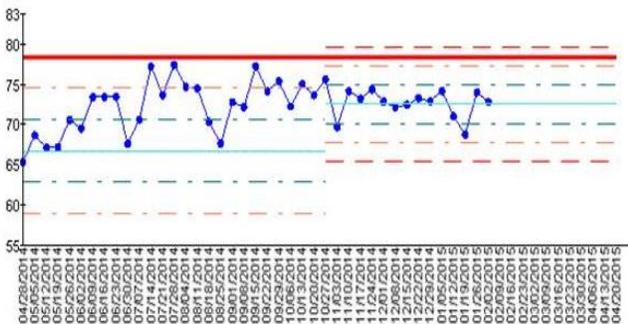


Gráfico 1 Comportamiento de RTY 2014-2015.

En el gráfico 1 se observa que la meta del 78% del RTY no se ha alcanzado desde el año 2014 y su comportamiento es en promedio del 72%, y para este 2015 muestra una tendencia a ser menor que el promedio, lo que indica que la probabilidad de generar mayor producto defectuoso se incrementa. Además, el costo por scrap en el último año aumentó hasta los \$762,716 dólares tan solo en el área de anillos.

La empresa fabrica anillos que tienen algunas diferencias entre si, y a partir de esto, se generan cuatro familias de producto, al realizar un análisis para identificar que familia tiene la mayor cantidad de scrap, en las ultimas 20 semanas, se encontró que en la familia Endurant se han presentado cerca de 45,000 piezas defectuosas, por mucho la que tiene mayor valor.

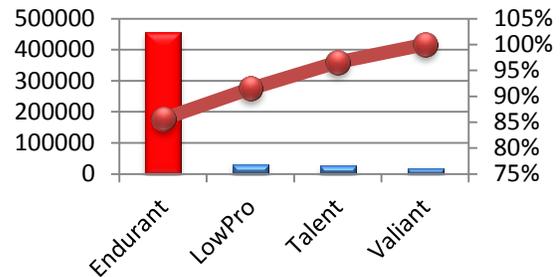


Gráfico 2 Defectos por familia 20 semanas

En base a la información mencionada anteriormente, se establece que la empresa presenta un problema relacionado a altos niveles de scrap, particularmente en el área de stent rings, donde la familia de Endurant concentra la mayor cantidad de piezas defectuosas con 280,877 en las últimas 20 semanas, también se ha identificado que en la celda 5 se han fabricado cerca de 200,000 piezas de las cuales el 35% ha tenido algún defecto, cantidad que ha generado un costo cercano a los 25,000 dólares.

Como parte de la filosofía de la mejora continua, se establecen acciones para disminuir el problema planteado y se genera la siguiente pregunta de investigación, ¿Cómo reducir la cantidad de defectos relacionados al formado de los anillos?

Objetivo

A partir de la necesidad planteada se establece como objetivo el reducir la cantidad de defectos en un 12% para toda el área de stent rings, y por lo tanto, aumentar el RTY de esta misma en un 10%, mediante la implementación de un método que minimice la ocurrencia de errores.

Metodología

La presente investigación corresponde a la ingeniería aplicada, es una investigación de campo realizada en la empresa, con datos correspondientes al año 2015. La metodología empleada es el Ciclo PDCA (planear, hacer, verificar y actuar, por sus siglas en inglés) o Ciclo de Deming, es un método diseñado por el Dr. Edwards Deming a partir de estudios realizados por Walter A. Shewhart, el cual se centra en las acciones de planeación para la mejora de procesos (Summers, 2006).

Sujeto de estudio

El sujeto bajo estudio es la celda donde se elabora el producto que genera la mayor cantidad de desperdicio, asimismo es la que fabrica la mayor cantidad de ese número de parte. En ésta trabajan 14 personas que realizan 12 operaciones de proceso, y las cuales se analizarán a detalle para identificar como disminuir la cantidad de defectos.

Materiales

Los materiales utilizados para la presente investigación son: hoja de verificación, formato para R&R por atributos, formato registro de tiempos de operación, formato de diagrama bimanual, cuestionario para operadores y para el diseño de experimentos, fue necesario el equipo de baño de sal y la máquina de formado manual.

Procedimiento

Las etapas del Ciclo de PDCA son:

Planear. Se buscan las actividades que requieren de mejora y se establecen las acciones a realizar, es decir;

- Definir el problema.
- Definir medibles de desempeño.
- Analizar el problema.
- Determinar posibles causas.
- Hacer. Se realizan los cambios para implantar la mejora propuesta.
- Verificar. Implantada la mejora, se deja un periodo de prueba para verificar su correcto funcionamiento.
- Actuar. Finalizado el periodo de prueba se deben estudiar los resultados y compararlos con el funcionamiento de las actividades. Realizar ajustes si es necesario.
- Resultados y discusión.
- Planear.
- Definir el problema.

Se ha identificado que la familia que mayor cantidad de productos defectuosos aporta es Endurant con 282,945 anillos con mala calidad en tan solo 20 semanas, de los cuales la celda 5, es la que más defectos genera con 71,331 piezas malas, y 43 modos de fallalos que ha presentado esta familia de productos.

En base a la información anterior se realizó el gráfico 3, para visualizar en qué grado los diferentes modos de falla contribuían con defectos en dicha celda de producción; los más importantes y que generan el 82% de defectos son solo nueve modos de falla.

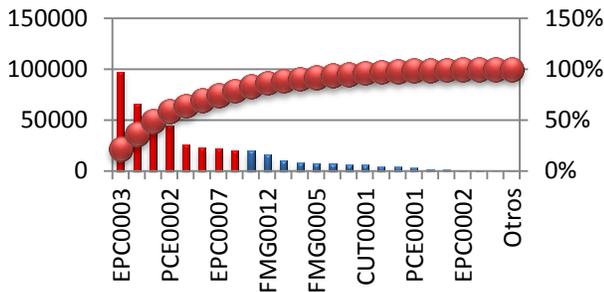


Gráfico 3 Cantidad de defectos por tipo.

En el gráfico 3 se puede observar que el principal defecto con el 21% es el EPC0003 (manchas blancas) con 97,047 piezas, con el 14% y 65,408 piezas el EPC0005 (sin recubrimiento) y con el 13% y 57,612 piezas el FMG0003 (alambre doblado), porcentajes con respecto al total de defectos.

Debido a que los dos primeros defectos se originan por procesos químicos en el producto, en esta investigación no se contemplaran, por lo que solo se atenderá el defecto de alambre doblado, el cual consiste en que ciertas partes del anillo como lo son los ápices y el alambre que une a estos mismos se ve con torceduras, cuando el inspector de la estación de inspección inicial visual pone a revisión la pieza bajo la luz de un microscopio se percata de dicho detalle y es entonces cuando se rechaza el anillo y se registra en el conteo diario de scrap del área y celda en la que se encontró.

Definir medibles de desempeño.

Para comprender la importancia que este defecto representa, se definieron medibles de desempeño los cuales se observan en la tabla 2.

Medible	Fuente	Resultado
RTY	Proporciona la empresa	72%
Costo de scrap	Proporciona la empresa	\$3,730.39 Dólares
Proporción media de defectos \bar{p}	Muestreo del proceso	0.1272
Índice de capacidad	$1 - \bar{p}$	0.8728

Tabla 2 Medibles para alambre doblado.

En la tabla 2, se observa que la probabilidad de fabricar cero defectos es baja con el 72%, lo que genera un costo importante. Para la proporción media de defectos, se realizó un muestreo aleatorio de proceso, con 3 observaciones diarias, durante 25 días, al graficar la información del muestreo se obtiene el gráfico 4.

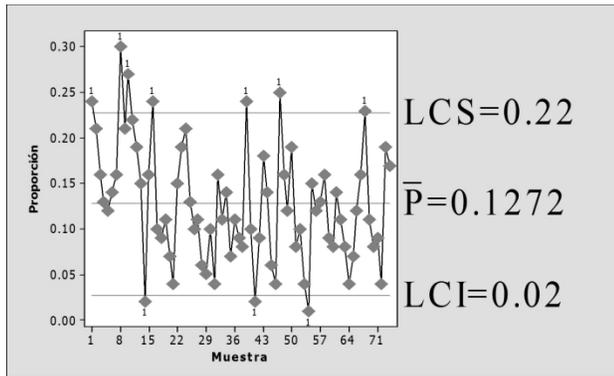


Gráfico 4 Proporción media de defectos

Se observa, que el proceso presenta una variabilidad, con valores superiores e inferiores al valor medio de la proporción, la variación es amplia, ya que la amplitud es del .20, y aún así se presentan ocasiones en que esos límites son rebasados. Por lo tanto, se puede decir que el problema de defecto doblado es significativo y se necesitan mejorar dicho proceso.

Analizar el problema

Ahora bien, es importante conocer la opinión de operadores, supervisor e ingeniero de proceso, respecto al defecto de alambre doblado, por lo que se realizaron entrevistas no estructuradas a estas personas que tienen conocimientos de la situación. A partir de la información recolectada se establecieron posibles causas raíz que generan este tipo de defecto (ver figura 4).

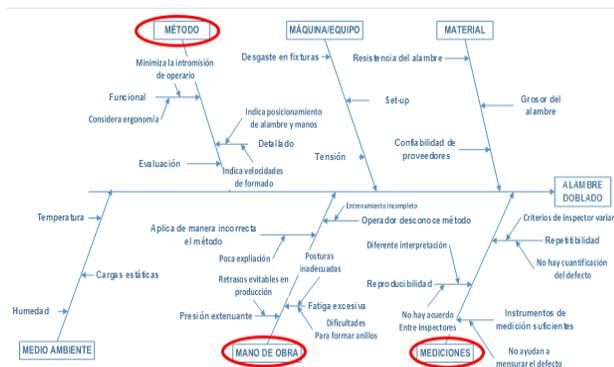


Figura 4 Diagrama de Ishikawa alambre doblado

Del diagrama de la figura 4, se seleccionaron las categorías de método, mano de obra y mediciones como las más probables para generar el defecto de alambre doblado, ya que son sobre las que se tiene menos control. Primero se realizó el análisis sobre la categoría de mano de obra, para la operación de formado manual. Se verificó la instrucción de trabajo para la operación, la cual si está colocada en las mesas de trabajo. Se aplicó un cuestionario a los 10 operadores asignados a la estación de formado manual, entre las preguntas que se les realizó, se les cuestionó sobre su antigüedad, facilidad de la operación, si tuvieron capacitación, si comprenden el procedimiento para hacer su trabajo, sobre la instrucción de operación y qué mejorarían de su estación de trabajo.

El resultado más importante de este cuestionario es que los operadores señalan que la instrucción de trabajo no describe a detalle cómo realizar cada de los elementos de la operación, por lo que prácticamente todos dicen que en la práctica tiene estilos diferentes de realizar la operación, cada quien interpretando desde su perspectiva la manera más fácil de realizar los 10 elementos descritos en la instrucción.

Después se analizó el método de trabajo, en el área de stent rings, se han fijado ciertos estándares de producción diarios para las máquinas formadoras manuales en base al criterio de los supervisores encargados de dicho lugar, teniendo así que en la celda 5 la producción estándar es entre 1,500 y 2,000 anillos al día, que incluye un 40 % de piezas adicional, por el scrap que se genera durante la operación.

Debido a que no existe un tiempo estándar que pueda ayudar a comparar si el grado de velocidad de la operación afecta de alguna manera la calidad del alambre, se realizó un estudio de tiempos y movimientos. Se observó la fabricación de 30 piezas y se registro el tiempo para realizar cada una de ellas. La elección del tamaño de la muestra inicial se determinó en base a lo que exponen Nievelds & Freivalds (2007), para operaciones con tiempo de ciclo menor a un minuto. Para el tamaño de esta muestra se aplicó la distribución de probabilidad T Student, primero se comprobó la normalidad de los datos, ya que para muestras pequeñas la distribución T Student se aproxima a los de una distribución normal, en el gráfico 5 se observa el estudio de normalidad para el registro de tiempos de operación en la estación de formado.

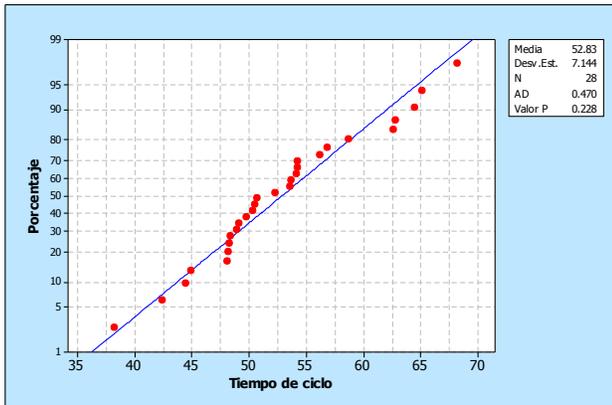


Gráfico 5 Prueba de normalidad tiempo de ciclo.

Como se observa en el gráfico 5, los datos siguen una distribución normal, debido a que el valor de “p” obtenido de la muestra es mayor a 0.005, por ende se pueden utilizar los datos de la operación, para calcular el tiempo estándar de la operación de formado manual.

Para el calcular el tiempo estándar primero se calculó el número de observaciones N, que represente un valor estadísticamente confiable, para eso de utilizó la ecuación (1).

$$N = \left(\frac{t \cdot S}{K \cdot \bar{x}} \right)^2 \tag{1}$$

Los datos para alimentar la ecuación (1), se observan en la tabla 3, la cual generó un resultado de 22 observaciones, es decir, las 30 observaciones utilizadas para la prueba de normalidad, son suficientes para el cálculo del tiempo estándar de la operación de formado.

Factor	Resultado
Nivel de significancia	0.05
Media (\bar{x})	52.83
Desviación estándar (S)	7.15
Estadístico (t)	1.699
Error (k)	0.05
Tamaño de muestra (N)	21.22

Tabla 3 Observaciones para el estudio de tiempos.

Para determinar el tiempo estándar se debe agregar un porcentaje al tiempo elemental promedio (TEP), el cual es de 52.83 segundos, por concepto de tolerancias personales, fatiga, (Meyers, 2010), lo que produce el llamado Tiempo Normal (TN), determinado éste, se calcula el factor de actuación, el cual se determina asignando un valor numérico a las condiciones de trabajo y la curva de aprendizaje del operador, con este factor de actuación se puede incrementar o decrementar el tiempo Normal, al multiplicar este factor al tiempo normal, se obtiene el tiempo estándar de la operación (TE).

Debido a que la empresa no tiene definido un valor para las tolerancias específico para la estación de formado manual, se procedió a definir un valor con los criterios que establece la organización Internacional del Trabajo (ver tabla 4).

Tolerancias	
Personal	5%
Fatiga básica	4%
Uso de fuerza (20 lb)	3%
Trabajo fino y exacto	2%
Monotonía baja	0%
Total	14%

Tabla 4 Tolerancias estación de formado manual.

Con el valor de las tolerancias se procedió a determinar el tiempo Normal utilizando la ecuación (2).

$$TN = (TEP)x \left(1 + \frac{\% \text{ tolerancia}}{100} \right) \quad (2)$$

Al sustituir en (2) se obtiene (3),

$$TN=(52.83 \text{ seg.})x \left(1 + \frac{14}{100} \right) = 60.22 \text{ seg.} \quad (3)$$

Calculado el tiempo Normal, se procedió a determinar el factor de actuación (F.A) mediante el método de Westinhouse (García, 2009), el cual integra los conceptos de habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia. Para calcular el factor de actuación de debe primero calcular el coeficiente de actuación (C.A), el cual se calcula sumando el valor asignado a cada uno de los cuatro criterios, sin embargo, el valor que puede tomar cada uno de estos criterios puede ser positivo o negativo, la ecuación (4), permite calcular el coeficiente de actuación.

$$C.A = a + b + c + d \quad (4)$$

En la tabla 5 se observan los criterios y el valor que se otorgó a cada uno de ellos, en función de la evaluación del operador y su área de trabajo.

Criterio	Código	Puntuación
(a)Habilidad	E2	-0.10
(b) Esfuerzo	C1	0.05
(c) Condiciones	A	0.06
(d) Consistencia	E	-0.02
Coeficiente de actuación	Σ	-0.01

Tabla 5 Factor de actuación usando westinhouse.

En la habilidad se le asignó un código E2 (aceptable) y una calificación de -0.10, debido a que el operador no realiza las operaciones lo más apegado al método; por ejemplo, en éste se dice que el operario debe utilizar una herramienta de mano cuando embobine el alambre, lo que regularmente no hace, así como cuando termina el embobinado del alambre, se debe atornillar el nitinol, cortar para separar del cabezal y liberar presión, algo que no se realiza en ese orden.

Al criterio de esfuerzo se le asignó un código C1 (bueno) y una calificación de 0.05 debido a que el operario mostró voluntad para trabajar de manera eficaz, es decir, cooperó con el estudio sin intentar demorar sus labores para incrementar los tiempos observados.

Las condiciones se consideran ideales tanto en temperatura, como iluminación y ruido, así que se asignó un código A y una calificación de 0.06, por último, la consistencia se determinó en base a la variación que hubo de los tiempos observados con respecto a la media, es decir, se dividió la desviación estándar entre el promedio y el resultado de esto se multiplicó por cien, dando como resultado un 19.8% de inconsistencia, por ende, se le asignó un código E (aceptable) y una calificación de -0.02, sumando los cuatro criterios, se tiene un C.A igual a -0.10.

Calculado el C.A, con la ecuación (4) se procede a obtener el F.A con la ecuación (5).

$$F.A = 1 + C.A \quad (5)$$

Sustituyendo en (5) se obtiene (6),

$$F.A = 1 + (-0.01) = 0.99 \quad (6)$$

Con los datos del tiempo Normal y el factor de actuación, se calculó el tiempo estándar (T.E) para la estación de formado manual, usando la ecuación (7).

$$T.E = T.N \times F.A \quad (7)$$

Sustituyendo en (7) se obtiene (8),

$$T.E = 60.22 \text{ seg.} \times 0.99 = 59.61 \text{ seg./pieza} \quad (8)$$

El tiempo estándar indica que la producción por hora es de 60 piezas aproximadamente, al ser turnos de producción de 8,5 hrs. se tiene una producción de 510 piezas por turno, considerando que son 4 estaciones de formado, esto permite tener una producción diaria de hasta 2040 piezas por turno, en tal sentido se puede afirmar que el problema de defecto de alambre doblado no está derivado de un estándar de producción que exija que el operador deba hacer las piezas más allá de un ritmo *normal* de trabajo, es decir, tiene un tiempo razonable y adecuado para elaborar cada pieza.

Determinar posibles causas

Después de descartar que el tiempo estándar no sea suficiente y este generando el alambre doblado, se procedió a analizar la información generada de la entrevista a los empleados del área bajo estudio, y con la cual se contruyó el diagrama causa-efecto que se observa en la figura 4; para los cuatro principales defectos, se definieron posibles causas, mediante las respuestas se pudo construir la matriz causa y efecto (ver tabla 6), donde se establecieron nueve posibles causas para los 4 problemas más recurrentes, la puntuación fue la promedio que asignaron entre las 14 personas encuestadas.

Importancia para el cliente		8	10	10	10	Total	Acumulado
Salidas		Y1	Y2	Y3	Y4		
Entradas		Rayones cable doblado		Abolladuras	Hendiduras		
X3	No sigue método	9	9	9	9	342	16.78%
X6	Posición de pin inadecuada	9	9	9	9	342	33.56%
X4	Golpes de alambre con pines	9	9	9	9	342	50.34%
8	Fuerza del embobinado	9	9	9	9	342	67.13%
X2	Velocidad de embobinado	9	9	9	9	342	83.91%
X5	Manejo inadecuado	3	3	3	3	114	89.50%
X9	Anillos amontonados	9	0	0	0	72	93.03%
X7	Desmontado de anillos de fixture	3	3	3	3	114	98.63%
X1	Mal ruteo	1	1	0	1	28	100.00%
Total		488	520	510	520	2038	

Tabla 6 Matriz Causal para principales defectos

En la tabla 6 se observa que las principales probables causas que originan el alambre doblado así como otros tres problemas son X3,X6,X4,X8 y X2. Ahora bien, debido a que recibieron el mismo valor tanto para alambre doblado (Y2) como para cada uno de otros defectos, existe la duda, sobre que relación puede tener alguna de estas causas con más de un problema; es decir, ¿Alguna de estas causas generó más de un defecto de fabricación?.

Para responder la pregunta anterior, se analizó la relación entre las cinco principales causas que propiciaban la generación de los defectos por alambre doblado.

La revisión de las relaciones existentes se llevó a cabo mediante el diseño de experimentos por bloques sin aleatorización, y debido a que de las cinco variables de interés (X's) cuatro de ellas por su similitud podían integrarse en una sola, se definieron 3 factores: Velocidad (velocidad y fuerza del embobinado), Método (no sigue el método y golpe de alambre con pines) y finalmente el Fixture (posición inadecuada del pin en la herramienta); también fue necesario establecer el número de rangos para cada variable los cuales fueron dos, en la figura 6 se representan estos datos.

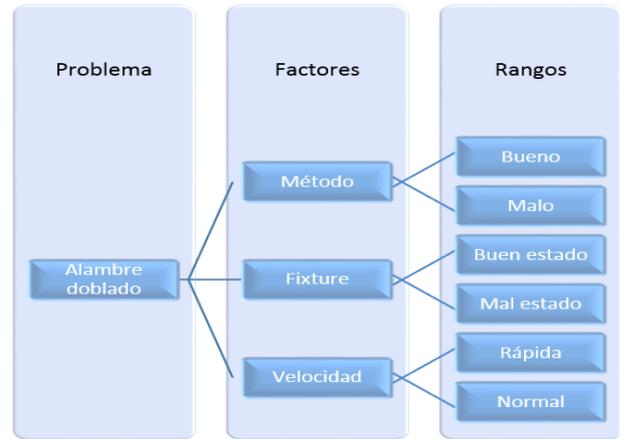


Figura 6 Factores y rangos para el problema.

Posteriormente se asignaron niveles de acuerdo a las posibles combinaciones de factores y rangos que otorgaran la mayor cantidad de información posible acerca de la generación de este defecto, así que se establecieron cuatro niveles los cuales son: 1) Buen método en buen fixture, 2) Mal método en buen fixture, 3) Buen método en fixture en mal estado, 4) Embobinado rápido.

Cabe aclarar que no se elaboró un nivel adicional para la velocidad de formado manual debido a que en los otros niveles se respeta el tiempo estándar de la operación. Con la información anterior establecida, se procedió a realizar el experimento mediante la fabricación de 33 piezas por cada nivel, para posteriormente someterlas a inspección visual, en la tabla 7 se pueden observar los resultados obtenidos de dichas pruebas.

H0: P = 0.1272		H1: P < 0.1272		n = 33
Prueba	Niveles	Malas	Z (alfa = 0.05) cola izquierda, -1.65	Criterio
1	Buen método y buen fixture	1	-3.25	Se rechaza H0
2	Mal método en buen fixture	8	1.55	Se acepta H0
3	Buen método fixture viejo	7	1.2	Se acepta H0
4	Embobinado rápido	6	0.81	Se acepta H0

Tabla 7 Resultados del experimento.

En la tabla 7 se observa que la hipótesis nula del experimento es determinar si la proporción media de defectos de la prueba es igual a la de la población, de tal forma que aceptar H0 significa que existe la suficiente significancia estadística para inferir que esa combinación de factores incide sobre el proceso en gran medida y por ende sobre los defectos que en éste se generan.

Identificados los 3 posibles niveles donde se encuentra la causa raíz, se analizó después el procedimiento de medición de la pieza. Para validar el proceso de medición y determinar si éste influía en la percepción de los defectos de la estación de formado manual, se aplicó la metodología del Análisis del Sistema de Medición (MSA por sus siglas en inglés) que según Breakthrough Management Group & Neil DeCarlo ayuda a determinar el grado de repetibilidad y reproducibilidad de un sistema de medición, ya sea por atributos o por variables.

Para este proyecto se utilizaró un estudio Gauge R&R por atributos, esto debido a que los defectos bajo análisis son de características discretas y por ende no se puede aplicar un análisis por variables. Este estudio permite la evaluación de la consistencia de operaciones de medición, basado en los criterios del encargado de inspeccionar piezas y clasificar los defectos encontrados en estratos, como pasa o no pasa.

Según Pulido (2013), existen tres métodos mayormente utilizados para desarrollar la metodología MSA por atributos, estos son análisis de riesgo, teoría de señales y analítico. De entre ellos se eligió el de análisis de riesgo debido a que el proceso de inspección para ese tipo de defectos dentro del área es cien por ciento por atributos y no maneja escalas continuas como lo requieren los dos restantes. Para realizar la evaluación de la medición se establecieron ciertos valores para factores y variables. Para el análisis de seleccionaron 5 inspectores, uno de cada celda de producción, con experiencia de uno a cinco años de experiencia en el puesto. Se establecieron 31 la cantidad mínima de piezas a medir.

Para establecer un patrón confiable de comparación para la aceptación o rechazo de una pieza, se seleccionó a un técnico de calidad con cinco años de experiencia en la inspección de calidad por atributos en los anillos.

Para establecer el patrón de comparación el técnico midió las 31 piezas, las cuales presentaba, desde defectos obvios de distinguir hasta aquellos que requieren de un alto grado de concentración, de igual manera se introdujeron también siete anillos de control, es decir en buen estado, para medir el efecto placebo en la medición, los resultados de la medición se observan en la tabla 8.

Cantidad	de	Grado de calidad
1		Muy difícil
7		Difícil
1		Medio
15		Fácil
7		Piezas en buen estado

Tabla 8 Detección de defecto de alambre doblado

Después se procedió a realizar el estudio usando las piezas seleccionadas con los operadores elegidos, este estudio se llevó a cabo en lapsos durante dos semanas, para de esta manera disminuir el grado de influencia que pudiese llegar a tener los recuerdos de los resultados anteriores. Se utilizó el sistema de evaluación binario teniendo que, cuando el inspector decide que la pieza se encuentra en buen estado se asigna 1 al campo de decisión y 0 cuando el trabajador detecta en la pieza el defecto de alambre doblado.

Para iniciar con la evaluación primero se calculó la suma de los acuerdos, cada una de las piezas fue sometida a 10 evaluaciones (k); es decir, que si el total de inspectores estuvo de acuerdo en que la pieza se encontraba en buen estado la sumatoria total sería igual a 10, sin embargo si sucediese el caso contrario, la sumatoria total sería igual a 0.

Para calcular el número de posibles desacuerdos se aplicó la siguiente ecuación.

$$ap = \binom{k}{r} = \frac{k!}{r!(k-r)!} \tag{8}$$

Dónde:

k : Número de evaluaciones en la pieza.

ap : Número de posibles desacuerdos por pieza.

r : Criterio de decisión.

Sustituyendo los datos con $k = 10$ y para r se usará el criterio binario de Pasa o No pasa, por lo que r es igual a 2, sustituyendo en la ecuación (8) se obtiene la ecuación (9):

$$ap = \binom{10}{2} = \frac{10!}{2!(10-2)!} = 45 \tag{9}$$

En base al resultado, por cada anillo inspeccionado existe una posibilidad de encontrar 45 tipos de combinaciones a la hora de estar en desacuerdo, para saber el número total de posibles desacuerdos ap de la muestra, se procedió a multiplicar ap por el total de piezas bajo estudio p sustituyendo en la fórmula de la ecuación (10), siendo $p = 31$ y $ap = 45$.

$$at = ap * p \tag{10}$$

Sustituyendo en (10) se obtiene (11),

$$at = 45 * 31 = 1395 \quad (11)$$

El resultado es que existen 1395 posibles combinaciones para estar en desacuerdo en base a las condiciones del presente estudio.

Se procedió a calcular el número de desacuerdos del estudio (NDe), que se presentaron entre los cinco inspectores cuando cada uno evaluó una pieza, resultando en 439 opiniones diferentes sobre si una pieza estaba bien elaborada o no. Con este valor se pudo calcular el porcentaje de desacuerdos del estudio (%De), el cual se obtuvo dividiendo desacuerdos del estudio NDe = 439 entre $at = 1395$, dando como resultado %De = 31%, con este valor se puede decir que la opción de los cinco inspectores tiene un porcentaje aceptable de concordancia y es susceptible de mejorarse.

En cuanto al factor *repetibilidad* de la medición, se contabilizó el número de desacuerdos que tuvieron cada uno de los cinco operadores con respecto a su propio criterio y el porcentaje de consistencia que obtuvieron en el análisis de las 31 piezas en los dos diferentes ensayos. Posteriormente se obtuvo el nivel de desacuerdos atribuibles a la repetibilidad (NDrep), el cual resulta de la división del total de desacuerdos de repetibilidad (Drep) que fueron 33, entre el total de oportunidades de repetibilidad (Orep) con valor de 155, dando como resultado un NDrep igual a 21% .

El paso siguiente fue calcular el índice de *reproducibilidad* para lo cual fue necesario el número total de desacuerdos de reproducibilidad (Drepro) que fueron 220 y el número de oportunidades para estar en desacuerdo, el cual se calcula al multiplicar el número de piezas x número de operadores x número de ensayos x criterio de evaluación, dando como resultado 1240 oportunidades de reproducibilidad (Orepro), entonces para poder calcular el nivel total de desacuerdos debido a la reproducibilidad (NDrepro) se determina mediante la ecuación (12).

$$ND_{repro} = (D_{repro}/O_{repro}) \quad (12)$$

Sustituyendo en (12) se obtiene (13),

$$ND_{repro} = \left(\frac{220}{1240}\right)(100) = 18\% \quad (13)$$

El porcentaje de reproducibilidad es aceptable debido a que de la cantidad posible para estar en desacuerdo que es 1240, solo se estuvo en desacuerdo 220 veces en la comparación hecha entre los operadores, obteniendo un 18% de porcentaje de desacuerdos. En la tabla X se presenta el resumen del estudio R&R.

Índices	Desacuerdos	
Repetibilidad	$ND_{rep} = \frac{35}{155} (100)$	
Reproducibilidad	$ND_{repro} = \frac{220}{1240} (100)$	
Total	$ND_e = \frac{439}{1205} (100)$	
Operador	Repetibilidad (%)	Piezas aceptadas
1	16%	37%
2	35%	40%
3	13%	48%
4	32%	81%
5	10%	27%
Promedio	21%	47%

Tabla 9 Resumen estudio R&R para medición.

En base a los datos analizados en la fase anterior las posibles causas del defecto están más relacionadas al método y la mano de obra que a las mediciones, esto, debido a que los índices de repetibilidad y reproducibilidad son de 21% y 18% respectivamente, valores con nivel de desacuerdo bajo.

Por otra parte, la ejecución incorrecta del método (rozones del alambre con los pines del fixture), los fixtures en mal estado y la velocidad del embobinado si tienen que ver con la generación directa del alambre doblado debido a que como se mostró en la tabla 7, las puntuaciones estándar obtenidas por estos tratamientos cayeron en el área de aceptación de la hipótesis nula, por ende existe evidencia estadística para decir que éstos factores causan el defecto de alambre doblado.

Un detalle que se debe analizar a detalle, es el hecho de que en la prueba número 1 aun habiéndose realizado con todo el cuidado posible, por parte del operador, salió una pieza con alambre doblado, posteriormente mediante la observación de la operación se identificaron dos variables de ruido, la primera tiene que ver con la sujeción que ofrecen los tornillos del fixture al alambre, cuando estos quedan flojos o se barren, no otorgan el suficiente agarre como para mantener la tensión específica del nitinol (15 lb – 25 lb). La segunda variable aleatoria tiene que ver con el agarre del alambre en los pines del fixture, esto quiere decir que en ciertas ocasiones cuando el operador embobinó alguna parte del fixture, el alambre se desplaza lentamente hacia arriba si es que este mismo no llegó hasta la base del fixture y factores como el estado de los pines pueden generar una pérdida de tensión en un punto del ápice que es casi imposible de notar.

Hacer

Para comprobar si el mejorar el agarre disminuía la proporción de defectos se procedió a realizar una quinta prueba utilizando un dispositivo que mejorase el agarre y tornillos nuevos (ver figura 7), se formaron 33 anillos con este dispositivo y de ellos solamente una pieza resultó con ese defecto.

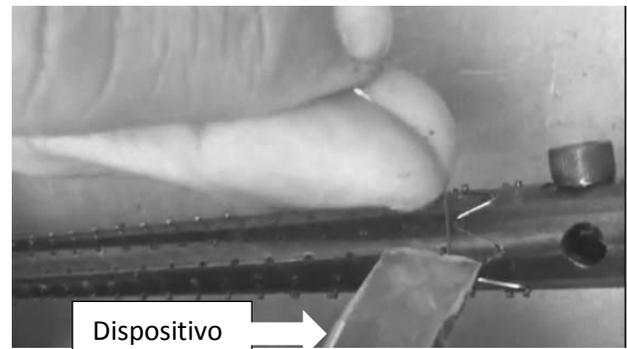


Figura 7 Dispositivo de acrílico para el agarre

Mejorar el agarre ayudó a mantener un índice bajo de piezas defectuosas, sin embargo el anillo que resultó defectuoso es atribuible a un tornillo barrido debido a que este se encontró en el ápice del extremo que se dirige al tornillo para sujeción.

Por otra parte, aunque la velocidad de embobinado y el método mal implementado demostraron ser factores importantes en la generación de defectos por alambre doblado, se analizó de qué manera se relacionaban estos dos rubros, es decir si la velocidad de formado estaba relacionada con la cantidad de roces del alambre con el pin y por lo tanto un daño en el formado del alambre.

Para determinar la corrección, se hizo registro el número e veces que el alambre hacia contacto con el pin, en 30 piezas, el resultado se observa en el grafico 6, donde se presenta un coeficiente de determinación de 0.8516, al sacar la raíz cuadrada se obtiene un índice de correlación de 0.9218, es decir existe una fuerte relación entre la velocidad de fabricación y la cantidad de veces que el alambre tiene contacto con el pin, algo no deseado en la operación, ya que es causa para alambre doblado.

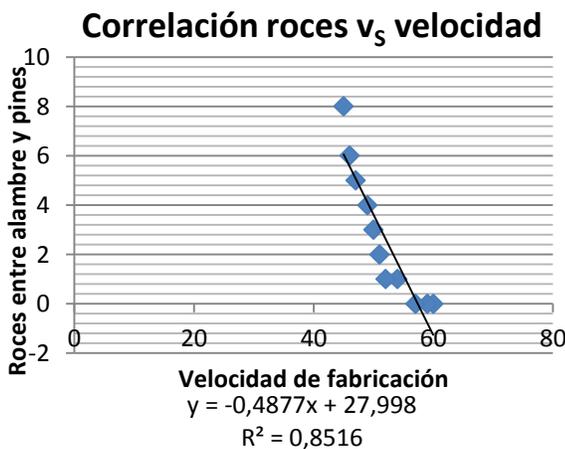


Gráfico 6 Correlación roces vs velocidad

Con la información se puede establecer que el defecto de alambre doblado tiene como principales causas: la incorrecta ejecución del método de operación, el deterioro del fixture o herramental, y como causa secundaria la velocidad de embobinado, ya que a mayor velocidad mayor contacto del alambre con el fixture.

Después de observar como el agarre con una pieza de acrílico permitió disminuir el número de defectos, se procedió a realizar una prueba piloto en el área de producción, con la fabricación de 33 anillos, por cada operador, dando como resultado solo cinco anillos defectuosos, la proporción media de defectos disminuyó considerablemente, pero aun así los defectos siguieron apareciendo, lo cual a su vez es atribuible al desgaste de los tornillos cuando ingresan a la estación de tratamiento térmico, debido a que la sal corroe el metal y la temperatura lo debilita.

Verificar

En esta paso se contrastaron los resultados generados de los experimentos realizados con los indicadores al inicio del proyecto, los resultados se observan en la tabla 10.

Medible	Resultado
Proporción media de	0.0364
RTY	82.98%
Scrap	\$1,067.50 Dlrs
Índice de capacidad	0.9636

Tabla 10 Resultados obtenidos en experimentación.

Se puede observar que la proporción media de defectos encontrada en los resultados del experimento disminuyó en aproximadamente 9.8 puntos porcentuales con respecto al de la población (ver grafico 7), así pues el RTY aumento en casi 8% y el índice de scrap no refleja el costo de los anillos defectuosos de la muestra sino que se calcula como la máxima pérdida monetaria si el proceso pudiese mantener esa proporción media de defectos en el lapso de un año, el índice de capacidad por su cuenta nos muestra que el 96.36% de las piezas dentro del experimento se encuentran libres de defectos.

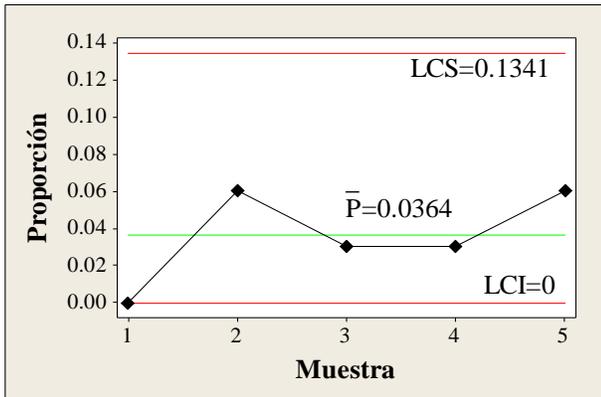


Figura 7 Proporción de defectos P del experimento

Como se puede ver en el grafico 7, simplemente se graficaron las proporciones de defectos encontradas en cada uno de los 5 experimentos elaborados para comprobar si el mejorar la sujeción del alambre en el fixture disminuía la proporción media de defectos de la población, así pues se procedió a comprobar si esta disminución era significativa, entonces se planteó H0: P = 0.1272 y H1: P < 0.1272, los cálculos se desarrollan a continuación (14).

$$Z = \frac{p - \bar{P}}{\sqrt{\bar{P}(1-\bar{P})/n}} \quad (14)$$

Donde:

Z: Puntuación estándar de la proporción muestral

P testada: Proporción media poblacional.

P: Proporción muestral

Entonces se procede a sustituir los valores en la ecuación (14), se obtiene (15),

$$Z = \frac{0.0364 - 0.1272}{\sqrt{0.0364 * (1 - 0.0364) / 165}} = -6.22 \quad (15)$$

Con respecto al punto crítico de -1.65 se rechaza la hipótesis nula, es decir que la proporción de defectos disminuyó significativamente. Un punto a considerar es que aunque la proporción media de defectos se disminuyó los tiempos tomados durante la realización del experimento mostraron un incremento.

Después de realizar de nuevo un estudio de tiempos durante la experimentación, el tiempo estándar se aumentó en 3 segundos, un cambio relativamente pequeño pero muy importante debido a que con el tiempo estándar anterior la salida de fixtures formadas es igual a 60 por hora y con este nuevo tiempo estándar la salida sería de 57 fixtures por hora.

La diferencia de tres segundos del tiempo estándar, provocaría que al mes se realizarían 505.71 fixtures menos, es decir 1517.14 anillos menos. Aunque tomando en cuenta que las proporciones de defectos (P) son diferentes tanto para uno y otro, se procedió a realizar los cálculos tomando en cuenta este factor, ver tabla 11.

Tiempo estándar		
	Método	Método
	63 segundos	60 segundos
	P = 0.0364	P = 0.1272
Hora	55.06	52.36
Día	487.30	463.45
Semana	2436.53	2317.28
Mes	9746.12	9269.13
Diferencia	476.99	

Tabla 11 Producción Método Actual vs Propuesto.

En la tabla 11 se puede observar que el tiempo estándar por pieza es mayor en el método propuesto, sin embargo la proporción de defectos es menor que el método actual, por lo que a pesar del tiempo se pueden fabricar 476.99 fixtures más por mes.

Actuar

Comprobado que el dispositivo de agarre es una solución directa al defecto de alambre doblado, se procedió, ha diseñar un dispositivo que permitiera la sujeción y el acomodo del alambre de nitinol alrededor del amandril y con el mínimo roce con los pines del mismo, el dispositivo debía permitir formar los anillos y que el movimiento fuese natural, así mismo la operación debía estar lo más cerca posible al tiempo estándar, el diseño, sin mayores detalles por derechos de propiedad industrial, se puede observar en la figura 8.

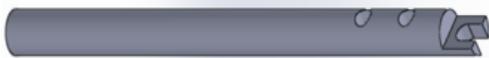


Figura 8 Dispositivo de formado

En la figura 8 se puede observar el dispositivo en el cual se rutearía el nitinol a través de los dos barrenos que posee para generar un agarre en éste y después pasarlo a través de la muesca que tiene en el extremo para poder trabajar el nitinol lo más cercano posible al fixture y de esta manera reducir los defectos por alambre doblado. El dispositivo de ayuda para el agarre en el formado disminuyó considerablemente las piezas defectuosas, y aun que el tiempo estándar de la operación aumenta, esto se compensa con la cantidad de scrap que dejará de elaborarse, en base a lo anterior se procedió a implementarse en el área de trabajo.

Para implementar la herramienta en la operación, se debió elaborar una nueva instrucción de trabajo, con apoyo visual que permitiera al operador identificar cada uno de los elementos de la operación; en esta nueva instrucción se balancearon los tiempos efectivos de las manos derecha e izquierda, de tal forma que trabajaron al mismo ritmo.

Según Niebels & Freivalds (2009) se debe de auditar el proceso por lo menos una vez al año, si su tiempo estándar o de ciclo varían en más de $\pm 5\%$. En este estudio, se encontró en base al estudio de tiempos realizado, que en el método propuesto hubo una variación de 8.93% es por ello que se realizarán auditorías del proceso una vez cada seis meses, y revisiones diarias hasta que se determine que el operador aprendió bien su operación.

Agradecimiento a la empresa, Por las facilidades brindadas durante tres meses a maestros y alumnos de la universidad, logrando resultados muy satisfactorios para la ésta; y a petición de la misma se reserva su identidad, pero se reconoce su Responsabilidad Social.

Conclusiones y recomendaciones

El objetivo era reducir los defectos para toda el área en un 10%, se cumplió satisfactoriamente, ya que la proporción media de defectos disminuyó en 9.8% y el aumento del RTY de esta misma es celda es aproximadamente 10.98% mayor con respecto a la población total. En base a los resultados anteriores, después de implementar los cambios en el método y el dispositivo de formado, el proyecto generó ahorros cercanos al 71% de gastos anuales por defectos de alambre doblado teniendo como meta mantener el 3.64% de defectos, por otra parte la inversión en el proyecto fue mínimo ya que la fabricación de los ocho dispositivos se realizó en el área de maquinado de la empresa y el costo de manos de obra y material (acetal) fue de \$ 5 dolares por herramienta.

Ahora bien, si se eligiera el seguir con el dispositivo de agarre se tendría que controlar directamente el uso de los tornillos para revisar que estos no se encuentren desgastados y supervisar que el operador siga el método correctamente, los resultados obtenidos con este dispositivo son buenos pero no se encuentra exento de errores y sobre todo que aún se puede tener un mal método muy influyente.

Entre las principales recomendaciones que se realizan a la empresa son: 1) Establecer un sistema de revisión periódica acerca de cómo el operador está realizando las operaciones de formado manual y así determinar si se están haciendo correctamente, 2) Llevar a cabo un estudio para determinar cuántas inmersiones son necesarias en la tina del baño de sal para que los anillos comiencen a deteriorarse, 3) Determinar si la variación en la temperatura y la proporción de sales afecta en un alto grado o existe algún otro factor inmiscuido

4) Elaborar un sistema de inspección de fixtures más robusto que ayude a determinar con precisión cuales se encuentran en buen estado para estar en piso y cuales debiesen ser discontinuadas.

Referencias

Deming, W. E. (1989). *Calidad, productividad y competitividad: la salida de la crisis*. México: Ediciones Díaz de Santos.

ProMexico (2015). Economía, S.d. Obtenido de http://mim.promexico.gob.mx/work/sites/mim/resources/LocalContent/68/2/FC_Dispositivos_Medicos_ES.pdf

Frank M. Gryna, R. C. (2007). *Método Juran Análisis y planeación de la calidad*. México: McGrawHill.

Group, B. M., & DeCarlo, N. (2007). *The complete idiot's guide to lena six sigma*. México: Penguin group.

Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2008). *Manufactura, ingeniería y tecnología*. México: Pearson prentice hall.

Medical expo. (s.f.). Obtenido de <http://www.medicaexpo.com/prod/bolton-medical/abdominal-stent-grafts-78391-527041.html>

Niebels, B., & Freivalds, A. (2007). *Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo*. México: McGrawHill.

Ortiz, S. (s.f.). *Frontera*. Obtenido de <http://www.frontera.info/EdicionOnline/Notas/Noticias/11102013/763125-Mejoran-vidas-con-productos-hechos-en-Tijuana.html>

Pande, P. S., Neuman, R. P., & Cavanagh, R. R. (2002). *The six sigma way*. EEUU: McGrawHill.

ProMéxico. (2015). *Embamex*. Obtenido de http://embamex.sre.gob.mx/espana/images/stories/d2013/10_Octubre/sector_dispositivos_medicos.pdf

Pulido, H. G. (2013). *Control estadístico de la calidad y seis sigma*. México: McGraw-Hill Education.

Summers, D. C. (2006). *Administración de la calidad*. México: Pearson prentice hall.

Desarrollo de un Sistema Web para la aplicación de Censos Empresariales con Geolocalización

CASTILLO-Christian†, RISTORI-David & CANCINO-Karina

Universidad Autónoma de Chiapas. México

Recibido 7 de Abril, 2015; Aceptado 14 de Junio, 2015

Resumen

El presente artículo da a conocer el desarrollo de un Sistema Web para la aplicación de Censos Empresariales, el cual ha sido implementado por la Camara Nacional de Comercio, Servicios y Turismo de Tapachula (CANACO); permitiendo el registro de datos empresariales y económicos de las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (MiPyME) del municipio de Tapachula en el estado de Chiapas. Entre las ventajas que ha proporcionado el uso del Sistema es tener un banco de datos único facilitando el control de los asociados y la generación de reportes que apoyan a la toma de decisiones; clasificando a las empresas asociadas con base a diferentes variables de medición. Para el desarrollo del sistema se utilizaron técnicas y metodologías actuales que proporciona la ingeniería de software, en particular la Ingeniería Web; así mismo, se implementaron frameworks de desarrollo orientados al Web, los cuales permitieron agilizar el proceso de desarrollo e implementación, garantizando la calidad del sistema; también, se utilizaron APIs de Google para poder realizar la Geolocalización de las empresas encuestadas.

Censo Empresarial, Ingeniería de Software, Ingeniería Web, Geolocalización

Abstract

This article discloses the development of a Web application system for Business Census, which has been implemented by the National Chamber of Commerce, Services and Tourism of Tapachula (CANACO); allowing registration of business and economic data of the Small and Medium Enterprises (MiPyME) in the municipality of Tapachula in Chiapas. Among the advantages provided using the system it is to have a single database facilitating the control of the members and the generation of reports that support decision-decisions; classifying the associated companies based on different measurement variables. System development techniques and methodologies that provides software engineering, including Web Engineering were used; likewise, development frameworks implemented orientados the Web, which allowed streamline the process desarrollo and implementation, ensuring the quality of the system; Also, Google APIs were used to perform the Geolocation of the companies surveyed.

Business Census, Software Engineering, Web Engineering, Geolocation

Citación: CASTILLO-Christian, RISTORI-David & CANCINO-Karina. Desarrollo de un Sistema Web para la aplicación de Censos Empresariales con Geolocalización. Revista de Tecnología e Innovación 2015, 2-3:530-537

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Este artículo sintetiza el desarrollo de un Sistema de Información basado en un entorno Web, el cual permite administrar información relativa a los Censos Empresariales que son realizados con el objetivo de identificar posibles problemáticas en el sector empresarial; mediante la aplicación de un instrumento de recolección de datos empresariales y económicos correspondientes a las entidades productivas de un territorio o localidad, referidos a un momento determinado o a ciertos períodos en el tiempo; considerando diversas variables de medición: tamaño de la empresa, giro, egresos, insumos, empleados, créditos, información-financiera, producción, exportaciones, seguridad, etc.

El presente proyecto es resultado de la suma de esfuerzos por parte de la Cámara Nacional de Comercio, Servicios y Turismo (CANACO) de la ciudad de Tapachula en el estado de Chiapas, que tiene como misión contribuir al desarrollo del sector comercial, servicios y turismo, generando confianza y credibilidad a través de convenios, programas y proyectos que contribuyan al impulso de la actividad económica de la región [1]; y la valiosa colaboración de la Facultad de Contaduría Pública Campus IV de la Universidad Autónoma de Chiapas (UNACH). En este trabajo se plantea el desarrollo de una solución de Inteligencia de Negocios haciendo uso de Sistemas de Información Geográfica como lo es Google Maps, con la finalidad de tener un banco de datos sobre la localización y situación de las MiPyME (micro, pequeña y mediana empresa) del municipio de Tapachula, creando un antecedente para la generación de mapas virtuales del sector productivo que apoye al Turismo, dando preferencia a las MiPyME que se encuentren debidamente formalizadas y afiliadas a la CANACO.

Marco teórico

En la actualidad, contar con Sistemas de información que resulten confiables y fáciles; suelen traducirse en ventajas competitivas para las empresas. Bajo esta premisa, la CANACO ha decidido solicitar asesoría especializada a la Universidad Autónoma de Chiapas, para realizar la sistematización de varios procesos administrativos; en ese sentido, es importante señalar que producir un software o sistema es relativamente simple en concepto: tomar una idea y convertirla en un programa útil; sin embargo, como comenta el Rod Sthepens [2] en su libro: *“Para cualquier tipo proyectos con un alcance real, existe un sinnúmero de maneras en que un concepto sencillo pueda ir mal. Los programadores no pueden entender lo que los usuarios desean o necesitan, en virtud de ello, suelen construirse aplicaciones incorrectas”*.

Aunado a lo anterior, se puede llegar al punto en que el sistema desarrollado, presente demasiados errores, que resulte frustrante poder usarlo, imposible de corregirlo, y complicado para ser mejorado con el tiempo.

Por lo anterior, existen técnicas para evitar las trampas que se presentan durante el proceso de desarrollo, y en en muchas ocasiones terminan por enviar el proyecto al fracaso; garantizando que el software resultante sea eficaz, útil, y mantenible; estas técnicas son establecidas por la Ingeniería de Software; la cual provee a los desarrolladores la flexibilidad para hacer cambios que permitan satisfacer las demandas inesperadas sin afectar los tiempos de entrega y presupuesto.

Ingeniería Web

El desarrollo tradicional de un sistema de información difiere del desarrollo de aplicaciones o sistemas basados en un entorno Web; las características para este tipo de aplicaciones que influyen en el proceso de desarrollo y deben ser consideradas son: evolución continua, buena presentación o estética, rápida adaptación a los cambios tecnológicos y mayor seguridad para los usuarios [3].

Existe una metodología enfocada al desarrollo de aplicaciones Web, la cual se denomina “Modelo de proceso para Ingeniería Web”, propuesta por Roger Pressman y David Lowe (2009); la cual consta de una estructura similar a la del ciclo de vida de los sistemas de información; suele ser iterativa e incremental; sin embargo, las fases o etapas difieren, siendo estas: *Comunicación, Planificación, Modelado, Construcción y Despliegue (Liberación)* [4]. En la figura 1, se observan las fases y sus acciones.

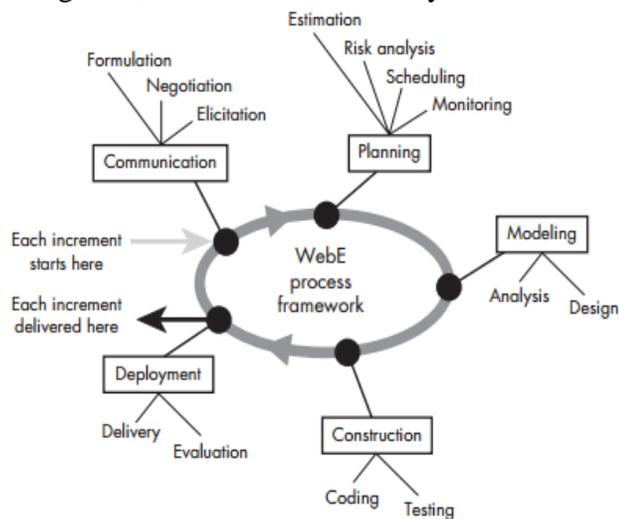


Figura 1 Modelo de proceso para Ingeniería Web

Patron de diseño MVC

Los patrones de diseño se han utilizado con gran éxito en la programación de software, han permitido mejorar la productividad, creatividad y eficiencia en el desarrollo web, reduciendo la complejidad y líneas de código [5]. En el contexto de las tecnologías CSS y HTML, los patrones de diseño son un conjunto de funcionalidades comunes que permiten a una aplicación sea ejecutada en varios navegadores web y dispositivos, sin sacrificar los aspectos de diseño o accesibilidad.

En el año de 1979, Trygve Reenskaug quien trabajaba como desarrollador en Smalltalk en Xerox, desarrollo un patrón de diseño de arquitectura de software usado para el desarrollo de aplicaciones denominado MVC (Model View Controller por sus siglas en inglés); este patrón de diseño permite separar la interfaz gráfica de usuario, del modelo de datos y de la lógica o flujo de la aplicación. Hoy en día, el MVC es comúnmente usado en la mayoría de los desarrollos Web, donde se puede definir la vista como una página HTML, el modelo como la gestión de bases de datos y el controlador es el encargado de recibir los eventos de entrada de la vista.

Con la finalidad de construir un sistema web de forma rápida, pero cuidando en todo momento los aspectos de diseño, funcionamiento, seguridad y calidad; se tomo la decisión de utilizar del framework denominado *AngularJS*, enfocado al desarrollo de aplicaciones web dinámicas, utiliza HTML como lenguaje de plantillas y le permite extender la sintaxis de HTML para expresar los componentes de la aplicación de forma clara y precisa.

El capa de datos y la inyección de dependencia que aporta *AngularJS* permite eliminar gran parte de los códigos que comúnmente un programador tiene que escribir al iniciar el desarrollo de una aplicación. Así también, se utilizó la directiva *ngController*, la cual permite incorporar los principios del patrón de diseño Modelo-Vista-Controlador [6].

Metodología

El Censo Empresarial se realizó por medio de una metodología de barrido puerta a puerta a la totalidad de las entidades productivas localizadas en el segmento de códigos postales establecidos; haciendo uso de un instrumento de recolección de datos diseñado por directivos y personal administrativo de la Cámara de Comercio de Tapachula en colaboración con Docentes Investigadores de la Universidad Autónoma de Chiapas.

El siguiente paso fue seguir el modelo de proceso de la Ingeniería Web, el cual consiste en las fases de:

Comunicación: en esta etapa se identificaron algunos requerimientos para el desarrollo del sistema Web, como son: capturar los datos económicos y empresariales, concentrar en un único lugar la información, identificación de socios, geolocalizar a las pymes encuestadas; para ello, se efectuaron reuniones de trabajo con los directivos de la Cámara Nacional de Comercio de Tapachula, siendo ellos los interesados (*stakeholders*), quienes permitieron llegar a la conciliación de las diferencias entre los distintos involucrados en el proyecto.

Planificación: se establecieron fechas de análisis, desarrollo, revisión de avances y pruebas referente al Sistema Web; elaborándose un cronograma de actividades aprobado por los directivos de la Cámara Nacional de Comercio, Servicios y Turismo de Tapachula.

Modelado: compuesta de dos fases paralelas; la primera consistió en un análisis de los requerimientos de las partes interesadas y la segundo en diseñar el contenido que forma parte de la aplicación.

En la primera fase, se realizó un análisis de cada uno de los requerimientos para determinar: ¿Qué es lo que se requiere que realice el Sistema Web?; básicamente, entender la naturaleza del problema que se aborda y la "forma" en la aplicación web debe hacer frente al problema; para ello, se elaboraron diagramas de casos de usos, los cuales dan a conocer los actores, relaciones y diferentes escenarios que pueden presentarse.

Los actores identificados son:

- *Administrador*, es la persona responsable del correcto funcionamiento del sistema, manteniendo actualizados los catálogos y realizando correcciones de captura.
- *Capturista*, es la persona responsable de ingresar los datos al Sistema Web.
- *Directivo*, es la persona que generan y analizan los reportes del sistema, para utilizarlos en la toma de decisiones.
- *Aplicador*, es la persona que se encarga de aplicar los instrumentos de recolección de datos a los propietarios o encargados de las MiPyME.

Los casos de uso identificados son:

- Caso de uso *Registrar Empresa*, permite registrar los datos económicos y empresariales de la entidad encuestada.
- Caso de uso *Registrar Geolocalización*, permite registrar las coordenadas geográficas (latitud/longitud).
- Caso de uso *Consultar Empresa*, permite consultar los datos de económicos y empresariales de una entidad.
- Caso de uso *Asignación datos de Socio*, permite asignar datos de control, para las empresas asociadas a la CANACO.
- Caso de uso *Mantener Catálogos*, permite administrar datos generales agrupados por catálogos, como giro, colonias, entre otros.
- Caso de uso *Reportes*, permite generar diversos reportes, representando mediante graficas los datos de las variables de medición.

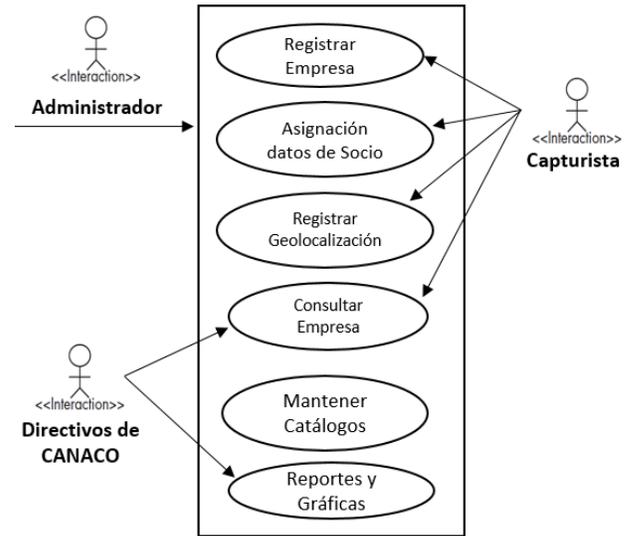


Figura 2 Diagrama de Casos de uso

Posteriormente, en una segunda fase relacionada con el diseño, se logró tener una buena comprensión de las características necesarias para realizar el diseño adecuado de la aplicación web; considerando que un buen diseño se enfoca a maximizar la simplicidad, consistencia, identidad, robustez y facilidad de uso del sistema.

Posteriormente, se realizó un Diagrama Entidad/Relación de la base de datos, mismo que fue transformado a un modelo relacional, compuesto por varias tablas que almacenan datos económicos, empresariales, coordenadas de localización y de control de asociados.

La salida generada en esta etapa, fue un modelo de diseño que abarca el contenido, la estética, arquitectura, interfaz, navegación y diseño a nivel de componente; este modelo proporciona información suficiente para iniciar con la siguiente etapa; cabe destacar que por la importancia del diseño de interfaces se tomaron en cuenta las personas que utilizarían el sistema Web; cada interfaz fue evaluada su complejidad y se aseguró que fueran: consistentes, fáciles de usar, intuitivas, robustas y responsivas.

Construcción: en esta fase se realizaron un conjunto de actividades consistente en selección de plataformas de desarrollo y componentes, codificación, edición, creación de plantillas, refactorización, y pruebas; acciones que permitieron a la construcción de un prototipo de sistema web para su evaluación por parte de los usuarios finales.

En lo relativo a la selección de tecnologías y plataformas de desarrollo, cabe señalar que para el diseño de interfaces gráficas se utilizaron los lenguajes HTML 5 y CSS 3; para el control de eventos y navegación del sistema se usó el framework Angular JS; como sistema gestor de base de datos MySQL, y para la conexión y comunicación con la base de datos el lenguaje de programación web PHP, todo lo anterior, implementándose bajo las especificaciones del patrón de diseño MVC.

En el contexto de las aplicaciones web construidas con el framework AngularJS, la vista resulta ser el Modelo de Documentos de Objetos (DOM), los controladores son clases programadas con JavaScript, y los datos del modelo se almacenan en las propiedades del objeto. [6]

Para poder implementar la Geolocalización en el Sistema Web, con el objetivo de visualizar la ubicación de las empresas basando en coordenadas, se realizó la integración de la API JavaScript de Google Maps en su versión 3, la cual nos permitió incrustar los Mapas virtuales que ofrece Google dentro del sistema. La versión utilizada está especialmente diseñada para ser más rápida y de fácil personalización con la finalidad de satisfacer las necesidades de la aplicación que se construye [7].

Despliegue: se compone de tres acciones: empaquetado, liberación y la evaluación. Es importante señalar que dado la naturaleza del desarrollo de la aplicación web es gradual, el despliegue sucede no una, sino varias veces generándose prototipos funcionales en cada iteración.

La liberación de los diferentes módulos o componentes que integran al sistema, se realizó de forma paulativa, siendo ejecutados en un servidor de pruebas y posteriormente instalados en un servidor web de producción, que se encuentra asociado a un dominio internet perteneciente a la CANACO.

Finalmente, se efectuaron pruebas con la finalidad de encontrar errores de contenido, navegación, seguridad y rendimiento.

Todas las fases descritas, se realizaron de forma iterativa e incremental; siguiendo los procesos establecidos en la metodología de la Ingeniería del Web propuesta por Pressman; logrando garantizar a los usuarios finales, un buen funcionamiento y desempeño del sistema web.

Resultados

El principal resultado es el contar con un sistema Web que facilita la administración de las cartas descriptivas de los planes de estudio y la planeación de las mismas; éste cumple con los siguientes atributos: *disponibilidad* debido a que está accesible 24/7, *seguridad* porque se utilizaron protocolos de encriptación (md5) para lograr una transferencia segura de datos. Además todos los usuarios finales, poseen contraseñas de acceso para validar su ingreso al sistema; *escalable* porque fue diseñado con las especificaciones del patrón de diseño MVC.

A continuación, se muestran algunas pantallas del Sistema web desarrollado.

Figura 3 Formulario de registro de nueva Empresa



Figura 4 Generación de Reportes



Figura 5 Geolocalización de las MiPyME

El Sistema Web fue diseñado para acceder a el a través de un navegador web; de tal forma que los directivos y personal involucrado de pueden ingresar fácilmente al sistema desde diferentes lugares; lo único que requieren es acceso a internet. Actualmente, el sistema ha sido implementado en un servidor web haciendo uso de un dominio privado que pertenece a la CANACO.

Agradecimiento

Agradecemos a los Directivos de la Camara Nacional de Comercio, Servicios y Turmismo del municipio de Tapachula en el estado de Chiapas, por el valioso apoyo y las facilidades que nos brindaron para la realización de este proyecto; así también, a los alumnos tesistas de la Universidad Autónoma de Chiapas, quienes participaron activamente en la aplicación de los instrumentos de recolección de datos y en el desarrollo del Sistema Web.

Conclusiones

Se puede concluir que el Sistema Web desarrollado, resulta ser una herramienta de toma de decisiones y de control; concentrando información relativa al sector productivo de la localidad y de los socios de la Camara Nacional de Comercio, Servicios y Turismo del municipio de Tapachula consideran al Sistema Web como; gracias a su implementación, por primera ocasión se pueden generar diversos reportes que permiten clasificar a las mypymes del municipio de Tapachula, por variables de medición; permitiendo conocer la situación del sector empresarial.

Finalmente, la utilización del Sistema Web, permite mejorar la administración de la información relativa a los censos empresariales que efectúa cada cierto periodo de tiempo la CANACO; gracias a su uso los Directivos pueden conocer fácilmente la ubicación de las empresas, clasificarlas, consultar los datos de su propietario y generar información estadística de sus socios de manera oportuna y precisa que apoyan la toma de decisiones brindando un mejor servicio a sus asociados.

Considerando que el Sistema fue construido bajo una arquitectura escalable, se tiene contemplado una segunda etapa, consistente en la adaptación de un módulo de cobros de cuotas de socio y de marketing con las empresas asociadas a la Camara Nacional de Comercio Tapachula; teniendo como objetivo controlar los pagos efectuados por los socios, y el envío de notificaciones vía correo electrónico sobre promociones o beneficios que otorga la institución.

Referencias

CANACO. “Sitio web oficial de la Camara Nacional de Comercio, Servicios y Turismo de Tapachula”. Consultado en el mes de junio de 2015 en <http://www.canacotapachula.com>

Stephens Rod. “Beginning Software Engineering”. Jhon Wiley & Sons Inc (2015).

Woojong Suh. “Web Engineering: Principles and Techniques”. Idea Group Inc (IGI) (2005).

Pressman Roger, Lowe David. “Web Engineering: A practitioner’s approach”. McGraw Hill. First Edition (2009).

Crookshanks Edward. “Practical Software Development Techniques”. Apress. (2014).

Green Brad, Seshadri Shyam. “AngularJS”. O’Reilly Media. First Edition (2013).

Holdener Anthony. “HTML 5 Geolocation”. O’Reilly Media. First Edition (2011).

Frisbie Matt. “AngularJS Web Application Development Cookbook”. Packt Publishing. First Edition (2014).

Reducción de deformación por pandeo en microcircuitos electrónicos por tratamiento térmico

VARGAS-Lidia[†], CABRERA-Eduardo, VALDEZ-Benjamín[†] & OLIVEROS-Amparo[†]

Universidad Politécnica de Baja California, Calle de la claridad S/N, Col. Plutarco Elías Calles, CP. 21376. Mexicali, Baja California. México.

Universidad Autónoma de Baja California, Instituto de Ingeniería, Blvd. Benito Juárez y calle de la Normal s/n Col. Insurgentes Este. CP. 21280, Mexicali, Baja California. México.

Recibido 28 de Abril, 2015; Aceptado 9 de Junio, 2015

Resumen

El proceso de ensamble y empaquetamiento de microcircuitos semiconductores involucra estrés mecánico residual producto de la diferencia en el coeficiente de expansión térmica CTE para los diferentes materiales que forman el microcircuito, combinado con efectos como una limitante importante en el ensamble y prueba de microcircuitos. La modificación al proceso fue validada por pruebas de confiabilidad, donde se demostró que aún con un tratamiento térmico adicional, el cliente conserva oportunidades de reflujo adicionales, tal y como se establece en la descripción del producto. Al reducir la deformación por pandeo de los microcircuitos, la operación de prueba mejoró en el rendimiento por lote. Así como, los indicadores de utilización del equipo.

Semiconductores, ensamble y prueba, pandeo, tratamientos térmicos

Abstract

The process of packaging and test of semiconductor chips involves conditions of high pressure and temperature that induce warpage. Residual mechanical stress resulting from the difference in the coefficient of thermal expansion CTE for the different materials forming the chip, combined with thermomechanical effects recognized limiting the assembly and testing of microcircuits. Shadow Moiré method was used to measure by light inference without contact and complete information about the surface warpage at different temperatures. An alternative is presented by heat treatment that reduces warpage. The modification process was validated by reliability test showing that even with this additional heat treatment, the client retains additional opportunities of reflux, as stated in the product. Test operations improved yield and indicators of equipment utilization and as warpage was reduced on microcircuits.

Semiconductor packaging and test, warpage, thermal treatments

Citación: VARGAS-Lidia, CABRERA-Eduardo, VALDEZ-Benjamín & OLIVEROS-Amparo. Reducción de deformación por pandeo en microcircuitos electrónicos por tratamiento térmico. Revista de Tecnología e Innovación 2015, 2-3:538-548

[†] Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Las tendencias en el empaquetamiento de microcircuitos electrónicos incluyen: 1) Continuar la miniaturización, 2) Circuitos multifunción o sistemas. 3) Incrementar el número de capas en el laminado, 4 a 8 capas. 4) Líneas y micro vías ultra delgadas, 5-15 μm . 5) Alta densidad de componentes, reduciendo la distancia entre ellos y el tamaño de los mismos. [1]. Como se muestra en la figura 1, se ha encontrado que la deformación por pandeo representa un problema para el ensamble desde la oblea de silicio, en las etapas de rebajado de espesor, esta operación se realiza en frío para minimizarlo. Al igual que falla de circuitos BGA presentando fallas en campo o muerte prematura. [3].

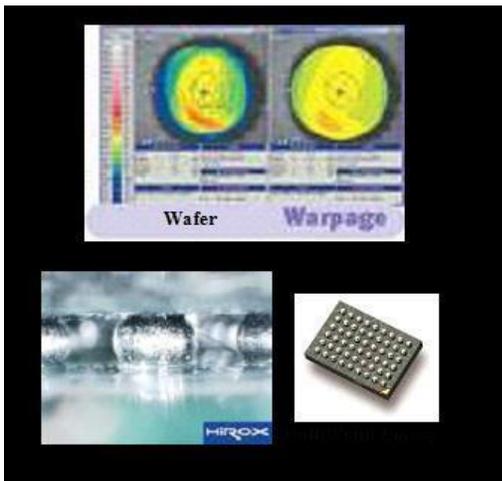


Figura 1 Problemas de ensamble relacionados con pandeo en la oblea de silicio o de contacto en los circuitos BGA.

Obtener y mantener sustratos razonablemente planos resulta crítico para el éxito de la mayoría de las operaciones de ensamble, limitando la capacidad de la manufactura en: Montaje de componentes, pegado de dados, alambrado, moldeo, cortado y prueba. La deformación por pandeo es inducida principalmente en los procesos de curado y enfriado de resinas, como el plástico de moldeo y adhesivos. Una vez que se alcanza el punto de gel, los componentes son unidos en una red interconectada del polímero y no se pueden expandir o contraer libremente. Las diferencias en la contracción química o los coeficientes de expansión térmica pueden causar deformación. El pandeo depende de la geometría y las propiedades de los componentes del paquete, así como las condiciones del proceso, esta también relacionado con el tamaño de dado de silicio, su geometría, el tamaño del circuito y las propiedades del plástico. En este estudio se revisa una alternativa de reducción de la deformación de pandeo por tratamiento térmico.

Materiales compuestos

Materiales diseñados que incluyen dos o más materiales, con características físicas o químicas muy diferentes, los cuales permanecen separados a nivel macroscópico, forman un solo componente con características modificadas y en su estructura muy superiores.

El material compuesto más primitivo es el adobe, que incluye paja y fango, para que juntos puedan formar ladrillos y usarlos en la construcción de casas. La Biblia menciona cómo los Israelíes opresos por el faraón egipcio eran forzados a hacer ladrillos sin la paja, en deterioro de sus condiciones de vida.

Actualmente, los ejemplos más avanzados se encuentran en aplicaciones espaciales para ambientes y condiciones muy exigentes. Los ejemplos más comunes incluyen el pavimentar caminos usando acero y Pórtland o concreto reforzado con asfalto o silicio; las duchas y tinas de baño hechas con fibra de vidrio, la superficie sólida, de imitación granito en fregaderos y cubiertas de cocina de mármol cultivado. Los materiales compuestos se encuentran también extendidos en la naturaleza, tales como el hueso y la madera.

En un material compuesto, los componentes cumplen dos funciones primordiales en la estructura del material:

Matriz y refuerzo. El material de la matriz rodea y apoya los materiales del refuerzo, manteniendo sus posiciones relativas. Los refuerzos imparten sus características mecánicas y físicas, realizando las características de la matriz. Se produce sinergismo, con características no disponibles en los materiales originales. Debido al total de materiales matriz y refuerzo disponibles, los potenciales de diseño son importantes.

Los principales factores del diseño involucran el tipo de matriz, refuerzo elegido y las cantidades a requerir. Solo la demanda en grandes cantidades justifica una inversión de capital y tecnología.

La mayoría de los materiales matriz son de tipo resina. Los más comunes son poliéster, vinil ester, fenólicos, poliamida, polipropileno. Los refuerzos más comunes son fibra o minerales molidos.

El moldeo se utiliza como operación principal en la fabricación de materiales

compuestos, con las siguientes ventajas, ya que permite unir el refuerzo y la matriz, alcanzar un volumen menor y evitar vacíos en el material final. Los procesos de moldeo son: moldeo abierto (moldes), cerrado (alta o baja temperatura) y autoclave (alta temperatura y alta presión). Otros métodos son: moldeo a presión por transferencia, compresión, fundido y fundido continuo. Las propiedades físicas de los materiales compuestos son generalmente no isotrópicos (la dureza no depende de la orientación de las fuerzas y momentos aplicados). Principalmente definidas por el Módulo de Young, la resistencia al rasgado y la relación de Poisson.

Fabricación de tableros (PWB) para semiconductores

El método más conveniente para montar e interconectar componentes electrónicos es usando un tablero PWB, Figura 2.

Los alambres para las interconexiones son delgadas líneas de un conductor y el componente Figura 2. Tableros de construcción diferente tamaño, mismo número de parte.

De apoyo, una hoja de material aislante que cumple además otros muchos usos. Los tableros de capas múltiples son usados cuando la densidad de componentes, es tal que una sola capa, resulta insuficiente para el total de interconexiones requeridas.

Las capas múltiples pueden ser de uno o dos lados, con capas conductoras en medio como en un sándwich, todas unidas por capas de adhesivo epóxico parcialmente curado. Una configuración de capas múltiples consiste en un tablero con 5 capas (El plano de tierra, el plano de potencia, la capa superior de montaje y dos capas de corte), pero se han usado tableros de hasta 42 capas.

El proceso de manufactura de los tableros involucra la combinación de pocas operaciones básicas. La capa conductora para interconexión, puede ser construida por un proceso aditivo o substractivo. En el proceso aditivo, el conductor es selectivamente depositado sobre el aislante, para crear una línea de conducción. En el proceso substractivo una hoja es selectivamente removida, dejando la línea de conducción sin remover, éste es más comúnmente usado en los tableros orgánicos.

Un laminado revestido de cobre es un material básico para la manufactura de tableros. Consiste de resina parcialmente curada, o poliamida, hojas de vidrio con hoja de cobre en cada lado. El proceso de fabricación típico consiste de las siguientes operaciones:

- Sellado de la superficie del tablero.
 - Separación del tablero del panel.
 - Prueba eléctrica.
 - Ensamble de componentes.
 - Inspección Final.
- Temperatura de transición vítrea (Tg).**
- Los materiales cristalinos tienen punto de fusión bien definido. El punto de fusión es la temperatura, a la cual el arreglo cristalino se destruye por completo al calentarlo. Sin embargo, los polímeros presentan un rango de temperatura sobre el cual, el cristal se desvanece. Cuando un polímero es enfriado se contrae debido a la disminución en la vibración térmica de las moléculas y una reducción en el espacio libre interatómico. En el caso de un polímero amorfo, esta contracción continúa por debajo del punto de fusión. Por otro lado, para el polímero cristalino la temperatura de transición vítrea por debajo de la temperatura de fusión se comporta como un líquido súper-enfriado y se vuelve extremadamente rígido con una densidad extremadamente alta, contrario al punto de fusión donde ocurre una transformación del líquido a la fase cristal.
- El material por debajo de la Tg es esencialmente un líquido muy viscoso. Tal fenómeno es comúnmente observado en vidrio inorgánico compuesto de silicatos. En el caso de los polímeros amorfos se trata de estructuras de vidrio hechas de moléculas orgánicas.
- Aunque la Tg no representa una transición de fase termodinámica, en muchas maneras es parecido al punto de fusión para los sólidos cristalinos. Muchas propiedades físicas cambian abruptamente al alcanzar la Tg.
- Preparación de la distribución en el tablero ó Artwork
 - Preparación del material.
 - Alisar, Perforar, quitar sobrante y limpiar.
 - Recubrimiento de cobre sin corriente.
 - Imagen. Aplicación en seco o líquido de la capa resistente. Máscara.
 - Recubrimiento con electricidad.
 - Remoción de la capa resistente.
 - Pulido con ácido.
 - Hacer conexiones eléctricas en el tablero.
 - Horno de Curado o reflujo.
 - Inspección.

El Poliestireno tiene una Tg de 100 °C y es rígido a temperatura ambiente. El caucho tiene una Tg de -75°C y es blando a temperatura ambiente. La Tg es función de la estructura del polímero. Aunque la Tg de los vidrios inorgánicos son al menos 100°C mayores que los plímeros. Ya que los vidrios inorgánicos presentan enlaces mixtos iónico covalente y mayor entrecruzamiento resultando en una mayor estabilidad térmica. Los polímeros presentan enlaces covalentes y de Van Der Waals.

Tableros con base de PTFE y dieléctrico mixto

Uno de los mejores diseños involucra el uso de laminados con base PTFE (politetrafluoro etileno o teflón) en una técnica llamada de dieléctrico mixto. Capas de FR-4 con capas de vidrio relleno y con PTFE, en una estructura de varias capas. Este procedimiento permite diseñar circuitos de alta frecuencia que requieren una pérdida baja en la capa superior de PTFE, mientras que al mismo tiempo se transportan señales digitales menos críticas a un bajo costo.

Además, es posible alcanzar un alto nivel de integración en su construcción y la relación costo/funcionamiento alcanza mayor fidelidad. Aunque no está libre de problemas debido a los agresivos tratamientos con plasma y químicos para trabajar el PTFE, los cuales son agresivos al FR-4 y la rugosidad burda del terminado provoca fibras que se desprenden afectando el recubrimiento. Una dificultad adicional al usar dieléctricos mixtos es controlar lo plano del tablero final. Las inherentes diferencias en las propiedades elásticas y los coeficientes de expansión térmica causan pandeo después del proceso de laminado. El aplanado por constricción a altas temperaturas, representa una mejora disponible para este difícil problema. El proceso debe ser bien controlado respecto a las pendientes de calentamiento y enfriamiento. Aún cuando al tablero se aplanan, cierto pandeo regresa cuando se libera el mecanismo de constricción. Por supuesto que sería preferible eliminar el pandeo desde la etapa de laminado, en vez de añadir costo y etapas adicionales al proceso final. Además de eliminar la necesidad de procesar un tablero pandeado a través de perforado o chapeado. Una alternativa consiste en usar un autoclave o laminado "Isostático". Este tipo de laminado o una variación es usado en el sellado de capas múltiples a baja temperatura para cerámicos o LTCC [11].

La naturaleza del proceso de fabricación requiere sustratos que sean bastante uniformes y planos lisos con deformación mínima o distorsión. La estabilidad dimensional es otra característica importante, para asegurar que existe un mínimo desplazamiento durante el proceso. Se están realizando experimentos con laminados no tejidos para eliminar distorsión causada por la cadena misma.

Otros se basan en un alto módulo como las Aramidas. Se espera una respuesta debido a cada vez mayor número de micro vías y la constante reducción en su tamaño.

Metodología

Franjas de Moiré

En este proyecto TherMoiré permitió medir por inferencia la deformación del tablero sin contacto y obtener información completa acerca de la superficie. La sombra o franjas de Moiré pertenecen al campo de la óptica, mediciones por inferencia, sin contacto, que proporcionan información completa acerca de la superficie. La idea de sobreponer una rejilla y crear una sombra como referencia para un sistema de medición es antigua. Es Lord Rayleigh quien generalmente recibe el crédito como el primero con una publicación científica referenciado a Moiré. Rejillas lineales desarrolladas en los 50's y 60's para fines de metrología son ahora tecnología establecida. El uso de rejillas como una herramienta experimental para medir la deformación en 2 dimensiones fue analizado en teoría por Guild y puesta en práctica por Post. La interferencia de Moiré que incrementa grandemente la sensibilidad en los análisis de estrés y deformación, fue desarrollada en los 70's, mientras que los métodos más precisos de corrimiento aparecieron en los 80's. Las mejoras en el láser para iluminación y los detectores de imagen de estado sólido significan que la tecnología ha avanzado a un punto donde es ahora bien entendida, flexible y capaz de generar grandes cantidades de datos en una forma fácil de entender y que puede ser precisamente cuantificada.

Se produce un patrón de interferencia en forma de franjas de Moiré cuando dos patrones similares de líneas delgadas y oscuras se traslapan. Las medidas relacionadas con la franja o sombra de Moiré, se han utilizado con éxito para caracterizar superficies como los substratos o tableros electrónicos, pequeños componentes o áreas más grandes.

Las medidas son hechas colocando un cristal bajo en cuarzo, con líneas paralelas igualmente espaciadas grabadas en agua fuerte. Esta sirve como la rejilla de referencia. Una sombra de la rejilla de referencia es proyectada sobre la superficie del espécimen, usando luz blanca en un ángulo de 45 grados a través de la rejilla. Si el espécimen es plano y paralelo a la rejilla de la referencia, no se produce ningún patrón de la franja de Moiré. Cuando la superficie del espécimen se curva, comba, o pandeo, las franjas del Moiré se producen como resultado del patrón de interferencia geométrico creado entre la rejilla de la referencia y la rejilla de la sombra. El patrón de Moiré que resulta se utiliza para caracterizar la deformación en la superficie del espécimen. Para mas detalles del equipo utilizado consulte la figura 3.



Figura 3 Equipo TherMoiré PS400 con cámara de calentamiento.

Cada franja representa la distancia desviada fuera de una posición plana. Por ejemplo, si se utilizan 100 líneas por pulgada en la rejilla, cada franja de la imagen que resulta representa una dislocación de 1/100 pulgadas. Al alternarse franjas negras y blancas, es posible contarlas para obtener un valor de la desviación. La sensibilidad del equipo es un $\frac{1}{2}$ del ancho de la rejilla. Se obtienen mejoras en la resolución, cuando se mueve el plano del espécimen, y se sigue la franja al cambiar de lugar y fase.

Resultados

Pandeo por operación

Para un total de 180 tableros recopilados del mismo número de parte en proceso, se midió la deformación en tiras de 180 x 60 mm para cada operación, usando el TherMoiré. Encontrando que el pandeo se incrementa a lo largo del proceso y que la operación de curado de plástico posterior al moldeo o PMC fue la operación con pandeo más pronunciado, alcanzando 100 milésimas de pulgada o 1.4%. Midiendo por separado las 4 unidades de moldeo individuales de 60 x 60 mm, el máximo alcanzado fue de 20 milésimas de pulgada o 0.85% predominando también PMC y las galletas centrales. (Figura 4)

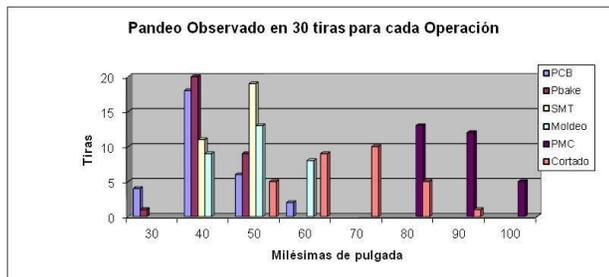


Figura 4 Deformación encontrada en la tira usando TherMoiré en las operaciones de ensamble

Simulación del proceso de curado posterior a moldeo usando TherMoiré

Se midieron 3 tableros moldeados con plástico, una medición de desplazamiento fue realizada cada 300 segundos con Thermoire. El material fue sometido a calentamiento tratando de reproducir las condiciones de curado posterior a moldeo ó PMC, siguiendo un perfil de la siguiente manera: 1) Pre calentamiento: 40 min de 30° C a 165° C, 2) Temperatura constante por 5 h a 165° C y enfriamiento con aire de 165° C a 80° C en 40 min, se observó un incremento en el pandeo por galleta de 5 a 7 y hasta 10 milésimas de pulgada. Al final del primer PMC, se programó el equipo para alcanzar 230° C en 40 min y se observó que después de alcanzar 210° C, el pandeo disminuyó abruptamente alcanzando niveles menores a 2 milésimas a 220° C. Como se muestra en la figura 4. Este comportamiento coincide con reportes del fabricante del tablero que establecen que la temperatura de transición vítrea o Tg es 210° C, sin embargo, el mayor pandeo se observó en las pendientes de calentamiento alrededor de 120° C y parece estar relacionado con la temperatura y los coeficientes de expansión del material, más que con la pendiente de calentamiento, ya que la pendiente de calentamiento fue de 3.3° C/min o 0.05° C/s muy baja comparada con las pendientes de pre calentamiento en el horno de reflujo menores a 2° C/s. (Figura 5)

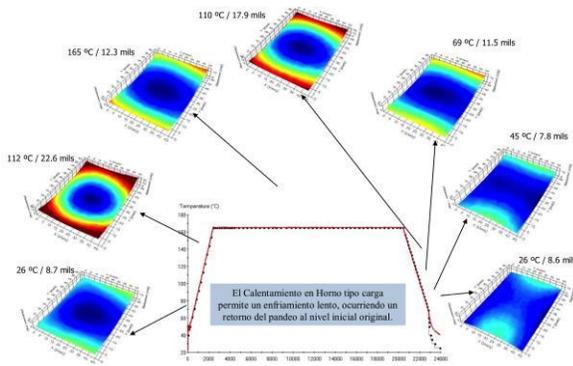


Figura 5 Simulación en TherMoiré de curado posterior a moldeo PMC y horno de reflujo a 220° C.

Caracterización de pandeo simulando PMC o curado posterior a moldeo en TherMoiré

Se buscó confirmar los datos de la primera simulación. Calentando por 40 min de 30 a 165° C, luego manteniendo a 165° C por 5 h y enfriamiento de 165 a 50° C en 40 min. Se encontró que el pandeo se incrementó a lo largo del calentamiento y retornó a su punto inicial posterior al del enfriamiento. Sin embargo, una muestra de 100 circuitos individuales recuperó el 31% de las piezas posterior al tratamiento térmico. (Figura 6)

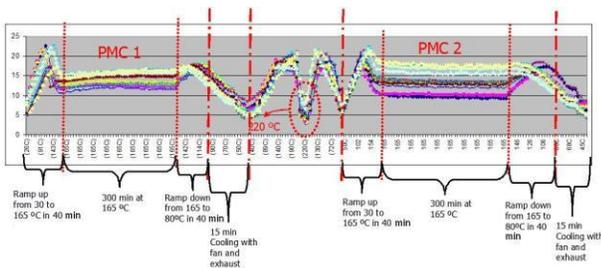


Figura 6 Caracterización de pandeo en curado posterior a moldeo por simulación en TherMoiré.

Caracterización del pandeo simulando el perfil de reflujo en TherMoiré.

El calentamiento y enfriamiento en el horno de banda con calentamiento por convección son mucho más rápidos. Se confirmó el mínimo en pandeo al alcanzar 220° C con una reducción mayor al 40%, se sospecha que un enfriamiento rápido no permite que el pandeo regrese, ocurriendo una disminución posterior al tratamiento del 40%. De mayor impacto es la disminución encontrada para una muestra de 100 circuitos individuales ya cortados y rechazo de prueba que recupero el 90% de las piezas posterior al tratamiento térmico. El tiempo completo del ciclo de calentamiento estuvo por debajo de los 5 min. (Figura 7)

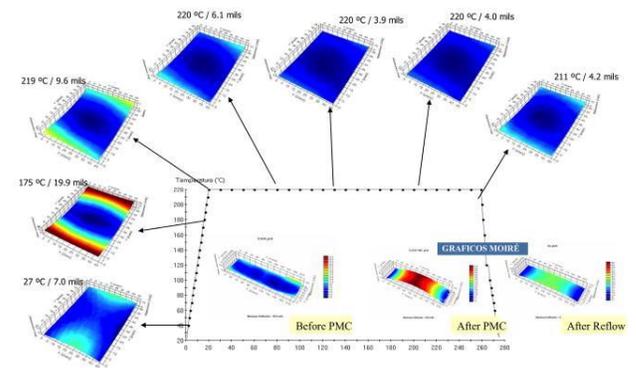


Figura 7 Caracterización de pandeo en horno de reflujo por simulación en TherMoiré

Reducción del pandeo usando el horno de reflujo a 220° C por 3 minutos en tiras

Después de comprobar la alta recuperación de circuitos en material cortado o circuitos individuales, se encontró lo poco viable que representaba esta opción debido al alto manejo de las piezas y las horas hombre requeridas, por lo que se propuso medir la reducción en el pandeo utilizando tiras listas para cortado con máximo estrés producto del curado posterior a moldeo o PMC. Se encontró una reducción del 40% y se perfiló como una opción para reducir el pandeo. (Figura 8)

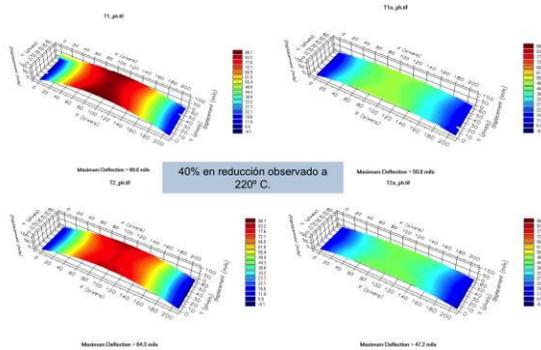


Figura 8 La sombra de Moiré muestra una reducción del 40% en el pandeo de tiras calentado a 220° C.

Resultados de confiabilidad apoyando un cambio de proceso que incluya una nueva operación, enviando material en tiras por reflujo antes de cortado

Se evaluaron tres números de parte diferentes para validar el cambio. Ya que juntos los 5 números de parte afectados, representaban 50% del volumen diario. 500 piezas con reflujo y 500 piezas de control sin reflujo. Identificando las piezas dentro y fuera del perímetro en el módulo de moldeo.

La pruebas de confiabilidad incluyeron ciclos térmicos entre -43 y 120° C, prueba de humedad con un nivel MSL3/250, prueba HAST acelerada de estrés con alta humedad y prueba HTOL de operación a alta temperatura. Obteniendo resultados positivos para todos los números de parte evaluados. Resultados de confiabilidad confirmaron que después de añadir +1X reflujo, los clientes contarían aún con 3X reflujo para el montaje de los circuitos.

Mejora en el rendimiento por lote al disminuir pandeo

PRODUCCION (Piezas [%])	Die	Trim	Hub	Flux	Q2	Wt	Reduccion	% Reduccion
A	2.27	1.15	-	1.88	1.58	0.70	0.88	-50
B	0.75	0.25	0.25	0.25	0.25	0.22	0.88	-74
C	1.21	-	1.50	1.50	1.50	0.82	0.98	-80
D	1.51	0.50	-	1.12	1.12	2.17	4.25	-70
E	9.30	9.82	9.12	9.28	9.28	1.40	1.88	-57

Tabla 1 Rendimiento histórico y reducción alcanzada al incluir +1X reflujo.

Conclusiones

Se corrieron 12 millones de unidades para tres números de parte diferente, con una recuperación observada en el rendimiento al final del ensamble y prueba cercana al 1%, muestra suficiente para liberar el 60% de la producción diaria, para que corra bajo el flujo modificado incluyendo +1X reflujo antes de cortado. La modificación al proceso fue validada por el laboratorio de confiabilidad de la compañía en California. Aún cuando se envía el material por un tratamiento, el cliente conserva 3 reflujo adicionales tal y como se establece en la descripción del producto. Al tiempo que se reduce el pandeo en el horno como se demostró, cada reflujo mueve la estructura como se observó en la simulación con TherMoiré pudiendo ocasionar fracturas o fallas y disminuir la vida del circuito.

La operación de prueba mejoro en promedio un 1% y se reportaron mejoras en la utilización de los equipos de prueba y singulado, como beneficio adicional de esta modificación incrementando la producción de piezas buenas y el tiempo de ciclo.

Se piensa que a medida que se disminuya el espesor del plástico de moldeo para hacer los tableros más delgados, esta solución permitirá una exitosa transición.

Se espera que esta solución sea temporal y proporcione el tiempo necesario para que el pandeo sea estudiado a fondo y se encuentren alternativas que resulten en un mejor control del pandeo en todo el proceso de ensamble del microcircuito.

Referencias

Sounak Banerji, P. Markondeya Raj, Swapan Bhattacharya, and Rao R. Tummala. Warpage-Induced Lithographic of FR-4 and the need for Novel Board Materials for Future Microvia and Global Interconnect Needs. IEEE Transactions on Advanced Packaging, Vol. 28, No. 1. February 2005. Pages 102-113.

Swapan K. Battacharya, I. Charles Ume, and Anh X. H. Dang. Warpage Measurement of Large Area Multi-tilted Silicon Substrates at Various Processing Conditions. IEE Transactions on components and packaging technology, Vol 23, No. 3, September 2000. Pages 497-504.

Ananth Srivatsav Halvi, Wonkee Ahn and Dereje Agonafer. Simulation of PWB warpage During Fabrication and Due to Reflow. IEEE 2004 Inter Society Conference on Thermal Performance. ISBN 0-7803-8357-5/04. Pages 674-678.

Elisa Huang, Trent Thompson, Scott Chen. Thin Mold Array Package Warpage Control Study. IEEE/CPMT International Electronics Manufacturing Technology Symposium. ISBN 0-7803-5502-4/99. Pages 223-229.

P. Hutapea, J. L. Grenestedt, "Reducing Warpage of Microelectronic Substrates by Modifying Electric Artworks," submitted, Applied Physics Letter, 2005.

P. Hutapea, J. L. Grenestedt, "Reducing Warpage of Printed Circuit Boards using Wavy Traces," ASME Journal of Electronic Packaging, Vol. 126, No. 3, pp. 282-287, 2004.

J. L. Grenestedt, P. Hutapea, "Influence of Electric Artwork on Thermo mechanical Properties and Warpage of Printed Circuit Boards," Journal of Applied Physics, 94(1), pp. 686-696, 2003.

J. L. Grenestedt, P. Hutapea, "Influence of Electric Artwork on Thermomechanical Properties and Warpage of Printed Circuit Boards," Journal of Applied Physics, 94(1), pp. 686-696, 2003.

A. Scandurra, R. Zafarana, Y. Tenya, S.Pignataro, "Chemistry of green encapsulating holding compound at interfaces with other materials in electronic devices. Applied surface science 235 (2004) pp. 65-72

Irving Y. Chien, Jack Zhanj, Lou Rector, Michael Todd, "Low warpage molding compound development for array packages". Henkel Electronics group. Global SMT & Packaging, pp 30-35, Jan 2007.

Charles Arthur Harper. High Performance Printed Circuit Board. Mc-Graw Hill Profesional. 2000. ISBN 007026138

VARGAS-Lidia, CABRERA-Eduardo, VALDEZ-Benjamín & OLIVEROS-Amparo. Reducción de deformación por pandeo en microcircuitos electrónicos por tratamiento térmico. Revista de Tecnología e Innovación 2015

Michael G. Pecht. Handbook of Electronic Package Design. CRC press. 1991. ISBN 0824779215

Krishan K. Chawla. Composite Materials. Science and Engineering. Sringer. ISBN 0-387-98409-7.

Colin A. Walker. Handbook of Moiré Measurements. CRC Press. 2004. ISBN 0750305223.

Y. Wang & P. Hazle. Measurement of a thermally induced deformation of a BGA using phase stepping Moiré. Experimental/Numer. Mech. Electrón. Packag. Vol. 2. pp 32-39. 1998.

A. Dang, I.C. Ume & S.K. Bhattacharya. A study on warpage of flexible ss substrate for large area MCM-D packaging". ASME J. Electro. Packag. Vol 122. pp 86-91. June 2000.

Liao, J.E.A. and Voloshin, A.S. Enhancement of the Shadow Moiré Method through digital image processing. Experimental Mechanics, Vol. 33. pp 59-63. (1993).

Jang, B.Z. Advance polymer composites: Principles & applications. ASM International, 1994.

Las Actividades de Innovación en las MIPYMES de la Industria Manufacturera de Aguascalientes

CUEVAS-VARGAS, Héctor†, AGUILERA-Luis', ESTRADA-Salvador'' & ALMANZA-Leticia

Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato, Carretera Valle-Huanimaro Km 1.2, Valle de Stgo., Gto., CP 38400

'Universidad Autónoma de Aguascalientes, Av. Universidad #940, Ciudad Universitaria, Aguascalientes, CP 20131

''Universidad de Guanajuato, Av. Ing. Javier Barros Sierra #201, Ejido Santa María del Refugio, Celaya, Gto., CP 38110

Recibido 16 de Abril, 2015; Aceptado 2 de Junio, 2015

Resumen

De acuerdo a la literatura, la innovación se ha convertido en una estrategia que permite a las empresas mejorar su nivel competitivo, por tal razón, el presente estudio empírico tuvo como objetivo el analizar las actividades de innovación en las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (MiPymes) de la industria manufacturera de Aguascalientes. Utilizando una muestra de 134 empresas, se aplicó una encuesta personalizada a los gerentes de este tipo de empresas, considerando la innovación en productos, en procesos y en sistemas de gestión; y al haber aplicado la técnica estadística de Análisis de la Varianza (ANOVA) de uno y dos factores, los resultados obtenidos muestran evidencia empírica de que existe diferencia significativa entre el sector, la antigüedad de las empresas y las actividades de innovación que realizan; y que las empresas incipientes de tamaño micro y pequeño del sector de las TICs se preocupan más por realizar cambios o mejoras en sus productos, procesos y sistemas de gestión lo que se ha visto reflejado en el nivel competitivo de este tipo de empresas.

Actividades de innovación, MiPymes manufactureras, ANOVA, Tamaño, Antigüedad

Abstract

According to literature, innovation has become a strategy that allows firms to improve their competitive level, for that reason, this empirical study aimed to analyze the innovation activities in manufacturing Micro, Small and Medium Enterprises (MSMEs) of Aguascalientes. Using a sample of 134 companies, a personalized survey was administered to managers of these businesses, considering innovation in products, processes and management systems; and having applied the statistical technique of analysis of variance (ANOVA) of one and two factors, the results show empirical evidence that there is significant difference between the sector, firm's age and the innovation activities they perform; and that incipient micro and small companies in the ICT industry are more concerned about making changes or improvements in their products, production processes and management systems which is reflected in the competitive level of these businesses.

Innovation activities, Manufacturing MSMEs, ANOVA, Size, Age

Citación: CUEVAS-VARGAS, Héctor, AGUILERA-Luis, ESTRADA-Salvador & ALMANZA-Leticia. Las Actividades de Innovación en las MIPYMES de la Industria Manufacturera de Aguascalientes. Revista de Tecnología e Innovación 2015, 2-3:549-563

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Hoy día, las Pequeñas y Medianas empresa enfrentan un sinnúmero de desafíos que ponen en riesgo la permanencia de este tipo de empresas en el mercado globalizado actual que se ha vuelto cada vez más competitivo y dinámico. Es por ello que para enfrentar los retos que les marca el actual mercado globalizado, es necesario que este tipo de empresas replanteen sus estrategias empresariales a fin de cumplir con las expectativas que demanda el mercado. Por tal razón, las organizaciones, especialmente las pequeñas y medianas empresas deben tener la capacidad para desarrollar y comercializar productos innovadores y con ello apuntalar su competitividad global (Backman, Borjesson & Setterberg, 2007; Meade & Presley, 2002).

De acuerdo a Bird (1989), Carland *et al.* (1984), y Mueller & Thomas (2001), para las Pymes, la innovación es una estrategia fundamental en el camino a obtener un mayor crecimiento y una utilidad superior; así pues, la innovación implica el desarrollo e implementación de estrategias de competitividad, tales como la introducción y el desarrollo de nuevos productos, los nuevos métodos de producción, la apertura de nuevos mercados o la reorganización de la empresa.

Es de destacar que las Pymes han tenido una evolución significativa desde finales del siglo pasado, por lo que se han dado cuenta que sin importar su menor tamaño, son capaces de ofrecer a sus clientes productos y/o servicios de muy buena calidad, además de competitivos, situación que les permite tener presencia en los mercados actuales, los cuales son cada vez más exigentes y competitivos (Anzola, 2002).

Desafortunadamente un gran número de Pymes pertenecientes a países en desarrollo no realizan algún tipo de innovación, tal es el caso de México, como lo evidencia Maldonado, Martínez & García (2011), que un número importante de Pymes en México no realizan ningún tipo de actividad de innovación en sus productos o servicios, ni mucho menos en sus procesos, ya que quizá este tipo de empresas están más enfocadas a sus ventas diarias que les permita obtener los ingresos necesarios para el pago de nóminas que en cuestiones estratégicas de su negocio, destacando que en México más del 50% de las Pymes son negocios familiares, en las cuales el gerente es la persona encargada de ventas, compras, finanzas, contabilidad, marketing y demás actividades que requiere la organización para su funcionamiento. Por lo que es importante verificar si los gerentes de las Mipymes de Aguascalientes le están dando la importancia necesaria a las actividades de innovación.

Por otra parte, la mayoría de los estudios sobre innovación se han concentrado en empresas grandes, que por su estructura organizacional y su carácter de orientación al mercado, son por naturaleza innovadoras (Hadjimanolis, 2000; Rubio & Aragón, 2006).

Ante tal situación, es importante la evidencia empírica que aporte la presente investigación, ya que aunado a lo anterior, ha habido pocos estudios realizados en países en desarrollo acerca de las actividades de innovación en las Mipymes, y los resultados de investigaciones hechas en países desarrollados no siempre pueden aplicarse a los países en desarrollo (Casanova, 2004; Cuervo-Cazurra, 2008), ya que su comportamiento económico es muy distinto, y por lo general tienen un ambiente inestable y caótico, sistemas educativos y políticos pobres, y un bajo nivel de industrialización, inclusive en el desarrollo, entre otros aspectos (Jarvenpaa & Leidner, 1998). Por lo tanto, una contribución adicional del presente estudio, además de su aplicación en las Mipymes en un país en desarrollo, como lo es México, es la aplicación de la técnica estadística de Análisis de la Varianza (ANOVA) de uno y dos factores.

Es por ello que el presente trabajo de investigación se ha propuesto como objetivo el analizar las actividades de innovación de las MiPymes manufactureras del estado de Aguascalientes, México, a través de diferencias significativas de acuerdo al tamaño, sector y antigüedad de este tipo de empresas. En este sentido, el trabajo de investigación se realizó en el estado de Aguascalientes con una muestra de 134 MiPymes, y cuyas encuestas fueron aplicadas a los gerentes de este tipo de empresas en un periodo entre Abril y Junio del 2013. Así mismo, la presente investigación está dividida en cinco partes: la primer parte se compone por la introducción; la segunda abarca la revisión de la literatura; la tercera parte comprende la metodología; en la cuarta parte se encuentran el análisis y resultados de la investigación; en la quinta parte se encuentran las conclusiones, limitaciones del estudio y las futuras líneas de investigación.

Revisión de literatura

Se han encontrado en la literatura diversas aportaciones respecto al concepto de innovación, por lo que es necesario partir de lo que señala Freeman (1982), quien considera la innovación como el proceso de integración de la tecnología existente y los inventos para crear o mejorar un producto, un proceso o un sistema. La innovación en un sentido económico consiste en la consolidación de un nuevo producto, proceso o sistema mejorado.

De acuerdo a Baumol (2002) la innovación aparece como uno de los elementos esenciales para mejorar el crecimiento económico de las organizaciones en las economías de los países capitalistas. Es por ello que, si los esfuerzos en las actividades de innovación que realizan las Pymes no les llega a generar un crecimiento, entonces sí le pueden generar un mayor desempeño financiero (Wong, Lee & Foo, 2008). Así también, si la inversión realizada en actividades de innovación no genera beneficios directamente a este tipo de empresas, probablemente sí le pueda generar nuevos conocimientos sobre sus posibilidades productivas, lo que le daría una ventaja competitiva con respecto a las demás empresas, quienes buscarían imitar sus estrategias o implementar actividades de innovación similares (Stam & Wennberg, 2009).

Según Frenkel (2003) y Rubio & Aragón (2006), las pequeñas y las grandes empresas juegan un rol diferente en las actividades de innovación por su requerimiento de recursos y habilidades, ya que las pequeñas empresas presentan características únicas de los recursos escasos, poca influencia al mercado y esquemas de comunicación no formales; pero su fortaleza radica en la flexibilidad y en la motivación que los directivos puedan dar sus empleados, además la predisposición hacia la innovación está fuertemente condicionada por el contexto regional o nacional de la industria en la cual participa.

Por otra parte, Dickson, Coles & Lawton-Smith (1997), y Hadjimanolis, (2000) sostienen que las Pymes tienen un número limitado de factores, tales como los recursos, la influencia en mercados pequeños y una comunicación informal, mismos que las hacen diferentes de las grandes empresas, lo que conlleva a una limitación en las actividades de innovación. Así mismo, Yap & Souder (1994) mencionan que es común que las grandes empresas adopten la innovación como una estrategia organizacional, mientras que en el caso de las Pymes, solamente algunas lo hacen. Sin embargo, las fortalezas principales para innovar de las Pymes radican en el comportamiento de sus características particulares, como lo son la flexibilidad y la motivación en su gestión (Lloyd-Resaon, Muller & Wall, 2002; Vossen, 1998).

En la década de los 90's, Robinson & Pearce (1988), encontraron que existe una relación positiva y significativa entre la innovación de productos y el nivel de rendimiento de las empresas. Sin embargo, Misra, Kim & Lee (1996), de acuerdo a los resultados arrojados en su investigación, llegaron a la conclusión de que entre mayor sea la frecuencia con la que las empresas innovan sus productos, mayor será la frecuencia de fracaso de los mismos. Esto evidencia que la mayoría de los estudios teóricos y empíricos publicados en la literatura, demuestran la relación positiva entre la innovación en productos y el rendimiento de las empresas, pero también existe evidencia en la literatura de la relación negativa entre estos dos importantes constructos, lo que demuestra la importancia del presente estudio.

Así como los nuevos productos se ven en el mercado como la cumbre de la innovación, el proceso desempeña un papel estratégico de igual valía (Tidd, Bessant & Pavit, 2003). Es por ello que las innovaciones de procesos son típicamente aplicadas en la organización mientras que contrariamente las innovaciones de producto o servicio son orientadas hacia el mercado (Freire, 2000).

Maldonado, Madrid, Martínez & Aguilera (2009) en su investigación empírica llevada a cabo con 400 pymes de Aguascalientes, encontraron que las empresas que innovaron en procesos mejoraron su eficiencia en la organización de tareas (procesos internos).

Por su parte Heunks (1998), en su investigación con 200 empresas de seis países al analizar la forma en que la creatividad y la innovación se interrelacionan en el camino del éxito organizacional, encontró que la innovación de cualquier tipo fomenta el desempeño en las pequeñas empresas, pero que solo la innovación en procesos estimula la productividad de las mismas.

Por otra parte, los sistemas de gestión proveen una valiosa fuente de información a las empresas, les advierten sobre riesgos y les permiten alcanzar sus objetivos. Doll (1985) sostiene que el adecuado desarrollo y manejo de los sistemas de información permite a la empresa obtener fortalezas y hace a la gerencia efectiva. De igual manera, los sistemas de gestión son necesarios para la definición y conducción de la estrategia que posteriormente den lugar al cambio estratégico (Chenhall & Euzke, 2007; Henri, 2006; Naranjo-Gil & Hartmann, 2007).

En este sentido, un estudio sobre las actividades de innovación en las Mipymes de Aguascalientes, García, Martínez & Maldonado (2009) encontraron que en cuanto a la innovación en productos, el 67.8% de las Mipymes realizaron cambios o mejoras en sus productos o servicios, y que el 61.2% llevaron a cabo cambios o mejoras en la comercialización de sus productos o servicios; y en cuanto a la innovación en procesos de producción, el 62.5% realizaron cambios o mejoras en sus procesos de producción, y el 61% adquirieron nuevos bienes de equipo para el proceso de producción.

En lo que respecta a la innovación en sistemas de gestión, encontraron que el 45.2% realizaron cambios o mejoras en la dirección o gestión del negocio, el 54.8% hizo cambios o mejoras en los procesos de compras o aprovisionamientos, y el 58% realizó cambios o mejoras en los procesos de comercial/ventas. Es por ello que de acuerdo a estos datos, existe evidencia de que en el estado de Aguascalientes, un número importante de Mipymes han tomado las actividades de innovación como parte esencial de la estrategia empresarial de sus empresas. De lo anterior se plantean las siguientes hipótesis estadísticas:

H₀₁ = La media de las respuestas respecto a la innovación en productos es la misma entre las micro, las pequeñas y las medianas empresas.

H₀₂ = La media de las respuestas respecto a la innovación en procesos es la misma entre las micro, las pequeñas y las medianas empresas.

H₀₃ = La media de las respuestas respecto a la innovación en sistemas de gestión es la misma entre las micro, las pequeñas y las medianas empresas.

H₀₄ = La media de las respuestas respecto a la innovación en productos es la misma entre las empresas sin importar el sector al que pertenecen.

H₀₅ = La media de las respuestas respecto a la innovación en procesos es la misma entre las empresas sin importar el sector al que pertenecen.

H₀₆ = La media de las respuestas respecto a la innovación en sistemas de gestión es la misma entre las empresas sin importar el sector al que pertenecen.

H_07 = La media de las respuestas respecto a la innovación en productos es la misma entre las empresas incipientes, las consolidadas y las maduras.

H_08 = La media de las respuestas respecto a la innovación en procesos es la misma entre las empresas incipientes, las consolidadas y las maduras.

H_09 = La media de las respuestas respecto a la innovación en sistemas de gestión es la misma entre las empresas incipientes, las consolidadas y las maduras.

Metodología

Se realizó una investigación empírica con un enfoque cuantitativo de tipo descriptivo y explicativo, y corte transversal, a través de un Análisis de la Varianza (ANOVA) de uno y dos Factores, con la intención de encontrar si existen diferencias estadísticamente significativas entre los grupos, tomando como referencia para estos grupos los factores tamaño, sector y antigüedad de las empresas objeto de estudio.

Diseño de la muestra y recolección de datos

El instrumento base de investigación se aplicó a los gerentes de las Mipymes del sector industrial manufacturero del estado de Aguascalientes, México. Para el desarrollo de este trabajo de investigación se tomó de referencia la base de datos que ofrece el Directorio Empresarial 2015 del Sistema de Información Empresarial de México (SIEM) del estado de Aguascalientes, en donde aparecían registradas hasta el 6 de marzo del mismo año, 751 empresas industriales, de las cuales 517 empresas son de tamaño micro, 144 son pequeñas empresas y 59 empresas son de tamaño mediano.

Por lo tanto, 720 empresas forman el universo de las Mipymes, y las restantes 31 empresas de tamaño grande no fueron consideradas en nuestro universo para determinar la muestra. En este sentido, se obtuvo una muestra de 251 empresas, por lo que se envió esta misma cantidad de encuestas para que fuera aplicada de manera aleatoria a los gerentes o dueños de las Mipymes del sector manufacturero del estado de Aguascalientes durante el periodo de Abril a Junio de 2013. Sin embargo, solo se tuvo una tasa de respuesta del 53.4% con un error del 5%, a un nivel de confianza del 95%, contando al final con un total de 134 encuestas validadas.

Para la preparación del instrumento de medición, se utilizó el bloque referente a las actividades de innovación compuesto por 7 ítems medidos en una escala tipo Likert de 1 a 5 puntos, donde refieren desde total desacuerdo hasta total acuerdo, en el que se consideraron tres factores que son la innovación en productos, la innovación en procesos y la innovación en sistemas de gestión, adaptada de Madrid-Guijarro *et al.* (2009), y testadas por Cuevas-Vargas, Aguilera & Hernández (2014), en donde la innovación en productos fue medida con una escala de 2 ítems y cuenta con una fiabilidad de .861 de acuerdo al Coeficiente *Alpha de Cronbach*; la innovación en procesos fue medida con una escala de 2 ítems y cuenta con una fiabilidad de .717 de acuerdo al Coeficiente *Alpha de Cronbach*, y la innovación en sistemas de gestión se midió con 3 ítems y cuenta con una fiabilidad de .820 de acuerdo al Coeficiente *Alpha de Cronbach*, por lo que se puede interpretar que existe consistencia entre las variables (Nunnally & Bernstein, 1994).

Resultados

Primeramente, en la Tabla 1 se presentan los estadísticos descriptivos, en donde se puede apreciar que de las empresas objeto de estudio, la mayoría de éstas, es decir, el 54.5% son de tamaño micro (entre 1 y 10 trabajadores), el 38.8% son de tamaño pequeño (entre 11 y 50 trabajadores), y solamente un 6.7% son de tamaño mediano (entre 51 y 250 trabajadores).

Tamaño de la empresa	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Micro	73	54.5	54.5	54.5
Pequeña	52	38.8	38.8	93.3
Mediana	9	6.7	6.7	100.0
Total	134	100.0	100.0	

Tabla 1 Composición de las empresas objeto de estudio de acuerdo a su tamaño

Así mismo, en la Tabla 2 se puede apreciar que el 69.4% de las Mipymes objeto de estudio tienen más de 10 años funcionando, a las cuales se les ha denominado empresas maduras, el 11.2% tienen de 6 a 10 años de funcionamiento, a las cuales se les ha denominado empresas consolidadas, y el 19.4% de las empresas tienen menos de 5 años de funcionamiento, y a éstas se les ha denominado empresas incipientes.

Años funcionando la empresa	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
De 1 a 5 años (Incipientes)	26	19.4	19.4	19.4
De 6 a 10 años (Consolidadas)	15	11.2	11.2	30.6
Más de 10 años (Maduras)	93	69.4	69.4	100.0
Total	134	100.0	100.0	

Tabla 1 Composición de las empresas objeto de estudio de acuerdo a su tamaño

Ahora bien, al haberse aplicado el índice de relevancia de las variables que más influyen en el nivel de innovación de la muestra de Mipymes manufactureras de Aguascalientes, en la Tabla 3 se muestra que las tres principales variables de las actividades de innovación de acuerdo a la interpretación de los gerentes de este tipo de empresas son la variable *comercialización de nuevos productos/servicios* con una media de (4.08), seguida de la variable *cambios o mejoras en productos/servicios existentes* con una media de (4.03), y de la variable *comercial/ventas* con una media de 3.99; y a la variable que menos importancia le dan es a la relativa a *cambios o mejoras en los procesos de producción*, con una media de (3.60) de acuerdo al índice de relevancia de las variables que más influyen en el nivel de innovación de este tipo de empresas.

Factor	Variables	Medias
Innovación en Productos	Cambios o mejoras en productos/servicios existentes	4.03
	Comercialización de nuevos productos/servicios	4.08
Innovación en Procesos	Cambios o mejoras en los procesos de producción	3.60
	Adquisición de nuevos bienes de equipos	3.68
Innovación en Gestión	Dirección y gestión	3.77
	Compras y aprovisionamientos	3.75
	Comercial/Ventas	3.99

‡ En una escala de 1 = Total Desacuerdo a 5 = Total Acuerdo

Tabla 3 Situación media de la empresa con respecto a las actividades de innovación^a

Posteriormente, al haberse aplicado el Análisis de la Varianza (ANOVA) utilizando como factor el tamaño de la empresa, en donde se clasificó a las empresas de acuerdo al número de trabajadores, formando tres grupos, el de las micro empresas con 1 a 10 trabajadores; el de las pequeñas empresas con 11 a 50 trabajadores, y las medianas empresas con 51 a 250 trabajadores.

Que al haberse aplicado esta técnica estadística con un nivel de confianza del 95%, se encontró que al no ser significativas las variables con que se miden los distintos tipos de actividades de innovación, nos indica que todas ellas son igual de importantes entre los distintos tipos de empresas sin importar el tamaño de éstas, tal y como se aprecia en la Tabla 4.

Factor	Variables	Micro	Pequeña	Mediana	Sig.
Innovación en Productos	Cambios o mejoras en productos/servicios existentes	4.05	4.00	4.00	NS
	Comercialización nuevos productos/servicios	4.07	4.14	3.86	NS
Innovación en Procesos	Cambios o mejoras en los procesos de producción	4.05	3.76	4.29	NS
	Adquisición de nuevos bienes de equipos	3.79	3.89	4.13	NS
Innovación en Gestión	Dirección y gestión	3.68	3.81	4.17	NS
	Compras y aprovisionamientos	3.71	3.83	3.57	NS
	Comercial/Ventas	4.02	3.97	3.86	NS

En una escala de 1 = Total Desacuerdo a 5 = Total Acuerdo
 Diferencias estadísticamente significativas: (*) p < 0.1; (**) p < 0.05; (***) p < 0.001; NS = No significativa

Tabla 4 Situación media de la empresa respecto a las actividades de innovación según tamaño^a

Por lo tanto, en base a los resultados obtenidos, se aceptan H₀₁, H₀₂, y H₀₃, al no haberse encontrado diferencias estadísticamente significativas entre los grupos a un nivel de confianza del 95%.

En cuanto al sector al que pertenecen las Mipymes de Aguascalientes, se identificaron los cinco sectores a los que pertenecen éstas, siendo el agroindustrial (S1); el metal-mecánica (S2); el mueblero (S3); el textil (S4); y el de las TICs (S5), y que al haber aplicado el ANOVA de un factor, se ha encontrado que la variable más importante es *cambios o mejoras en productos/servicios existentes*, siendo esta variable más importante para las empresas del sector TICs, con una media de (4.46), siguiéndole las empresas del sector mueblero, con una media de (4.04), y siendo de menor importancia para las empresas del sector textil, con una media de (3.78), a un nivel de significancia de (p < 0.001).

La segunda variable en orden de importancia es la comercialización de nuevos productos/servicios, siendo esta variable más importante para las empresas del sector mueblero, con una media de (4.44), siguiéndole las empresas del sector de las TICs, con una media de (4.29), y siendo de menor importancia para las empresas del sector agro industrial, con una media de (3.65), a un nivel de significancia de (p < 0.05). La tercer variable en orden de importancia es la comercial/ventas, siendo esta variable más importante para las empresas del sector de las TICs, con una media de (4.34), siguiéndole las empresas del sector mueblero, con una media de (4.03), y siendo de menor importancia para las empresas del sector textil, con una media de (3.63), a un nivel de significancia de (p < 0.05); y en virtud de que el resto de las variables resultaron ser no significativas de acuerdo a esta técnica estadística, nos indica que todas ellas son igual de importantes entre las empresas de los distintos sectores, tal y como se aprecia en la Tabla 5.

Factor	Variables	S1	S2	S3	S4	S5	Sig.
Innovación en Productos	Cambios o mejoras en productos/servicios existentes	3.84	3.82	4.04	3.78	4.46	***
	Comercialización nuevos productos/servicios	3.65	3.90	4.44	4.00	4.29	**
Innovación en Procesos	Cambios o mejoras en los procesos de producción	3.81	4.06	3.89	3.86	4.11	NS
	Adquisición de nuevos bienes de equipos	3.89	3.86	3.65	3.90	3.96	NS
Innovación en Gestión	Dirección y gestión	3.57	3.71	4.00	3.55	3.95	NS
	Compras y aprovisionamientos	3.72	3.58	3.67	3.93	3.84	NS
	Comercial/Ventas	3.67	4.00	4.06	3.63	4.34	**

En una escala de 1 = Total Desacuerdo a 5 = Total Acuerdo
 S1 = Agro industrial; S2 = Metal-mecánica; S3 = Mueblero; S4 = Textil; S5 = TICs.
 Diferencias estadísticamente significativas: (*) p < 0.1; (**) p < 0.05; (***) p < 0.001; NS = No significativa

Tabla 5 Situación media de la empresa respecto a las actividades de innovación según el sector^a

Por lo tanto, a partir de los resultados obtenidos, se acepta H_04 , al no encontrarse diferencias estadísticamente significativas entre los grupos; y se rechazan H_05 y H_06 , toda vez que existen diferencias estadísticamente significativas (a un nivel de confianza del 99 %) entre las empresas de los sectores agro industrial, metal-mecánica, Mueblero, textil y de las TICs, en ambas variables de la innovación en productos; así como también entre las empresas de los sectores agro industrial, metal-mecánica, Mueblero, textil y de las TICs (a un nivel de confianza del 95 %), en una de las variables de la innovación en sistemas de gestión.

En cuanto a la antigüedad de las Mipymes de Aguascalientes, primeramente fue necesario crear el factor antigüedad, en el que se clasificaron a las empresas según los años que tenían funcionando en tres grupos, siendo éstos, el grupo de las empresas incipientes con una antigüedad de 1 a 5 años; el grupo de las empresas consolidadas que comprende a las empresas de 6 a 10 años de antigüedad, y el grupo de las empresas maduras que abarca las empresas con una antigüedad de más de 10 años, y que al haber aplicado el ANOVA de un factor, se ha encontrado que la variable más importante es *adquisición de nuevos bienes de equipos*, siendo esta variable más importante para las empresas maduras, con una media de (3.99), siguiéndole las empresas incipientes, con una media de (3.71), y siendo de menor importancia para las empresas consolidadas, con una media de (3.30), a un nivel de significancia de ($p < 0.1$), tal y como se aprecia en la Tabla 6.

Factor	Variables	Incipientes	Consolidadas	Maduras	Sig.
Innovación en Productos	Cambios o mejoras en productos/servicios existentes	4.22	4.00	3.97	NS
	Comercialización nuevos productos/servicios	4.17	4.30	4.02	NS
Innovación en Procesos	Cambios o mejoras en los procesos de producción	4.11	3.80	3.93	NS
	Adquisición de nuevos bienes de equipos	3.71	3.30	3.99	*
Innovación en Gestión	Dirección y gestión	3.72	4.14	3.73	NS
	Compras y aprovisionamientos	3.60	3.50	3.84	NS
	Comercial/Ventas	3.96	4.11	3.99	NS

* En una escala de 1 = Total Desacuerdo a 5 = Total Acuerdo

Incipientes = De 1 a 5 años; Consolidadas = De 6 a 10 años; Maduras = Más de 10 años

Diferencias estadísticamente significativas: (*) $p < 0.1$; (**) $p < 0.05$; (***) $p < 0.001$; NS = No significativa.

Tabla 6 Situación media de la empresa respecto a las actividades de innovación según la antigüedad^a

En virtud de que el resto de las variables resultaron ser no significativas de acuerdo a esta técnica estadística, nos indica que todas ellas son igual de importantes entre los distintos tipos de empresas sin importar el tamaño de éstas.

Por lo tanto, a partir de los resultados obtenidos, se aceptan H_07 y H_09 , al no encontrarse diferencias estadísticamente significativas entre los grupos; y se rechaza H_08 , toda vez que existen diferencias estadísticamente significativas (a un nivel de confianza del 90%) entre las empresas incipientes, las consolidadas y las maduras en una de las variables de la innovación en procesos.

Ahora bien, para conocer las diferencias entre los grupos de empresas por tamaño y sector, se aplicó un ANOVA de dos factores, encontrándose que únicamente aparecieron diferencias estadísticamente significativas en algunas variables con respecto al sector al que pertenecen las empresas y a su tamaño, por tal razón solo se presentan en la Tabla 7 los resultados arrojados.

Donde se puede apreciar que la variable más importante para las microempresas es la relativa a *cambios o mejoras en productos/servicios existentes*, siendo esta variable más importante para las empresas del sector TICs (4.55), siguiéndole las empresas muebleras (3.92), y siendo de menor importancia para las empresas agroindustriales (3.50), a un nivel de significancia de ($p < 0.001$); y la segunda variable que también les importa a las microempresas, es la relativa a *comercial/ventas*, siendo más importante esta variable para las empresas del sector de las TICs (4.40), siguiéndole las empresas metal-mecánicas (4.00), y siendo de menor importancia para las empresas textiles (3.50), a un nivel de significancia de ($p < 0.05$).

En lo que respecta a las empresas de tamaño pequeño, se encontró que las variable más importante es la relativa a *comercialización de nuevos productos/servicios*, siendo esta variable más importante para las empresas del sector textil (4.67), siguiéndole las empresas muebleras (4.63), y siendo de menor importancia para las empresas metal-mecánicas (3.25), a un nivel de significancia de ($p < 0.05$); y la segunda variable que también les importa a las pequeñas empresas, es la relativa a *cambios o mejoras en productos/servicios existentes*, siendo más importante esta variable para las empresas del sector de las TICs (4.25), siguiéndole las empresas muebleras (4.18), y siendo de menor importancia para las empresas metal-mecánicas (3.33), a un nivel de significancia de ($p < 0.1$), tal y como se aprecia en la tabla 7.

En lo que respecta a las empresas de tamaño mediano, se encontró que las variable más importante es la relativa a *compras y aprovisionamientos*, siendo esta variable más importante para las empresas del sector metal-mecánica (4.25), siguiéndole las empresas textiles y muebleras (3.00), y siendo de menor importancia para las empresas agroindustriales (2.00), a un nivel de significancia de ($p < 0.1$), tal y como se aprecia en la tabla 7.

Tamaño	Variables que resultaron significativas con el ANOVA de dos factores	S1	S2	S3	S4	S5	Sig.
Micro	Cambios o mejoras en productos/servicios existentes	3.50	3.91	3.92	3.73	4.55	***
	Comercial/Ventas	3.80	4.00	3.89	3.50	4.40	**
Pequeña	Cambios o mejoras en productos/servicios existentes	4.08	3.33	4.18	3.83	4.25	*
	Comercialización nuevos productos/servicios	3.82	3.25	4.63	4.67	4.33	**
Mediana	Compras y aprovisionamientos	2.00	4.25	3.00	3.00	N/A	*

‡ En una escala de 1 = Total Desacuerdo a 5 = Total Acuerdo

S1= Agro industrial; S2= Metal-mecánica; S3= Mueblera; S4= Textil; S5= TICs.

Diferencias estadísticamente significativas: (*) $p < 0.1$; (**) $p < 0.05$; (***) $p < 0.001$

Tabla 7 Situación media de la empresa respecto al tamaño y al sector al que pertenecen^a

Finalmente, para conocer las diferencias entre los grupos de empresas por antigüedad y sector, se aplicó un ANOVA de dos factores, encontrándose que únicamente aparecieron diferencias estadísticamente significativas en algunas variables en cuanto al sector al que pertenecen las empresas incipientes, ya que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas para los grupos de las empresas consolidadas y maduras.

Por tal razón solo se presentan en la Tabla 8 los resultados arrojados, donde se puede apreciar que la variable más importante para las empresas incipientes es la relativa a cambios o mejoras en productos/servicios existentes, siendo esta variable más importante para las empresas del sector TICs (4.73), siguiéndole las empresas muebleras (4.20), y siendo de menor importancia para las empresas agroindustriales (3.00), a un nivel de significancia de ($p < 0.001$); y la segunda variable que también les importa a las empresas incipientes, es la relativa a *comercial/ventas*, siendo más importante esta variable para las empresas del sector de las TICs (4.60), siguiéndole las empresas metal-mecánicas (4.33), y siendo de menor importancia para las empresas textiles (2.75), a un nivel de significancia de ($p < 0.001$); la tercer variable que les importa a las empresas incipientes, es la relativa a *comercialización de nuevos productos/servicios*, siendo más importante esta variable para las empresas del sector de mueblero (4.50), siguiéndole las empresas del sector de las TICs (4.45), y siendo de menor importancia para las empresas agroindustriales (3.00), a un nivel de significancia de ($p < 0.05$); y la última variable que también les importa a las empresas incipientes, es la relativa a *adquisición de nuevos bienes de equipos*, siendo más importante esta variable para las empresas del sector de las TICs (4.18), siguiéndole las empresas metal-mecánicas (4.00), y siendo de menor importancia para las empresas agroindustriales (2.50), a un nivel de significancia de ($p < 0.05$), tal y como se muestra en la Tabla 8.

Antigüedad	Variables	S1	S2	S3	S4	S5	Sig.
Incipientes (1 a 5 años)	Cambios o mejoras en productos/servicios existentes	3.00	4.00	4.20	3.33	4.73	***
	Comercialización nuevos productos/servicios	3.00	4.33	4.50	3.33	4.45	**
	Adquisición de nuevos bienes de equipos	2.5	4.00	3.20	3.25	4.18	**
	Comercial/Ventas	3.00	4.33	3.75	2.75	4.60	***

^a En una escala de 1 = Total Desacuerdo a 5 = Total Acuerdo

S1= Agro industrial; S2= Metal-mecánica; S3= Mueblero; S4= Textil; S5= TICs.

Diferencias estadísticamente significativas: (*): $p < 0.1$; (**): $p < 0.05$; (***) : $p < 0.001$

Tabla 8 Situación media de la empresa respecto la antigüedad y al sector al que pertenecen^a

Conclusiones

En base a los resultados obtenidos se puede concluir que a partir de la percepción de los gerentes de la muestra de MiPymes industriales de Aguascalientes, este tipo de empresas han realizado algún tipo de actividad de innovación tanto en productos, como en procesos y sistemas de gestión, corroborando lo encontrado por García *et al.* (2009), aunque algunas las han realizado a mayor medida que otras, lo cual se ha visto reflejado en sus resultados, tal y como lo afirman Maldonado *et al.* (2009) y Heunks (1998), ya que la innovación de cualquier tipo fomenta el desempeño en las pequeñas empresas. Y si bien es cierto que en México un número importante de Pymes no realizan ningún tipo de actividad de innovación en sus productos o servicios ni mucho menos en sus procesos (Maldonado *et al.*, 2011), también es cierto que en el estado de Aguascalientes, este tipo de empresas se han dado cuenta de la importancia que tiene la innovación como estrategia, toda vez que la evidencia empírica nos permite inferir que las empresas que realizaron cambios o mejoras en sus productos, procesos o sistemas de gestión mejoraron su nivel competitivo.

Por lo tanto, al haber aplicado la técnica estadística del ANOVA se encontraron diferencias significativas entre el tamaño de las empresas y las actividades de innovación que realizan, lo que indica que indistintamente del tamaño que tengan estas empresas, todas las actividades de innovación son igual de importantes para ellas.

De igual manera se ha encontrado que las empresas del sector de las TICs y las del sector Mueblero, son las que mayor importancia dan a la innovación en productos, es decir, las del sector de las TICs se preocupan más por realizar cambios o mejoras en productos/servicios, y las del sector Mueblero se preocupan más por la comercialización de nuevos productos/servicios, lo que les permite realizar mayores actividades de innovación en productos que las empresas de otros sectores como lo son las agroindustriales y la del sector metal-mecánica, y con ello incrementar su nivel de innovación en productos que se verá reflejado en el nivel de innovación de sus productos que saquen al mercado y con ello lograr el éxito competitivo.

En cuanto a la antigüedad de las empresas objeto de estudio se encontró que las empresas maduras, es decir, aquellas de más de 10 años de antigüedad se preocupan más por adquirir nuevos bienes de equipos, lo que se ha visto reflejado en las actividades de innovación que realizan encaminadas a la innovación en procesos, lo que se puede deber a la experiencia con que cuentan este tipo de organizaciones, y que es a lo que le han apostado para mejorar su nivel de innovación en procesos, para de esta manera poder contar con nuevos o mejores productos acordes a las necesidades de los clientes.

Esta situación puede estar expresando una situación de ventajas en recursos, de todo tipo, sin embargo, podemos especular en el caso de los recursos financieros que las empresas maduras al poseer más recursos tienen mayor capacidad de inmovilizar inversión para modernizarse y mediante esta vía, apostar a la innovación, reforzando su ventaja frente a empresas más jóvenes.

En cuanto a la importancia estratégica que tiene focalizarse hacia cierto tipo de innovación, lo que se encuentra cuando se juntan tamaño y sector, se ha encontrado que las micro y pequeñas empresas del sector de las TICs son las que dan mayor importancia a las actividades de innovación tanto en productos como en sistemas de gestión, lo cual es entendible, toda vez que este tipo de empresas a pesar de contar con un limitado número de trabajadores, se distingue por estar en constante mejora y actualización, lo que se ve reflejado en el nivel de innovación de éstas, permitiéndoles satisfacer las necesidades del mercado altamente cambiante y competitivo. Y las empresas metal-mecánicas de tamaño mediano, son las que mayor importancia dan a las actividades de innovación, y que se ve reflejado en la innovación en sus sistemas de gestión en el área de compras y aprovisionamientos, a fin de contar con proveedores que les permitan reducir sus costos de producción y con ello lograr ventajas competitivas en comparación con sus competidores, lo que les ha permitido ser más innovadoras que aquellas empresas de otros sectores que han restado importancia a esta variable.

Este hallazgo puede entenderse por la flexibilidad que tienen este tipo de empresas y por la motivación que los directivos dan a sus empleados a ser innovadores, ya que las empresas de menor tamaño presentan características únicas de los recursos escasos, poca influencia al mercado y esquemas de comunicación no formales, a pesar de los limitados recursos con los que cuentan (Frenkel, 2003; Rubio & Aragón, 2006).

Finalmente, se encontró que las empresas incipientes, es decir, aquellas de menos de 5 años de creación, son aquellas que dan mayor importancia a las actividades de innovación tanto en productos, como en procesos y en sistemas de gestión, siendo nuevamente el sector de las TICs el que mayor importancia da a las actividades de innovación y que se ha visto reflejado en su nivel de innovación. Toda vez que este tipo de empresas apuestan por realizar cambios o mejorar a productos o servicios existentes, así como a la parte comercial y de ventas, para poder subsistir en el mercado tan competitivo que preocuparse por la innovación en procesos, ya que si bien es cierto que les interesa adquirir nuevos bienes de equipos para con ello mejorar sus procesos y con ello realizar cambios o mejorar a los productos/servicios existentes, también es cierto que son más los retos que enfrenta una empresa de reciente creación que aquella que ha logrado mantenerse en el tiempo y conseguir su grado de madurez. Por lo tanto, es fundamental que las empresas de reciente creación que aún no logran consolidarse, el contar con la adecuada dirección que se atreva a realizar cambios o mejoras en sus procesos de producción y con ello mejorar su nivel de innovación, el cual se verá reflejado en el nivel de competitividad de la empresa.

Así mismo, el no haber encontrado diferencias significativas en las empresas consolidadas y maduras con respecto al sector al que pertenecen, esto puede referirnos que dicha estrategia tiene la misma probabilidad de ocurrencia en la estrategia entre los cinco tipos de empresa observados de acuerdo a su antigüedad de más de 5 años en el mercado.

Dentro de las limitaciones, se puede destacar que las encuestas fueron contestadas desde el punto de vista de los gerentes de las MiPymes y que se trabajó con una muestra no tan representativa, por lo que no se pueden generalizar los resultados a todas las MiPymes industriales de Aguascalientes. Por lo tanto, se recomienda trabajar con una muestra más representativa en futuras investigaciones y/o realizar un estudio comparativo con otra zona geográfica del país. Finalmente se sugiere establecer nuevos constructos con las variables utilizadas para ampliar los resultados y compararlos con las conclusiones enunciadas en el presente artículo.

Referencias

- Anzola, S. (2002). *Administración de Pequeñas empresas*. México: McGraw Hill.
- Backman, M., Borjesson, S. & Setterberg, S. (2007). Working with concepts in the fuzzy front end: exploring the context for innovation for different types of concepts at Volvo cars. *R&D Management*, 37(1), 17–28.
- Baumol, W.J. (2002). *The free market innovation machine: Analyzing the growth miracle of capitalism*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Bird, B. (1989). *Entrepreneurial Behavior*. Glenview: Scott Foresman.

Carland, J.W., Hoy, F., Boulton, W.R. & Carland, J.A. (1984). Differentiating entrepreneurs from small business owners: a conceptualization. *Academy of Management Review*, 9(2), 354-359.

Casanova, L. (2004). East Asian, European and North American multinational firm strategies in Latin America. *Business and Politics*, 6(1), DOI: 10.2202/1469-3569.1074

Chenhall, R. & Euske, K.J. (2007). The role of management control systems in planned organizational change: An analysis of two organizations. *Accounting, Organizations and Society*, 32, 601-637.

Cuervo-Cazurra, A. (2008). The multinationalization of developing country MNEs: the case of multilatinas. *Journal of International Management*, 14(2), 138-154.

Cuevas, H., Aguilera, L., Rangel, J. & Hernández, O. (2014). The influence of innovation activities and knowledge management on the competitiveness of manufacturing SMEs: an empirical study. *ECORFAN Journal*, 5(13), 2200-2213.

Dickson, K., Coles, A.M. & Lawton-Smith, H. (1997). Staying the course: small firms strategies for long term R&D collaboration. *Small Business and Enterprise Development Journal*, 4(1), 13-21.

Doll, W. (1985). Avenues for top management involvement in successful MIS development. *MIS Quarterly*, marzo, 17-35.

Freeman, C. (1982). *The Economics of Industrial Innovation*. Second edition, Cambridge, Mass.: MIT Press.

Freire, A. (2000). Inovação: novos produtos, serviços e negócios para Portugal. Lisboa: Editorial Verbo.

Frenkel, A. (2003). Barriers and limitations in the development of industrial innovation in the región. *European Planning Studies*, 11(2), 115-137.

García, P.D.L., Martínez, S.M.C., & Maldonado, G.G. (2009). *Innovación y Cultura Empresarial en las MiPymes de Aguascalientes, México*. Universidad Autónoma de Aguascalientes.

Hadjimanolis, A. (2000). A resource-based view of innovativeness in small firms. *Technology Analysis and Strategic Management*, 12(2), 263-292.

Henri, J. (2006). Management control systems and strategy: A resource-based perspective. *Accounting, Organizations and Society*, 31, 529-558.

Heunks, F. (1998). Innovation, creativity and success. *Small Business Economics*, 10(3), 263-272.

Jarvenpaa, S.L. & Leidner, D.E. (1998). An information company in Mexico: extending the resource-based view of the firm to a developing country context. *Information Systems Research*, 9(4), 342-361.

Lloyd-Resaon, L. Muller, K. & Wall, S. (2002). Innovation and educational policy in SMEs: a Czech perspective. *Education + Training*, 44(8/9), 378-387.

- Madrid-Guijarro, A., Garcia-Perez-De-Lema, D. & Van Auken, H., (2009). Barriers to innovation among Spanish manufacturing SMEs. *Journal of Small Business Management*, 47(4), 465-488.
- Maldonado, G.G., Madrid, G.A., Martínez, S.M.D.C. & Aguilera, E.L. (2009). Los efectos de la innovación en el rendimiento de las Mipymes de Aguascalientes: una evidencia empírica. *Revista de Economía*, 26(73), 49-69.
- Maldonado, G., Martínez, M.D.C. & García, D. (2011). La innovación en las Pymes de México. *Revista AECA 93*, Marzo, 19-20.
- Meade, L.M. & Presley, A. (2002). R&D project selection using the analytic network process. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 49(1), 59-66.
- Misra, S., Kim, D. & Lee, D. H. (1996). Factors affecting new products success: Cross country comparison. *The Journal of Product Innovation Management*, 12, 530-550.
- Mueller, L. & Thomas, S. (2001). Culture and entrepreneurial potential: a nine country study of locus of control and innovativeness. *Journal of Business Venturing*, 16(1), 51-75.
- Naranjo-Gil, D. & Hartmann, F. (2007). Management accounting systems, top management team heterogeneity and strategic change. *Accounting, Organizations and Society*, 32, 735-756.
- Nunnally, J.C. & Bernstein, I.H. (1994). *Psychometric Theory*, 3ª Ed. New York: McGraw-Hill.
- Robinson, R. B. & Pearce, J. A. (1988). Planned patterns of strategic behavior and their relationship to business- unit performance. *Strategic Management Journal*, 9, 43-60.
- Rubio, B.A. & Aragón, S.A. (2006). Competitividad y recursos estratégicos en las pymes. *Revista de Empresa, Julio-Diciembre*, 17, 32-47.
- Stam, E. & Wennberg, K. (2009). The role of R&D in new firm growth. *Small Business Economics*, 33, 77-89.
- Sistema de información Empresarial Mexicano*. (14 de Enero de 2014). Obtenido de Directorio de Empresas: <http://www.siem.gob.mx/siem/estadisticas/estadotamanoPublico.asp?tam=3&p=1>
- Tidd, J., Bessant, J. & Pavitt, k. (2003). Innovation strategies and technology for experience-based tourism. *Tourism Management*, 24, 35-43.
- Vossen, R. (1998). Relative strengths and weaknesses of small firms in innovation. *International Small Business Journal*, 16(3), 88-94.
- Wong, P.K., Lee, L. & Foo, M.D. (2008). Occupational choice: The influence of product vs process innovation. *Small Business Economics*, 30(3), 267-281.
- Yap, C. & Souder, W. (1994). Factors influencing new product success and failure in small entrepreneurial high-technology electronics firms. *Journal of Product Innovation Management*, 11(5), 41.

Análisis de la operación de líneas de transmisión con un enfoque basado en un diagrama de círculos de potencia en Matlab

HERNANDEZ-CANO, Diego†, GARCIA-GUZMAN, José, FIGUEROA-GODOY, Fernando & RAZON-GONZALES, Juan

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

Recibido 26 de Abril, 2015; Aceptado 12 de Junio, 2015

Resumen

Este artículo presenta un análisis de la operación de líneas de transmisión con un enfoque basado en un diagrama de círculos de potencia en Matlab®. En el trabajo se muestra una forma detallada para calcular el radio y las coordenadas de los círculos de potencia y se evalúan las características de operación en el lado de recepción de las líneas de transmisión. El diagrama de círculos de potencia implementado, permite analizar la operación de las líneas de transmisión cortas, medias y largas, por lo que se calculan las constantes de red para cada una de estas líneas con el fin de ser utilizadas en la ecuación de potencia aparente, a partir de la cual se obtiene la potencia activa y reactiva, así como el radio y las coordenadas (x, y) de dicho diagrama de círculos. Un caso de estudio se lleva a cabo para ilustrar la forma que se utilizan los círculos de potencia para evaluar la operación de una línea de transmisión corta, media y larga con siete valores del voltaje de envío, considerados como múltiplos del voltaje de recepción, por lo que se obtiene un diagrama con siete círculos de potencia que permite analizar la operación de la línea de transmisión considerando parámetros tales como el SIL, las pérdidas, la regulación de voltaje, entre otros.

Diagrama de círculos de potencia, líneas de transmisión, Matlab

Abstract

This paper presents an analysis of the transmission lines performance with a power circle diagram based approach in Matlab®. It is presented in detail how to calculate the radius and the coordinates of power circles, and the operation characteristics are evaluated in the receiving side of transmission lines. The power circle diagram implemented in this paper allows to analyze, in the receiving side, the operation of short, medium and long transmission lines, therefore the network constants are calculated for each of these lines to be substituted in the apparent power equation, from which the active and reactive power is obtained, as well as the radius and the coordinates (x, y) of such circle diagram. A study case is carried out in order to illustrate the way how are used the power circles for evaluating the performance of a short, medium and long transmission line with seven values of sending voltage, which are considered as multiples of the receiving voltage, therefore, a diagram with seven power circles is obtained which allows analyzing the performance of transmission lines, considering some parameters such as the SIL, losses, voltage regulation and others.

Power circle diagram, overhead transmission lines, Matlab

Citación: HERNANDEZ-CANO, Diego, GARCIA-GUZMAN, José, FIGUEROA-GODOY, Fernando & RAZON-GONZALES, Juan. Análisis de la operación de líneas de transmisión con un enfoque basado en un diagrama de círculos de potencia en Matlab. Revista de Tecnología e Innovación 2015, 2-3:564-573

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

En la actualidad, las líneas de transmisión eléctrica son de gran importancia en nuestra sociedad, ya que son de suma importancia para transportar y distribuir energía eléctrica, se dividen principalmente en dos grandes categorías: líneas de transmisión aéreas y líneas de transmisión subterráneas. En 1891, se realizó la primera transmisión de potencia alterna trifásica, la cual se llevó a cabo desde una central hidroeléctrica de 200 kW en Alemania, a una distancia de 170 km. Dicha energía se aplicaba a un motor asíncrono trifásico de 75 kW que accionaba a una unidad de bombeo (Quezada, 2005). La planeación de sistemas de potencia requiere de investigación sobre el comportamiento de los sistemas eléctricos para un amplio rango de condiciones, con el fin de indicar posibles alternativas de expansión del sistema de transmisión y determinar las características de operación que pueden resultar. Algunos de los estudios más recientes sobre este tópico son los presentados en (Hyoungtae *et al*, 2015; Charlin *et al*, 2015; Qiu *et al*; 2015; McRae *et al*, 2014). Además, con las nuevas tecnologías y la inclusión de energías renovables en la red eléctrica se han hecho necesario los estudios sobre la planeación y expansión de las líneas de transmisión de los sistemas de transmisión (Ugrangli & Karatepe, 2015; Wen *et al*, 2015; Rahmni *et al*, 2014; Xu *et al*; 2014).

Comúnmente el sistema de transmisión se ve afectado por distintas pérdidas, la mayoría de estas en el conductor, ya que este tiene cierta resistencia finita y provoca una determinada pérdida de potencia activa; otras pérdidas presentes en la líneas de transmisión son las pérdidas debidas a la inducción entre los conductores, las pérdidas por el calentamiento dieléctrico de los mismos causado por la diferencia de potencial entre ellos y las pérdidas por el acoplamiento eléctrico.

Las cuales se presentan cuando se conectan dos partes separadas de una línea de transmisión (Saadat, 2010). Por tal motivo, un aspecto fundamental en la transmisión adecuada de la electricidad son los parámetros y la operación de las líneas de transmisión del sistema eléctrico de potencia. El desarrollo de ecuaciones apropiadas para el cálculo de dichos parámetros se presenta en la literatura abierta relacionada al análisis de sistemas eléctricos de potencia y redes eléctricas (Kothari & Nagrath, 2011; Gómez, 2002; Saadat, 2010). La finalidad de las distintas ecuaciones es obtener la magnitud de voltajes y corrientes, así como las potencias activas y reactivas en los extremos de envío y recepción de las líneas de transmisión.

En años recientes y con la introducción de los sistemas computacionales en la ingeniería eléctrica se ha demostrado que el flujo de potencia y reactiva a través de las líneas de transmisión puede ser manejada y analizada computacionalmente en forma más eficiente y rápida (Kothari & Nagrath, 2011). Desde la década de 1950 los diagramas de círculos de potencia han sido reconocidos por su utilidad en el análisis y operación de líneas de transmisión, ya que son muy convenientes para visualizar en forma gráfica el problema de flujo de carga a través de una línea de transmisión (Bianchi, 2015; Kirtley, 2011; Sivanagaraju & Satyanarayana, 2009; Bakshi & Bakshi, 2008; Rajput, 2006), sin embargo, no se han obtenido dichos círculos utilizando paquetes computacionales, lo cual lo vuelve un poco tedioso y difícil de trabajar.

El diagrama de círculos de potencia es un método un poco complicado, desde el punto de vista analítico, para la obtención de las características y el comportamiento de la línea de transmisión por la complejidad que implica el cálculo de los diferentes vectores de voltaje en el lado de envío y de recepción, los cuales posteriormente se grafican para poder obtener un círculo de potencia en el que se aprecia gráficamente el comportamiento de la línea de transmisión (Sivanagaraju & Satyanarayana, 2009; Bakshi & Bakshi, 2008; Rajput, 2006). Una dificultad en este método es que comúnmente no se tiene un centro en común para el círculo de voltajes, igualmente existe la confusión sobre el signo de la potencia reactiva cuando las condiciones en ambos extremos de la línea de transmisión se estiman mediante diagramas separados. Al mismo tiempo, es necesario planear nuevos círculos para cada cambio en las constantes de la línea de transmisión o en los voltajes de terminales, de esta manera en algunos casos se limita el uso de los círculos de potencia (Bingulac, 1994) por razones de tiempo excesivo para su implementación, aunque en realidad se pueden aplicar en cualquier caso.

En (Bingulac, 1994) se realiza un caso de estudio para la análisis de líneas de transmisión mediante el método de diagramas de círculos de potencia, de dichos artículos se tomaron distintas ecuaciones para el cálculo de los parámetros y elaboración de diagramas de potencia. Se debe mencionar que en este análisis no se utiliza ningún software o paquete computacional y no hay reportes sobre el uso de estas herramientas en ninguno de los estudios donde se ha utilizado el método de diagrama de círculos de potencia. Tomando en consideración lo antes mencionado, en este trabajo se utiliza Matlab (MathWorks, 2015) para obtener el diagrama de círculos de potencia y evaluar la operación de una línea de transmisión corta, media y larga.

Modelado de líneas de transmisión

A. Modelado de líneas de transmisión cortas

Una línea de transmisión se considera que es corta cuando tiene una longitud menor a 80 km o un voltaje menor a 69 kV. En la Figura 1 se puede observar el modelo equivalente de una línea de transmisión corta donde V_S , V_R son los voltajes de envío y recepción, respectivamente, mientras que I_S es la corriente de envío e I_R es la corriente en el lado de recepción.

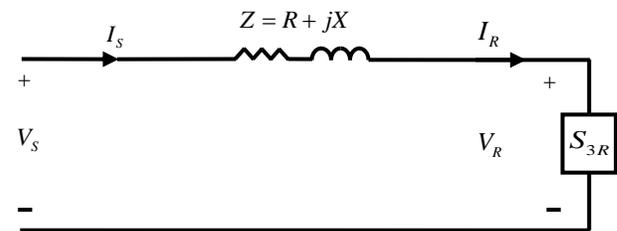


Figura 1 Modelo equivalente de la línea de transmisión corta.

Comúnmente, las líneas de transmisión se representan por medio de una red de dos puertos utilizando las constantes de red ABCD de la siguiente manera,

$$V_S = AV_R + BI_R \quad (1)$$

$$I_S = CV_R + DI_R \quad (2)$$

De acuerdo a lo anterior, las constantes para la línea de transmisión corta están definidas por,

$$A = 1; \quad B = Z; \quad C = 0; \quad D = 1; \quad (3)$$

B. Modelado de líneas de transmisión medias y largas

Una línea de transmisión media es aquella cuya longitud es mayor a 80 km y menor a 250 km, mientras que una línea larga es aquella con una longitud mayor a 250 km.

El modelo de una línea de transmisión media y larga es mostrado en la Figura 2. Este modelo se conoce como modelo π , donde los términos V_S , V_R , I_S , I_R representan los mismos parámetros de operación que en la línea de transmisión corta. El efecto capacitivo debido a la longitud y voltaje de la línea se representa por una admitancia paralelo denotada por Y , mientras que I_L corresponde a la corriente a través de dicha admitancia.

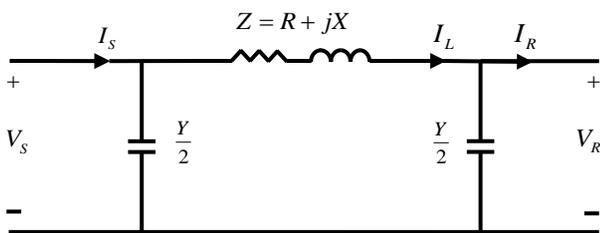


Figura 2 Modelo π equivalente de la Línea de Transmisión media y larga.

Considerando el circuito equivalente de la figura anterior, las constantes de red para la línea de transmisión media son las siguientes:

$$A = 1 + \frac{ZY}{2}; B = Z; C = Y + \frac{ZY^2}{4}; D = A \quad (4)$$

Mientras que para una línea de transmisión larga, las constantes ABCD son dadas como sigue,

$$\begin{aligned} A &= \cosh(\gamma l); & B &= Z_C \sinh(\gamma l); \\ C &= \frac{1}{Z_C} \sinh(\gamma l); & D &= \cosh(\gamma l); \end{aligned} \quad (5)$$

Donde l es la longitud de la línea de transmisión, γ es la constante de propagación del voltaje y corriente, y Z_C es la impedancia característica calculada como la raíz cuadrada de la división entre la impedancia serie (z) y la admitancia paralelo (y), ambas por unidad de longitud.

Método analítico para el diagrama de círculos de potencia en el lado de recepción

El diagrama del círculos de potencia en el lado de recepción de una línea de transmisión requiere la determinación de una expresión para la potencia aparente, compleja, activa y reactiva, así como una expresión para el radio de los círculos y para las coordenadas (x , y) del centro de dichos círculos.

Para determinar la potencia compleja en el lado de recepción es necesario conocer la corriente en este mismo lado, por lo que conociendo los valores de las constantes ABCD para el modelo de líneas de transmisión y el valor de V_S calculado en la ecuación (1) se obtiene la siguiente expresión de I_R (Sivanagaraju & Satyanarayana, 2009),

$$I_R = \frac{V_S}{B} - \frac{AV_R}{B} \quad (6)$$

Expresando (6) en forma fasorial y tomando como referencia el voltaje en el lado recepción ($V_S = |V_R| \angle 0^\circ$), se obtiene una nueva expresión para I_R .

$$I_R = \frac{|V_S|}{|B|} \angle \delta - \beta - \frac{|A||V_R|}{|B|} \angle \alpha - \beta \quad (7)$$

La potencia compleja por fase en el lado de recepción es expresada como,

$$S_R = |V_R| \angle 0^\circ \left[\frac{|V_S|}{|B|} \angle \beta - \delta - \frac{|A||V_R|}{|B|} \angle \beta - \alpha \right] \quad (8)$$

De la ecuación anterior es posible obtener la potencia activa y reactiva.

$$P_R = \frac{|V_S||V_R|}{|B|} \cos \angle \beta - \delta - \frac{|A||V_R|^2}{|B|} \cos \angle \beta - \alpha \quad (9)$$

$$Q_R = \frac{|V_S||V_R|}{|B|} \sin \angle \beta - \delta - \frac{|A||V_R|^2}{|B|} \sin \angle \beta - \alpha \quad (10)$$

Para determinar el radio del círculo de potencia, es necesario determinar la magnitud de la potencia aparente.

$$|S_R| = [P_R^2 + Q_R^2]^{1/2} \quad (11)$$

Desarrollando el binomio en cada término y utilizando las identidades trigonométricas para transformación de productos en sumas se obtiene:

$$|S_R| = \frac{|V_R|}{|B|} \sqrt{|V_s|^2 + |A|^2 |V_R|^2 - 2|A||V_R||V_s| \cos(\alpha - \delta)} \quad (12)$$

Considerando que el ángulo de la constante A y el voltaje de envío V_s son iguales, entonces (12) se simplifica y resulta como,

$$|S_R| = \frac{|V_R||V_s|}{|B|} - \frac{A|V_R|^2}{|B|} \quad (13)$$

Se sabe que $S_R = V_R I_R$, por lo que (13) se puede expresar como una suma de vectores, tal como se muestra en la Figura 3.

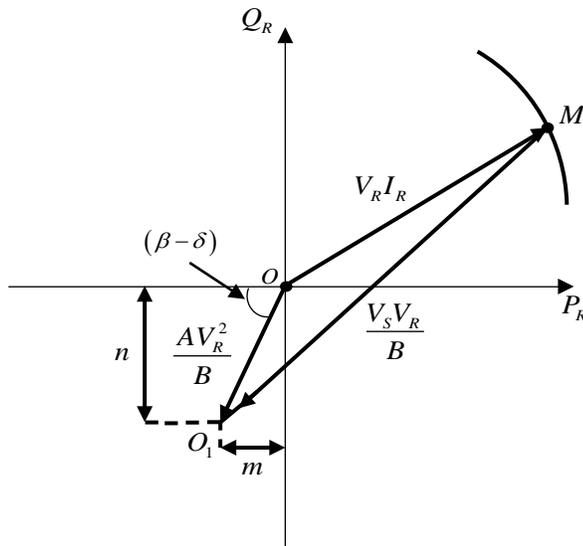


Figura 3 Componentes vectoriales del diagrama de círculo de potencias.

De acuerdo al esquema mostrado esta figura anterior, las coordenadas del centro del círculo de potencia (m, n), son las componentes horizontal y vertical de la expresión AV_R^2/B , respectivamente, las cuales son dadas como sigue,

$$m = -\frac{|A||V_R|^2}{|B|} \cos(\beta - \delta) \quad (14)$$

$$n = -\frac{|A||V_R|^2}{|B|} \sin(\beta - \delta) \quad (15)$$

De esta manera, el centro del círculo mostrado en la figura anterior es el denotado por O_1 , lo cual puede ser aplicado para cualquier círculo, mientras que el radio de los círculos de potencia es la longitud considerada desde el punto O_1 hasta M, el cual es expresado como,

$$Radio = \frac{|V_s||V_R|}{|B|} \quad (16)$$

Con las expresiones anteriores, es posible ubicar geoméricamente los círculos y calcular su radio para realizar un correcto análisis de las características de operación de las líneas de transmisión de potencia mediante un diagrama que considere diversos círculos.

Casos de estudio

Un caso de estudio se lleva a cabo con una línea de transmisión corta, media y larga con el fin de evaluar las características de operación de la línea mediante el método de diagrama de círculos de potencia en el lado de recepción de la misma. Los datos de la carga considerada en el lado de recepción en cada una de las líneas son: 230 kV, 250 MVA, FP=0.8.

A. Línea de transmisión corta

La línea de transmisión corta considerada en este caso de estudio tiene 70 km de longitud, una resistencia de 0.045 Ohm/Km y una reactancia de 1.016 mH/Km. La Figura 4 muestra el diagrama de círculos de potencia que se obtiene en este caso de estudio, el cual consiste de siete círculos de potencia que son asociados con igual número de valores de voltaje en el lado de envío de la línea de transmisión. Estos valores de V_S son considerados para variar entre V_R y $1.30V_R$, en intervalos de 0.05. Las coordenadas del centro de los círculos de potencia, calculado con las ecuaciones (14) y (15), son las mismas para todos los casos y tienen un valor de $m=-228.64$, $n=-1946.2$. El centro de los círculos está denotado por O_1 y los radios de los círculos en orden creciente son identificados como r_1 , r_2 , r_3 , r_4 , r_5 , r_6 y r_7 .

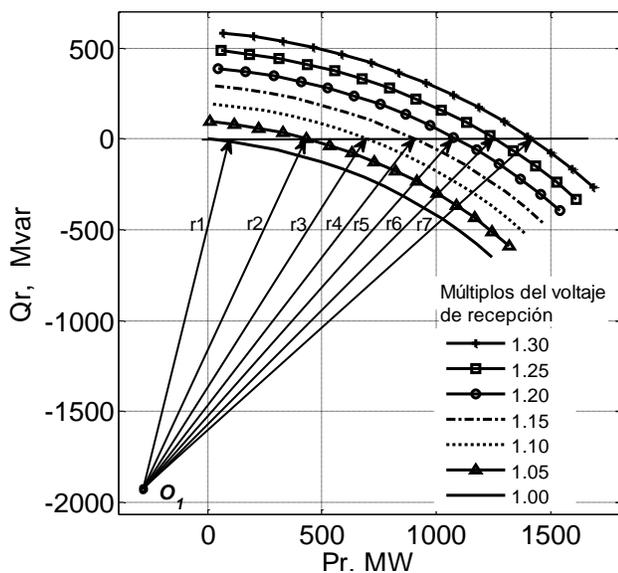


Figura 4 Diagrama de círculos de potencias de la línea de transmisión corta.

Los círculos de la figura anterior muestran que el radio se incrementa con el aumento del valor del voltaje de envío. Esto trae como consecuencia una mayor transferencia de potencia aparente y un aumento en la capacidad de transferencia de potencia activa y reactiva de la línea. Conforme aumenta la transferencia de potencia activa, disminuye en forma no lineal la potencia reactiva transferida a través de la línea de transmisión, mientras que, simultáneamente, también aumenta la potencia aparente que fluye en la línea de transmisión. Los círculos también muestran que cuando el voltaje de envío es igual al de recepción, la línea de transmisión es incapaz de transferir potencia reactiva, lo cual no es práctico para un sistema de potencia, de manera que para transferir reactivos es necesario que $V_S > V_R$; además, si el voltaje de envío crece con respecto al voltaje de recepción se aumenta la transferencia de potencia reactiva a través de la línea.

B. Línea de transmisión media

Para el caso de estudio con la línea de transmisión media se considera una longitud de 150 km de longitud y una capacitancia por fase de la línea de $0.0112 \mu\text{F}/\text{km}$. La resistencia y la reactancia por fase de esta línea son las mismas que las consideradas en el caso de estudio de la línea corta. El diagrama de círculos de potencia en el lado de recepción de la línea de transmisión con las características mencionadas se muestra en la Figura 5. El centro de los círculos de potencia en este caso se encuentra en las coordenadas $(-106.70, -891.46)$.

De acuerdo a la figura en mención, es claro que el comportamiento de la línea media es similar a la línea corta, es decir, con el aumento de voltaje en el lado de envío aumenta el SIL y la transferencia de potencia de la línea.

Sin embargo, se debe notar que de acuerdo al radio obtenido para cada valor del voltaje V_S , la línea de transmisión media transfiere menor potencia activa y aparente que la línea corta, lo cual es debido a la longitud de la línea, ya que existen más pérdidas de potencia activa. Es importante mencionar que en este caso si es posible transferir potencia reactiva a través de la línea de transmisión cuando $V_S=V_R$, ya que el efecto capacitivo de la línea es considerable debido a su longitud y por consiguiente existe una potencia reactiva que puede ser transferida.

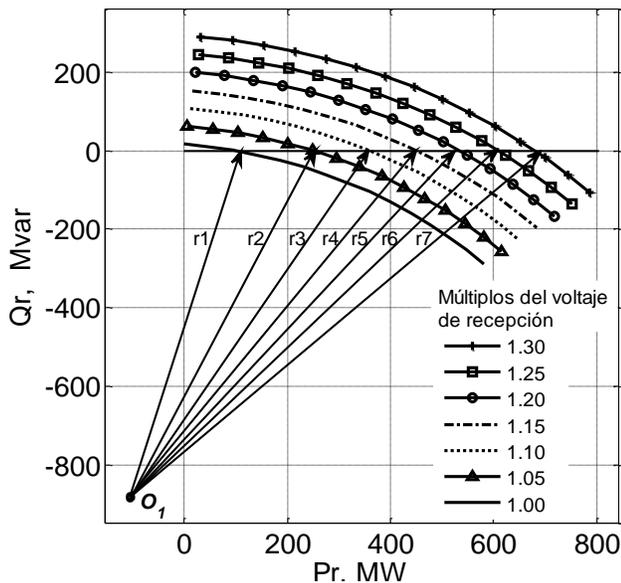


Figura 5 Diagrama de círculos de potencia de la línea de transmisión media.

C. Línea de transmisión larga

En el último caso de estudio se consideran los siguientes parámetros de la línea de transmisión larga: 300 km de longitud, resistencia por fase de 0.045 Ohm/Km, reactancia por fase de 1.016 mH/Km y capacitancia por fase de $1.0610 \times 10^{-02} \mu F/km$. El diagrama de círculos de potencia de esta línea se presenta en la Figura 6, cuyo centro se encuentra en $m=-53.37$ y $n=-432.75$.

Como se esperaba, la línea de transmisión larga tiene un comportamiento muy similar a la línea media, excepto porque en este caso el diagrama de círculos de potencia presentado en la última figura muestra que existe una menor transferencia de potencia activa y aparente. También se observa en la figura que cuando los voltajes V_S y V_R son iguales, existe una mayor transferencia de potencia reactiva que en el caso de la línea media, lo cual es debido al mayor efecto capacitivo, que a su vez es ocasionado por la mayor longitud de la línea de transmisión larga.

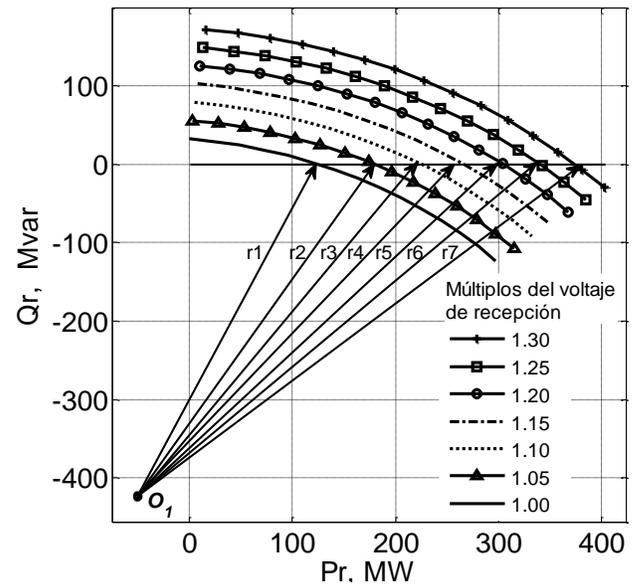


Figura 6 Diagrama de círculos de potencia de la línea de transmisión larga.

Resultados

Los casos de estudio realizados en la sección anterior muestran que el radio de los círculos de potencia se incrementa con el aumento del valor del voltaje de envío de las líneas de transmisión, independientemente de su longitud.

Bajo esta condición, los círculos de potencia en el lado de recepción revelan que las líneas de transmisión transfieren mayor potencia activa y reactiva entre sus nodos, sin embargo, debe notarse que con el aumento de la potencia activa disminuye la transferencia de potencia reactiva. Debe notarse que los círculos de potencia muestran que no existe transferencia de potencia reactiva cuando las magnitudes de voltaje son iguales en el lado de envío y recepción, mientras que la potencia activa transferida a través de las líneas de transmisión es cero cuando los ángulo de fase son iguales. De manera que se debe garantizar una diferencia entre la magnitud y ángulo de fase del voltaje en ambos nodos de la línea de transmisión para garantizar su correcta operación en un sistema eléctrico de potencia.

Los diagramas de círculos de potencia obtenidos en la sección anterior, exponen un aspecto muy importante de la operación de las líneas de transmisión, el cual muestra que las líneas de transmisión transfieren menor potencia activa y aparente cuando aumenta su longitud, esto es debido a que con la longitud de la línea se presentan mayores pérdidas de potencia activa. Además, conforme aumenta su longitud las coordenadas de los centros de los círculos de potencia también cambian. Las coordenadas de los círculos de potencia de las líneas de transmisión consideradas en la sección anterior se muestran en la Tabla 1.

Línea de Transmisión	Coordenada $m(x)$	Coordenada $n(y)$
Línea corta (70 km)	-228.64	-1946.2
Línea media (150 km)	-106.70	-891.46
Línea larga (300 km)	-53.37	

Tabla 1 Coordenadas de los centros de los círculos de potencia de líneas con distinta longitud.

La Tabla 1 muestra que las coordenadas de los centros de los círculos de potencia se ubican más cerca del origen cuando aumenta su longitud, lo cual trae como consecuencia un menor radio de dichos círculos, que a su vez se traduce en una menor transferencia de potencia activa y aparente, lo que concuerda con lo antes mencionado respecto a la longitud de las líneas de transmisión.

Respecto al SIL, la Tabla 2 y la Figura 7 muestran, respectivamente, los datos y el comportamiento gráfico de la variación de este dato conforme aumenta su voltaje de envío para las tres líneas de transmisión consideradas en los casos de estudio.

Magnitud de V de envío	SIL (MW) Línea corta	SIL (MW) Línea media	SIL (MW) Línea larga
V_R	0	105	121
$1.05V_R$	431	250	180
$1.10V_R$	675	361	229
$1.15V_R$	922	455	267
$1.20V_R$	1076	536	304
$1.25V_R$	1230	610	342
$1.30V_R$	1405	685	375

Tabla 2 SIL en MW para tres líneas con distintos valores de magnitud de voltaje de envío.

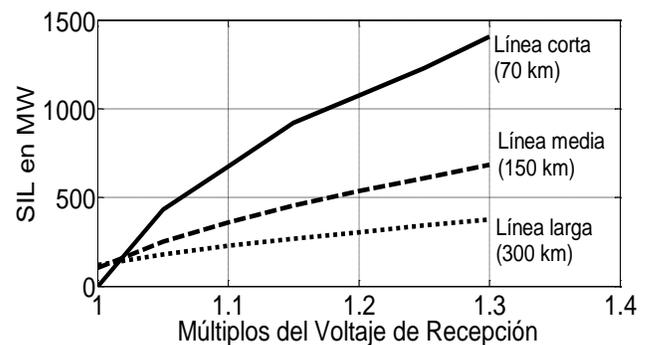


Figura 7 SIL en MW para tres líneas con distintos valores de magnitud de voltaje de envío.

Tanto en la tabla como en la figura se muestra que el SIL aumenta cuando se incrementa la magnitud del voltaje en el lado de recepción, con respecto al voltaje en el lado de envío, pero este disminuye cuando crece la longitud de la línea de transmisión. Esto brinda un importante uso a los círculos de potencia, ya que conociendo el SIL se pueden determinar los requerimientos reactivos de una línea de transmisión, ya sean requerimientos del tipo inductivo y capacitivo que permitan contrarrestar la caída de voltaje en la línea o disminuir el efecto Ferranti de la misma.

Conclusiones

Un diagrama de círculos de potencia para el análisis de las características de operación de las líneas de transmisión se ha presentado. Los casos de estudio mostraron que el método resulta muy útil para evaluar la operación de las líneas de transmisión cortas, medias y largas, ya que por medio de Matlab es muy sencilla la implementación de las ecuaciones y por consiguiente la obtención de los círculos y de resultados.

Los casos de estudio también mostraron que el aumento del valor del voltaje en el lado de envío de la línea provoca un incremento en el radio de los círculos, así como en la transferencia de potencia aparente, activa y reactiva de la línea de transmisión. El incremento en el radio de los círculos provoca un valor mayor del SIL de la línea de transmisión, lo cual es muy útil para determinar los requerimientos de compensación reactiva de la línea. La línea de transmisión corta transfiere mayor potencia aparente y activa que los otros tipos de líneas, pero cuando el voltaje de envío es igual al voltaje de recepción no hay transferencia de potencia reactiva en estas líneas.

Sin embargo, en las líneas de transmisión media y larga es posible transferir potencia reactiva cuando se tiene esta situación, ya que en estas líneas existe un efecto capacitivo de magnitud considerable, el cual provoca que exista una potencia reactiva que puede ser transferida.

Referencias

Bakshi, U. A. & Bakshi, M. V. (2008). *Transmission and Distribution*. Pune: Technical Publications Pune.

Bianchi, R. (2015). *Teoría de la Transmisión de la Energía Eléctrica: Modelos de líneas de transmisión en estado estacionario*. Universidad Nacional de la Plata: Facultad de Ingeniería. Recuperado el 28 de Junio de 2015, del sitio Web: <http://www.ing.unlp.edu.ar/electrotecnia/transel/Apuntes/Cuadripolos.pdf>

Bingulac, S. P. (1994). On the compatibility of adaptive controllers. *Proc. 4th Annu. Allerton Conf. Circuits and Systems Theory*, 8–16.

Charlin, D., Rudnick, H. & Araneda, J. C. (2015). Transmission expansion under uncertainty in the Chilean System via Minmax Regret with GA, *IEEE (Revista IEEE America Latina) Latin America Transactions*, 13(3), 698-706.

Gómez, E. A. (2002). *Análisis y operación de sistemas de energía eléctrica*. México. Mac Graw Hill.

Hyoungtae, K., Sungwoo, L., Sangheon, H., Wook K., Kiyoul, O. & Seongbin, C. (2015). Integrated Generation and Transmission Expansion Planning Using Generalized Bender's Decomposition Method, *IEEE International Conference on Computational Intelligence & Communication Technology (CICT 2015)*, 493-497.

- Kirtley, J. L. (2011). *Introduction to Electric Power Systems: AC Power Flow in Linear Networks*. Massachusetts Institute of Technology: Department of Electrical Engineering and Computer Science. Recuperado el 28 de Junio de 2015, del sitio Web: http://ocw.mit.edu/courses/electrical-engineering-and-computer-science/6-061-introduction-to-electric-power-systems-spring-2011/readings/MIT6_061S11_ch2.pdf
- Kothari, D. P. & Nagrath, I. J. (2011). *Modern Power System Analysis*. Nueva Delhi: McGraw-Hill.
- McRae, C., Ozlen, M. & Ernst, A. (2014). Transmission expansion planning considering energy storage, *IEEE International Autumn Meeting on Power, Electronics and Computing (ROPEC 2014)*, 1-5.
- Quezada, J. (2005). *Metodología de construcción de Líneas de transmisión eléctrica*. (Tesis inédita de licenciatura). Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.
- Qiu, J., Dong, Z. Y., Zhao, J. H., Xu, Y., Zheng, Y., Li, C. & Wong, K. P. (2015). Multi-Stage Flexible Expansion Co-Planning Under Uncertainties in a Combined Electricity and Gas Market, *IEEE Transactions on Power Systems*, 30(4), 2119-2129.
- Rahmani, M., Vinasco, G., Rider, M. J., Romero, R. & Pardalos, P. M. (2014). Multistage transmission expansion planning considering fixed series compensation allocation, *IEEE PES General Meeting / Conference & Exposition*.
- Rajput, R. K. (2006). *Power System Engineering*. Nueva Delhi: Laxmi Publications.
- Saadat, H. (2010). *Power System Analysis*. New York: PSA Publishing
- Sivanagaraju, S. & Satyaranayana, S. (2009). *Electric Power Transmission and Distribution*. New Delhi: Pearson Education.
- The MathWorks, Inc. (2015). *Matlab Optimization Toolbox User's Guide Version 2, 2001*. Natick, MA: USA. Recuperado de <http://www.mathworks.com>.
- Ugranli, F. & Karatepe, E. (2015). Transmission Expansion Planning for Wind Turbine Integrated Power Systems Considering Contingency, *IEEE Transactions on Power Systems*, PP (99), 1-10.
- Wen, J., Han, X., Li, J. & Chen, Y. (2015). Transmission network expansion planning considering uncertainties in loads and renewable energy resources, *CSEE Journal of Power and Energy Systems*, 1(1), 78-85.
- Xu, Q., Kang, C., Xia, Q., He, D., Harley, R.G., Jianhua, B., Zhidong, W., Hui L. & Xin, T. (2014). Anti-disaster transmission expansion planning considering wind power integration using ordinal optimization, *IEEE PES General Meeting / Conference & Exposition*.

Herramienta computacional desarrollada en Matlab para diseño de columnas de destilación

GONZALES-PONCE, María†, SEGOVIANO-GARFIAS, José', SOTO-ALCOCER, José & ORTEGA-HERRERA, Francisco

*Instituto Tecnológico Superior de Irapuato. Carretera Irapuato-Silao km 12.5. C.P. 36821, Irapuato, Guanajuato.
Universidad de Guanajuato. DICIVA. Carretera Irapuato-Silao km 9. C.P.36500. Irapuato, Guanajuato*

Recibido 6 de Abril, 2015; Aceptado 6 de Junio, 2015

Resumen

En este trabajo se presenta una herramienta computacional desarrollada en Matlab® para el análisis y diseño preliminar de columnas de destilación utilizando un método corto. El método empleado se basa en las ecuaciones de Fenske, Underwood y la correlación de Gilliland-Kirkbride, con las cuales se puede obtener un buen estimado de las variables de diseño de la columna, como son la distribución de los componentes en el domo y fondo, así como el número mínimo de etapas, relación de reflujo mínimo y localización de plato de alimentación. Esta herramienta es útil para la simulación tanto de mezclas binarias como multicomponentes. Para predecir las propiedades de equilibrio de las mezclas se tiene la opción de utilizar la ecuación de Raoult o bien la correlación de Chao-Seader y la ecuación de estado de Redlich Kwong, además cuenta con una extensa base de datos que comprende 176 componentes con sus respectivas propiedades y constantes. Para mostrar la confiabilidad de la herramienta propuesta, se incluyen dos casos de estudio, comparándose los resultados obtenidos con dicha herramienta con los reportados en la literatura y los obtenidos en un software comercial.

Herramienta computacional, Matlab, destilación

Citación: GONZALES-PONCE, María, SEGOVIANO-GARFIAS, José', SOTO-ALCOCER, José & ORTEGA-HERRERA, Francisco. Herramienta computacional desarrollada en Matlab para diseño de columnas de destilación. Revista de Tecnología e Innovación 2015, 2-3:574-580

Abstract

In this paper a computational tool developed in Matlab® for analysis and preliminary design of distillation columns using a short cut method is presented. The method is based on the Fenske, Underwood and Gilliland-Kirkbride equations, from which it is possible to obtain a good estimate of the design variables for distillation column, such as the distribution of the components at the dome and bottom, and the minimum number of stages, minimum reflux ratio and feed tray location. This tool is useful for simulating both binary mixtures as multicomponent. To predict the equilibrium properties of mixtures, the proposed implementation has an option for using the Raoult equation or Chao-Seader correlation and the Redlich Kwong equation of state, also the computational tool has an extensive database comprising 176 components with their respective properties and constants. In order to show the reliability and prowess of the proposed tool, two study cases are carried out and the results obtained with this tool, are compared with the reported in the literature and the obtained by using a commercial software.

Computational tool, Matlab, distillation

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

La destilación es una operación unitaria común para la separación de mezclas líquidas con dos o más componentes (Luyben, 1996). El diseño de las columnas de destilación ha acaparado la atención de diversos investigadores debido a su importancia en un alto número de procesos químicos. Los métodos de diseño de estas columnas se pueden clasificar en tres tipos: métodos gráficos, métodos cortos y métodos rigurosos (Sanchez, 2006). Los métodos cortos son modelos matemáticos que predicen el comportamiento del proceso considerando una menor cantidad de ecuaciones y permiten la obtención de condiciones límite en el diseño (Narváez et al., 2013). Estos métodos son muy útiles en los procesos de enseñanza-aprendizaje.

La simulación de procesos químicos ha ido tomando mucha fuerza en la última década, aún más con el avance de las computadoras y la informática (Cardona et al., 2006). Aún cuando los equipos de cómputo actuales tienen capacidades de procesamiento y almacenamiento mayores, los métodos cortos continúan justificándose a partir de considerar la reducción en los tiempos de cómputo, así como una precisión aceptable en los resultados obtenidos respecto al método riguroso. Aunado a esto, siempre será necesario contar con este tipo de métodos para obtener datos iniciales para el proceso de optimización matemática.

El método de Fenske-Underwood-Gilliland (FUG) es uno de los métodos cortos más ampliamente empleados en el diseño preliminar de columnas de destilación, este considera flujos molares de líquido y vapor, así como vaporización y volatilidades relativas constantes y etapas de equilibrio adiabáticas.

Esto hace que el modelo matemático de la columna sea descrito con un mínimo de ecuaciones lo que permite disminuir los requerimientos de memoria y la intensidad de los cálculos computacionales (Zavala, 2004).

La herramienta computacional presentada en este trabajo fue desarrollada en el software Matlab®. Puesto que lo que se desea obtener en el diseño de la columna de destilación es la distribución de los componentes no clave en el domo y fondo, así como el número de etapas necesarias para conseguir la separación especificada, la relación de reflujo y la posición óptima del plato de alimentación. Una vez que se definen las variables y los parámetros característicos del proceso de separación, a partir de los valores de recuperación del componente clave ligero (LK) en el destilado y el componente clave pesado (HK) en el fondo, se sigue una secuencia de cálculo basada en las ecuaciones de balance de materia, la predicción de los datos de equilibrio (valor de k) y las ecuaciones FUGk.

Los resultados obtenidos en la simulación se muestran de una forma rápida y simple, lo que permite el uso de esta herramienta como material didáctico de apoyo para la comprensión de conceptos básicos en separaciones multicomponentes.

Metodología

Distribución de los componentes

Con la finalidad de determinar la distribución de los componentes no claves tanto en el domo como en el fondo de la columna de destilación se plantean los balances de materia que consisten del balance general y balances por componentes. Ecuaciones (1-2).

$$F = D + B \quad (1)$$

$$F * z_i = D * y_i + B * x_i \quad i = 1, \dots, c - 1 \quad (2)$$

Para completar el sistema de ecuaciones se toma en cuenta la restricción de la fracción de recuperación del componente clave ligero en el destilado (f_{LK}) y del clave pesado en el fondo (f_{HK}). Ecuaciones (3 y 4)

$$F * z_{LK} * f_{LK} = D * y_{LK} \quad (3)$$

$$F * z_{HK} * f_{HK} = B * x_{HK} \quad (4)$$

Donde z , y , x y F , D , B se refieren a las composiciones y flujos de la alimentación, domo y fondo de la columna respectivamente.

Para la solución del sistema de ecuaciones se utiliza el comando solve de Matlab®.

Equilibrio líquido-vapor

Para sistemas en los que la fase líquida es una solución ideal que sigue la ley de Raoult y la fase de vapor sigue la ley de los gases ideales, es posible formular volatilidades relativas que son función exclusiva de la temperatura (Henley y Seader, 2000) y el valor- k se determina por,

$$k_i = \frac{y_i}{x_i} = \frac{P_i}{P} \quad (5)$$

Donde P es la presión total y P_i la presión parcial del componente puro la cual se calcula mediante la ecuación de Antoine.

Prausnitz, Edmister y Chao (1960) demostraron que la teoría de las soluciones regulares puede utilizarse para estimar las desviaciones del comportamiento ideal y expresaron los valores- k por,

$$k_i = \frac{\gamma_{il}\phi_{il}}{\phi_{iv}} \quad (6)$$

Donde el valor del coeficiente de actividad (γ_{il}) y fugacidad (ϕ_{il}) de la fase líquida se determinan mediante la correlación de Chao-Seader y el coeficiente de fugacidad de la fase de vapor (ϕ_{iv}) se calcula mediante la ecuación de estado de Redlich-Kwong.

Para predecir los valores- k en el domo y fondo de la columna fue necesario utilizar un método iterativo en Matlab® basado en el punto de burbuja y rocío de la mezcla, para lo cual es necesario satisfacer las siguientes relaciones

$$\sum_{i=1}^c k_i x_i - 1 = 0 \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^c \frac{k_i}{y_i} - 1 = 0 \quad (8)$$

Método FUGk

El método FUGk está basado en cuatro ecuaciones, las cuales predicen los parámetros de diseño de la columna, como son: la distribución de las componentes claves en el fondo y el domo de la columna, la relación de reflujo de la columna, el número mínimo de platos y el plato de alimentación (Toro, 2013).

Ecuación de Fenske

La ecuación de Fenske (9) permite una rápida estimación del número mínimo de etapas de equilibrio (N_{min}) para una separación especificada entre dos componentes clave de una mezcla multicomponentes. Esta ecuación considera volatilidad relativa constante (α_m) y operación de la columna en la que no se introduce más alimentación y sin retirar producto del domo o fondo de la columna.

$$N_{min} = \frac{\log\left(\frac{D_{LK}}{D_{HK}} * \frac{B_{HK}}{B_{LK}}\right)}{\log \alpha_m} \quad (9)$$

Donde D_{LK} , B_{LK} , D_{HK} , y B_{HK} representan los flujos molares en el destilado y fondos de los componentes clave ligero y pesado respectivamente.

Ecuación de Underwood

El reflujo mínimo sirve como condición límite para conocer a partir de qué valor de reflujo se puede operar una columna (Toro, 2013).

Underwood (1948) desarrolló un ingenioso procedimiento algebraico para determinar la relación de reflujo mínimo (R_{min}), definiendo una raíz común (θ) entre las ecuaciones 10 y 11.

$$\sum_{i=1}^c \frac{\alpha_{i,F} * z_i}{\alpha_{i,F} - \theta} = 1 - q \quad (10)$$

$$\sum_{i=1}^c \frac{\alpha_{i,F} * y_i}{\alpha_{i,F} - \theta} = 1 + R_{min} \quad (11)$$

Donde q es la fracción de líquido en la corriente de alimentación.

Para encontrar la raíz común de las ecuaciones anteriores se utilizó el método de Newton Raphson.

Ecuación de Gilliland

La ecuación empírica de Gilliland (12) nos permite calcular el número de etapas ideales (N) para un reflujo real (R), ya que para alcanzar una separación entre dos componentes clave, tanto la relación de reflujo, como el número de etapas teóricas tienen que ser superior a sus valores mínimos.

$$\frac{N - N_{min}}{N + 1} = 1 - \exp \left[\left(\frac{1 + 54.4X}{11 + 117.2X} \right) \left(\frac{X-1}{X^{0.5}} \right) \right] \quad (12)$$

$$X = \frac{R - R_{min}}{R + 1} \quad (13)$$

El valor óptimo de la relación de reflujo R/R_{min} es aproximadamente 1.05.

En la práctica cuando se requieren pocas etapas se diseñan para un valor de R/R_{min} de 1.50, si se desea un alto número de etapas se toma de 1.10 y para casos intermedios es comúnmente utilizado como 1.30. (Henley y Seader, 2000).

Ecuación de Kirkbride

Para determinar la localización del plato de alimentación se utilizó la ecuación empírica de Kirkbride (14)

$$\frac{N_R}{N_S} = \left[\left(\frac{z_{HK}}{z_{LK}} \right) \left(\frac{x_{LK}}{y_{HK}} \right)^2 \left(\frac{B}{D} \right) \right]^{0.206} \quad (14)$$

Donde N_R y N_S son las etapas de equilibrio de la sección de rectificación y agotamiento respectivamente.

Algoritmo computacional

En la figura 1 se muestra el algoritmo desarrollado en el lenguaje de Matlab® para el diseño de columnas de destilación de mezclas multicomponentes por el método FUGk.

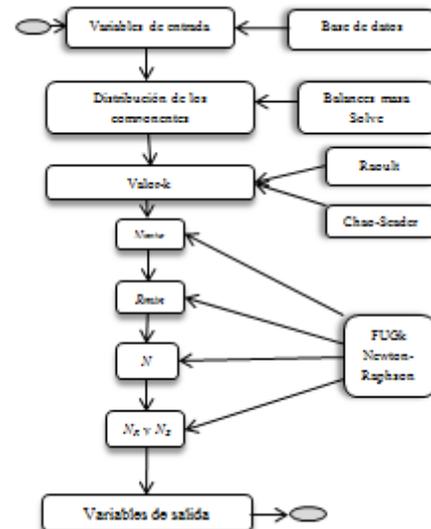


Figura 1 Secuencia de algoritmo Matlab®

Esta herramienta es útil para la simulación tanto de mezclas binarias como multicomponentes, permite considerar comportamiento ideal y no ideal en la fase de vapor y además cuenta con una extensa base de datos que comprende 176 componentes con sus respectivas propiedades y constantes.

Resultados

Implementación de la herramienta computacional en Matlab®

Una vez desarrollada la herramienta computacional de diseño en el lenguaje de Matlab®, se deben realizar simulaciones para comprobar la confiabilidad del método aplicado y del algoritmo de solución propuesto. Las variables de entrada y salida que se visualizan en la herramienta computacional se muestran en la tabla 1.

VARIABLES DE ENTRADA	
c	Número de componentes
Com	Tipo de componentes
F	Flujo de alimentación de la mezcla
z_i	Composición de la alimentación
P	Presión de operación de la columna
f_{LK}	Fracción de recuperación del clave ligero en el domo
f_{HK}	Fracción de recuperación del clave pesado en el fondo
VARIABLES DE SALIDA	
x_i, y_i	Distribución de componentes en domo y fondo
Tr, Tb	Temperatura de burbuja y rocío
N_{min}	Número mínimo de platos
R_{min}	Reflujo mínimo
N	Numero de platos teóricos
N_R	Número de platos de la sección de rectificación
N_S	Número de platos sección de agotamiento

Tabla 1 Variables de entrada y salida de la herramienta computacional.

Caso 1

En la tabla 2 se muestran las variables de entrada consideradas para la simulación de una mezcla multicomponentes.

Variables de entrada		Composición (z_i)	
Presión	80 psi	Isobutano	0.0137
Temperatura	82.2°C	n-butano	0.5112
f_{LK}	98.66%	Isopentano	0.0411
f_{HK}	63.88%	n-pentano	0.0171
		n-hexáno	0.0262
Flujo	876.3 kmol/h	n-heptáno	0.0446
		n-octano	0.3106
Componentes	8	n-nonano	0.0354

Tabla 2 Condiciones de entrada de mezcla multicomponente. Fuente: (Henley y Seader, 2000)

Los resultados obtenidos fueron comparados con los reportados en Henley y Seader, 2000, (ver tabla 3).

Variables de Salida	Herramienta computacional en MATLAB®	Henley y Seader, 2000	% de error
N_{min}	6.23	8.88	29.84
N	17.60	17.85	1.4
N_R	5.42	5.63	3.73
N_S	12.10	12.64	4.27
D (Kmol/h)	466.98	467.8	0.17
B (Kmol/h)	409.32	408.5	0.2

Tabla 3 Comparación de resultados obtenidos en la simulación de una mezcla multicomponente.

Caso 2

En la tabla 4 se muestran las variables de entrada consideradas para la simulación de una mezcla binaria.

Variables de entrada		Composición (Zi)	
Presión	1 atm		
Temperatura	24.85 °C		0.5
f_{LK}	93%	Etanol	
f_{HK}	95%	n-propanol	0.5
Flujo	100 kmol/h		
Número de Componentes	2		

Tabla 4 Condiciones de entrada de mezcla binaria.

Los resultados obtenidos fueron comparados con los calculados en el software comercial Aspen Plus®, (ver tabla 5).

Variables de Salida	Herramienta computacional de MATLAB®	Aspen Plus®	% de error
N _{min}	7.42	7.09	4.4
N	16.32	16.72	2.3
N _R	8.43	8.17	3.18
N _S	7.89	-----	-----
D(Kmol/h)	49	50	2
B(Kmol/h)	51	50	2

Tabla 5 Comparación de resultados obtenidos en la simulación de una mezcla binaria.

En base a los resultados reportados en las tablas 3 y 5 se observa que la herramienta desarrollada en Matlab® representa un algoritmo de solución confiable tanto para mezclas binarias como multicomponentes, ya que los resultados obtenidos mediante dicha herramienta son comparables con los reportados en la literatura y los calculados con un software comercial como lo es Aspen Plus®.

Con respecto a los resultados obtenidos para la variable N_{min} en la simulación con la herramienta en Matlab® y los reportados en la literatura (tabla 3), se observa un porcentaje de error alto, esto se debe a que en la literatura los valores-k fueron tomados de un gráfico reportado por Bachelor (1975) para mezcla de hidrocarburos con comportamiento ideal para diferentes temperaturas.

Sin embargo en la herramienta que aquí se presenta estos valores pueden ser calculados por la ecuación de Antione o bien por la correlación de Chao-seader y ecuación de Redlich-Kwong para comportamiento ideal o no ideal según sea el caso.

Conclusiones

En este trabajo se presentó una herramienta de diseño de columnas de destilación por el método FUGk desarrollada en el software de Matlab®, la confiabilidad de su implementación se demostró comparando los resultados obtenidos en la simulación de 2 casos de estudio con los obtenidos en la literatura y software comercial.

La herramienta propuesta tiene las ventajas de que nos permite el cálculo de variables preliminares de diseño para separación de mezclas tanto binarias como multicomponentes con número par e impar de componente, nos da la opción de elegir si la mezcla tiene o no comportamiento ideal y es de simple aplicación para el usuario. Una de sus limitantes es que su base de datos solo tiene 176 componentes, sin embargo, es una buena cantidad y esta puede ser ampliada.

Además esta herramienta le brinda al usuario la posibilidad de ejecutar complicados cálculos del campo de la destilación en cuestión de segundos, lo cual le permite realizar análisis de variables de diseño y hacer evaluaciones críticas de los resultados obtenidos facilitando la comprensión de los procesos de enseñanza-aprendizaje.

Referencias

Bachelor, J. B. (1975). Petroleum refiner. 36(6), 161-170.

Cardona, A. C., Rincón, A. S., Muños, I. C. (2006). Simulation of a reactive distillation column for butyl-acetate synthesis. REVISTA Universidad EAFIT. 42(142), 79-87.

Henley, J., Seader, J. (2000). Operaciones de Separación por Etapas de Equilibrio en Ingeniería Química. México: Reverté.

Luyben, W. (1996). Process Modeling, Simulation and Control for Chemical Engineers. McGraw Hill International Editions.

Narváez, G. A., Zavala, L. J., Rocha, U. A., Rubio, A. C. (2013). Método corto para la destilación discontinua multicomponente considerando una política de reflujo variable. Revista mexicana de Ingeniería Química. 12(3), 621-637. ISSN 1665-2738.

Prausnitz, J. M., Edmister W. C., Chao, K. C. (1960). Hydrocarbon vapor-liquid equilibria and solubility parameter. AIChE Journal. 6(2), 214-219.

Sanchez, M. F (2006). Aplicación del método de punto de burbuja en el diseño de columnas de destilación. Conciencia Tecnológica. (31), 62-66. ISSN 1405-5597.

Toro, C. (2013). Métodos Matemáticos Avanzados para la Modelación y Simulación de Equipos para Procesos Químicos y Biotecnológicos. Tesis de Doctorado, Universidad Nacional de Colombia.

Underwood, A. J. (1948), Fractional Distillation of Multi-Component Mixtures. Chemical Engineering Progress, Vol. 44, no. 8, 1948.

Zavala, L. J. (2004). Optimización del proceso de destilación discontinua. Tesis de Doctorado del Instituto Tecnológico de Celaya.

Propuesta para el aprovechamiento de lactosuero en el Valle del Mezquital

TREJO-TREJO, Elia†, TREJO-TREJO, Natalia & ZUÑIGA-MORALES, Jonatan

Universidad Tecnológica del Valle del Mezquital, Carretera, Ixmiquilpan-Capula Km.4 Colonia el Nith, Ixmiquilpan, Hgo., C.P. 42300.

Recibido 20 de Abril, 2015; Aceptado 11 de Junio, 2015

Resumen

El suero o lactosuero, subproducto de la industria láctea, representa entre el 80 – 90 % del volumen total de la leche que va a ser procesada y contiene aproximadamente el 50 % de los nutrientes de la leche original: proteínas solubles, lactosa, vitaminas y sales minerales. En la actualidad, en el Valle del Mezquital ubicado en el estado de Hidalgo alrededor de un 30% de microempresas de lácteos aprovechan el lactosuero, el resto lo desecha al drenaje provocando deterioro en suelos y mantos acuíferos y desde luego supone una pérdida económica para la misma microempresa. Por consiguiente, es importante que la industria de quesería tenga un portafolio de opciones con el fin adicional de no contaminar el medio ambiente y de recuperar, con creces, el valor monetario del lactosuero.

La propuesta consiste en el desarrollo, en una primera etapa de tres nuevos productos (formulación e imagen comercial) queso rikota, queso tipo petit suisse y bebida fermentada. Para el desarrollo de los nuevos productos se realizó un diagnóstico de infraestructura, equipamiento y procesos de producción de una microempresa piloto. Destaca que en la propuesta desarrollada se plantea como principal estrategia aprovechar la capacidad instalada y la planeación de la producción. La tecnología desarrollada habrá de transferirse a 35 microempresas queseras del Valle del Mezquital.

Lactosuero, aprovechamiento, nuevos productos.

Abstract

The whey, a byproduct of the dairy industry, accounts for 80-90% of the total volume of milk to be processed and contains approximately 50% of the nutrients of the original milk: soluble proteins, lactose, vitamins and minerals. Today, in the Valle del Mezquital located in the state of Hidalgo about 30% of micro dairy whey advantage, the rest discarded to drain causing deterioration in soils and aquifers and certainly represents an economic loss for the same microenterprise. It is therefore important that the dairy industry has a portfolio of options with the additional order not to pollute the environment and to recover, by far, the monetary value of whey.

The proposal is to develop, in a first stage of three new products (formulation and trade dress) rikota cheese, *petit suisse* and fermented beverage. For the development of new products a diagnosis of infrastructure, equipment and production processes of a pilot micro performed. Stresses that in the developed proposal is presented as main strategy leverage the installed capacity and production planning. The developed technology will be transferred to 35 microenterprisesMezquital Valley.

Whey, utilization, new products.

Citación: TREJO-TREJO, Elia, TREJO-TREJO, Natalia & ZUÑIGA-MORALES, Jonatan. Propuesta para el aprovechamiento de lactosuero en el Valle del Mezquital. Revista de Tecnología e Innovación 2015, 2-3:581-594

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

El sector lácteo del Valle del Mezquital es altamente dinámico, formado por productores y procesadores de leche. Una de las características principales que se pueden mencionar dentro de este sector es que un 80% de la leche producida proviene de pequeños y medianos productores o ganaderos que cuentan con menos de 30 cabezas y un máximo de 60. Por otro lado, en cuanto al procesamiento de la leche se estima que el 90% de la leche producida es procesada por productores que en su mayoría utilizan sistemas rudimentarios de producción.

Dentro de esta importante actividad económica es sustancial mencionar los principales problemas que se crean dentro de esta industria, como lo es la generación constante de suero de leche, el cual hasta hace poco tiempo era considerado como un desperdicio. Sin embargo, importantes estudios desarrollados a nivel internacional han permitido comprobar que esta materia generada en el procesamiento de quesos, posee excelentes propiedades nutritivas que lo convierten en una importante materia prima. Por otro lado, un inadecuado manejo de este residuo genera un grave problema ambiental por los elevados niveles de DBO y DBQ que se generan en su entorno y que contribuyen al deterioro de la flora y fauna.

El interés por utilizar al lactosuero como fuente de materia prima para la elaboración de alimentos es debido a que está constituido por componentes de elevado valor nutricional (proteínas, azúcares, sales). En ese sentido, grandes industrias lácteas están obteniendo suero concentrado, suponiendo una fuerte inversión económica.

Para las microempresas lácteas la posibilidad de adquirir la tecnología para obtener el suero en polvo o concentrado está asociada directamente con su capacidad financiera.

En la actualidad existen diversas tecnologías que pueden ser utilizadas para el aprovechamiento de los componentes del lactosuero, como la recuperación de proteínas y lactosa, o el secado por aspersión. Sin embargo, debido a sus altos costos el sector quesero del Valle del Mezquital difícilmente puede acceder a estas alternativas, ya que esta industria está fundamentalmente constituida por queserías de pequeño o mediano tamaño que no disponen de los recursos para la adquisición de la infraestructura necesaria para llevar a cabo un aprovechamiento o tratamiento eficaz de este lactosuero.

Por consiguiente, es importante que la industria de quesería tenga un portafolio de opciones de bajo costo para usar el lactosuero como base de alimentos, preferentemente para el consumo humano, con el fin adicional de no contaminar el medio ambiente y de recuperar, con creces, el valor monetario del lactosuero.

En atención a lo descrito y con la finalidad de lograr el propósito señalado el presente proyecto busca “Desarrollar una nueva cadena alimenticia que valore el suero de leche, fuente de generación de empleo e ingresos para el Valle del Mezquital, reduciendo el impacto ambiental de la actividad lechera y ampliando el abánico de productos ofertados al consumidor”.

En este sentido, se presenta como caso particular el trabajo realizado con una microempresa, donde se desarrollan tres nuevos procesos aprovechando el lactosuero.

La estrategia de trabajo consistió en el desarrollo de los nuevos productos, el aprovechamiento de la capacidad instalada y la planeación de la producción. Con lo anterior, se logra aprovechar alrededor de 3000 L de suero que anteriormente eran desechados al drenaje municipal.

Es importante destacar que el proyecto desarrollado en la microempresa en cuestión habrá de ser transferido a las más de 35 industrias queseras ubicadas en el Valle del Mezquital las que en suma procesan alrededor de 150 mil litros de leche por día lo que supone una derrama entre 100 mil y 120 mil litros de suero por día. Entonces, con la transferencia del conocimiento generado se contribuye a reducir los niveles de contaminación y mejorar la rentabilidad de las microempresas de la región.

Revision de literatura

La producción de leche en el estado de Hidalgo ha cobrado importancia en los últimos años, tan es así que a partir del 2003 se ocupa a nivel nacional el octavo lugar de producción, participando con 4.4% de la producción nacional. SAGARPA (2012) reporta que Hidalgo produce 1 millón 140 mil litros de leche por día, con un inventario de 190 mil cabezas de ganado. Lo anterior ha permitido el desarrollo de tres cuencas lecheras importantes: Tizayuca, Valle de Tulancingo y Mezquital; en las dos primeras, las empresas Nestlé, LALA y Alpura son las principales acopiadoras del lacticio, el que posteriormente utilizan para la producción de derivados lácteos y leche pasteurizada. En el Valle de Mezquital es la industria quesera artesanal la principal acopiadora, y el destino de la leche es la elaboración de diferentes tipos de quesos, crema y requesón; se reporta que más del 60% de la producción estatal se transforma a quesos (Análisis sector lácteo, 2010).

Para el Valle del Mezquital la industria quesera es un sector de importancia dado que son fuente de ingreso y empleo. Sin embargo, la producción de quesos asocia la problemática del uso del suero o lactosuero.

El lactosuero es un subproducto que se genera en la industria láctea, sus principales componentes son la lactosa, proteínas y algunos minerales. Se distinguen dos tipos de lactosuero según la acidez (Jeantet *et al.*, 2005): lactosuero ácido, producto de la fabricación de quesos de pasta fresca y pasta blanda, así como de la fabricación de caseína; lactosuero dulce, producido por otro tipo de queserías (pastas prensadas y pastas cocidas) y por los fabricantes de caseínas al cuajo.

Al lactosuero se le han dado algunos usos tradicionales como alimento para animales y fabricación de requesón, éstos no parecen suficientes considerando las grandes cantidades que se producen, dado que de cada litro de leche que se procesa en las queserías entre el 80 y 90% es desechado en forma de suero. Al no tener opciones de procesamiento, lo que se hace es desecharlo dentro de las descargas de aguas residuales de las empresas. Con esta acción, se tiene una pérdida de una fuente de alimentación y se causan serios problemas de contaminación, ya que el lactosuero contiene una alta carga orgánica con valores de Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) de 40000-60000 mg/L y Demanda Química de Oxígeno (DQO) de 50000 a 80000 mg/L (Ben-Hassan; Ghaly, 1994). Malaspina et al (1996) refieren que más del 90% del lactosuero proviene de la lactosa. Adicionalmente, el no aprovechar el lactosuero supone una pérdida económica.

En el Valle del Mezquital, se tienen registrados alrededor de 35 industrias procesadoras de lácteos, en su mayoría utilizan sistemas rudimentarios para la producción de los mismos, los volúmenes de procesamiento de leche de bovino oscila entre 125 y 150 mil litros por día, lo que supone una producción de lactosuero 100 mil y 120 mil litros de suero por día (CEL, 2014). Más de la mitad de la leche que se procesa es utilizada para la producción de queso tipo Oaxaca, mientras que el volumen restante se utiliza en la elaboración de crema y queso tipo panela, manchego y botanero.

Lactosuero, subproducto de las queserías

El lactosuero es definido como “la sustancia líquida obtenida por separación del coágulo de leche en la elaboración de queso” (Foegeding y Luck, 2002). Es un líquido translúcido verde obtenido de la leche después de la precipitación de la caseína (Jelen, 2003).

Existen varios tipos de lactosuero dependiendo principalmente de la eliminación de la caseína, el primero denominado dulce, está basado en la coagulación por la renina a pH 6,5. El segundo llamado ácido resulta del proceso de fermentación o adición de ácidos orgánicos o ácidos minerales para coagular la caseína como en la elaboración de quesos frescos (Jelen, 2003). En cualquiera de los dos tipos de lactosuero obtenidos, se estima que por cada kg de queso se producen 9 kg de lactosuero, esto representa cerca del 85-90% del volumen de la leche y contiene aproximadamente el 55% de sus nutrientes (Liu *et al.*, 2005). Entre los más abundantes de estos nutrientes están la lactosa (4,5-5% p/v), proteínas solubles (0,6-0,8% p/v), lípidos (0,4-0,5% p/v) y sales minerales (8-10% de extracto seco) (Muñi *et al.*, 2005; Panesar *et al.*, 2007). Presenta una cantidad rica de minerales donde sobresale el potasio, seguido del calcio, fósforo, sodio y magnesio.

Cuenta también con vitaminas del grupo B (tiamina, ácido pantoténico, riboflavina, piridoxina, ácido nicotínico, cobalamina) y ácido ascórbico.

Desechos sólidos generados durante la producción de queso

Durante la producción de queso, una gran porción de sólidos se pierde por el drenaje. Estos sólidos pueden ser recolectados y vendidos como alimento para animales, si se remueve la cuajada completamente de las bateas antes de lavarlas e instalando filtros en los drenajes. En el área de empaque de quesos, se pueden recolectar por separado del resto de desechos sólidos, los cortes residuales, las partículas pequeñas y sobrantes para ser usados como materia prima para quesos procesados (donde existe esta alternativa) o vendidos como alimento para animales. De esta manera, una parte significativa del desecho sólido de la producción de quesos puede ser reutilizada. Al mismo tiempo, se reduce la carga orgánica en el efluente causada por sólidos suspendidos.

Problema ambiental de la industria láctea

En el Valle del Mezquital el ciclo de producción en la industria láctea tiene su inicio en las unidades de producción pecuarias, con la obtención de la leche por medio del ordeño de las vacas. La Leche cruda debe de ser transportada de forma inmediata hacia los centros de acopio o a las plantas procesadoras (microempresas), las cuales se encargan de elaborar los diferentes productos y derivados de la leche (queso oaxaca, panela, manchego, botanero, entre otros). Durante dicho proceso de elaboración se generan adicionalmente diferentes tipos de desecho y emisiones que causan impactos ambientales significativos.

Finalmente las empresas distribuidoras de productos lácteos en cooperación con las plantas procesadoras, son las encargadas de hacer llegar el o los productos hacia los consumidores finales.

La industria láctea genera cantidades significativas de residuos líquidos, mayormente leche diluida, leche separada, crema y suero, incluyendo grasas, aceites, sólidos suspendidos y nitrógeno. La descarga de éstos sin tratamiento previo se convierte en un foco contaminante. Los lavados contienen residuos alcalinos y químicos utilizados para remover la leche y los productos lácteos; así como materiales total o parcialmente caramelizados de los tanques, tambos, latas mantequeras, tinas, tuberías, bombas, salidas calientes y pisos (Cuevas y Espinosa; 2010).

Aprovechamiento del lactosuero

El suero representa entre el 80 – 90 % del volumen total de la leche que va a ser procesada y contiene aproximadamente el 50 % de los nutrientes de la leche original: proteínas solubles, lactosa, vitaminas y sales minerales. Debido al elevado porcentaje de proteínas hidrosolubles que contiene, particularmente el suero de queso, se encontró que a través de su tratamiento con distintas tecnologías pueden obtenerse concentrados proteicos de amplia aplicación en la industria alimentaria.

Entre los principales subproductos se encuentran el suero en polvo, suero en polvo desmineralizado, lactosa en polvo, suero en polvo deslactosado y suero reducido en lactosa (Reduced Lactose Whey – RLW), aislados proteicos de suero (Whey Protein Isolates – WPI), proteínas concentradas de suero (Whey Protein Concentrates – WPC), lactalbumina y suero permeado (Whey Permeate – WP).

Debido a la funcionalidad tecnológica que poseen algunos de estos concentrados proteicos se los utiliza como ingredientes en la formulación de nuevos productos en diversos sectores alimentarios y de bebidas y como reemplazo o alternativa a otros ingredientes tradicionales. Para la obtención del suero en polvo se requiere equipo especializado lo que refiere una inversión por parte de la empresa.

En relación con los derivados del suero en la elaboración de alimentos se pueden mencionar, lactosuero líquido para bebidas, proteínas del suero lácteo en sus formas de concentrados proteicos y aislados en alimentos lácteos (helados, yogures, productos untables y de bajas calorías), productos cárnicos (carne procesadas, embutidos), panificados (bases para pasteles, galletitas, barras nutritivas), confitería (chocolates, coberturas, caramelos) y bebidas (mezclas con cacao, crema para café, bebidas para deportistas); lactosa para alimentos dietéticos, dulces y productos farmacéuticos.

Metodología

Se trabajó con una microempresa ubicada en Ixmiquilpan, Hgo. Misma que está consolidada en el giro agroindustrial de transformación. La microempresa procesa en promedio 3900 L de leche/día, de los cuales el porcentaje de producción es el siguiente: Queso tipo Oaxaca en un 75%, tipo Manchego un 5%; Botanero 5%, Panela 10% y Ranchero 5%. Por lo que el suero se obtiene directamente de estos procesos, específicamente del derivado de queso Oaxaca y una vez que es obtenido se mantiene en refrigeración para evitar su descomposición y se procede de forma inmediata a la elaboración de nuevos productos.

Para poder desarrollar los productos que forman la nueva cadena, se realizaron las siguientes actividades.

Caracterización del suero lácteo: Se caracterizó el suero crudo utilizando métodos estándar AOAC para los análisis fisicoquímico (pH, densidad) y bromatológico (proteínas por el método de Kjeldahl, grasas mediante el método Gerber y cenizas por gravimetría). Todos los análisis se realizan por triplicado reportándolos con medias y desviaciones estándar.

Diagnóstico de la microempresa: Con la finalidad de decidir los productos a elaborar a partir del lactosuero se procedió a realizar un diagnóstico de la microempresa para determinar el equipamiento con el que actualmente cuenta así como su localización en el área de producción. Asimismo, se analizó la producción y métodos de trabajo con los que actualmente se desempeña la empresa. Derivado del diagnóstico se presenta al microempresario un catálogo de productos derivados de suero para que el microempresario decida los nuevos productos a desarrollar.

De igual manera se analizan los procesos que actualmente tiene la empresa para proponer la interacción entre procesos y la planeación de la producción.

Desarrollo de los productos y procesos de los nuevos productos: Para el desarrollo de los nuevos productos se realizaron pruebas con diferentes formulaciones hasta encontrar la que cumpla con las especificaciones técnicas marcadas en NOM-035-SSA1-1993. Una vez que se tuvo la formulación se procedió a realizar el análisis fisicoquímico y sensorial.

Para el análisis fisicoquímico se determinó:

Acidez: Por titulación con NaOH 0.1 N y expresada como porcentaje de ácido cítrico siguiendo lo indicado por Hart y Fisher (1991).

Cenizas: Por incineración de la muestra a 550°C en horno de mufla; Marca Vulcan A-550 de acuerdo a Hart (1998).

Extracto etéreo: Se determinó mediante extracción con éter de petróleo P.E. 40 – 60°C en un equipo Soxhlet.

Fibra cruda: Por el método de la oxidación e hidrólisis ácida sugerido por Schmidt-Hebbel (1981).

Hidratos de carbono: Se determinaron por diferencia según método de la AOAC (1993).

Humedad: Se determinó en estufa; Marca Felisa según método de Hart y Fisher (1991).

pH: Potenciométricamente con un pH-metro; Marca OAKTON WD-35801-00 mod. 2000 de acuerdo a AOAC (1993).

Proteínas: Mediante el método de Kjeldahl con un equipo Marca BÜCHI B-323 siguiendo el procedimiento AOAC, 1999.

Sólidos solubles: Con un refractómetro tipo Abbe; Marca Carl-Zeiss y se expresó como °Brix AOAC (1993).

Sólidos insolubles: Por diferencia de sólidos totales – sólidos solubles.

Se realizó el análisis sensorial de los nuevos productos para lo cual se desarrollaron pruebas de aceptación y preferencia siguiendo los lineamientos de las Normas ISO 13299:2003 y Meilgaard (2007).

Finalmente se determinaron los costos de implantación y desarrollo.

Resultados

Caracterización del lactosuero

Con la finalidad de conocer las características del lactosuero derivado de la producción de quesos en la microempresa de trabajo, se determinó el pH, la densidad, porcentaje de proteínas, grasas y cenizas. Para tener un parámetro de calidad se comparó con la calidad de la leche a la entrada del proceso. De esta manera en la tabla 1 se reportan los resultados. Destaca su contenido proteico; además, las proteínas presentes en el lactosuero son globulares solubles en agua, no coagulables y son separadas de la cuajada, de forma manual en la leche; entre ellas se encuentran lactoalbúminas, lactoglobulinas, inmunoglobulinas, lactoferrina, proteasa-peptonas y lacto peroxidas, las cuales permanecen en el suero tras la acidificación de la leche a pH = 4.6 ó por la acción del cuajo; no interviniendo en la formación de la cuajada, razón por la que también se les denomina proteínas séricas. Se detectan en el suero de quesería una vez separado del gel por tecnologías clásicas. Algunos autores reportan que estas proteínas tienen efectos biológicos, que van desde un efecto anti cancerígeno hasta efectos en la función digestiva (Madrid y Cenzano, 1995; Grasselli et al., 1997; McIntosh et al., 1998; Inda, 2000; Mehra et al., 2006; Wakabayashi et al., 2006; Marcelo y Rizvi, 2008). En alimentos, algunas de sus propiedades utilizadas son su funcionamiento como a) emulsificantes muy efectivas, b) Solubles a pH bajos, c) apropiadas en productos acidificados, d) buena capacidad de gelatinización; e) aumentan la viscosidad y f) termolabilidad y precipitando progresivamente con los tratamientos térmicos (Patocka et al., 1993; McIntosh et al., 1998; Steffl et al., 1999; Modler y Emmons, 2001; Mehra et al., 2006; Wakabayashi et al., 2006; Marcelo y Rizvi, 2008).

Parámetro	Valor
pH	6.12±0.01
Densidad (g/mL)	1.021±0.020
Proteína (%)	0.86±0.04
Grasa (% -v/v)	0.32±0.03
Cenizas (% p/p)	0.61±0.03

Tabla 1 Caracterización fisicoquímica del lactosuero sin tratamiento.

Diagnóstico de la microempresa

Como resultado de esta etapa se tiene que actualmente la microempresa procesa 3900 L de leche por día elaborando queso tipo Oaxaca, rancharo, manchego, panela y botanera. Mismos que tienen como punto de venta los estados de San Luis Potosí, Puebla, Querétaro e Hidalgo. La microempresa cuenta con un total de 613 m² distribuidos en las áreas de almacén de materia prima, producción, almacén de producto terminado, oficinal, comedor y (tabla 2 y figura 1).

Parámetro	m ²
Almacén de materia prima	60
Área de producción	232
Sanitarios	54
Comedor	72
Oficinas	87
Almacén de producto terminado	62
Control de la calidad	46
TOTAL	613

Tabla 2 Dimensiones de las áreas de la microempresa.

El área de producción cuenta con malaxadora, marmitas, caldera, tinas de cuajado, mesas de trabajo, cámara frigorífica, tanque enfriador, pasteurizador y básculas. Equipo básico pero suficiente para la elaboración de los diferentes tipos de quesos que se elaboran en la microempresa.

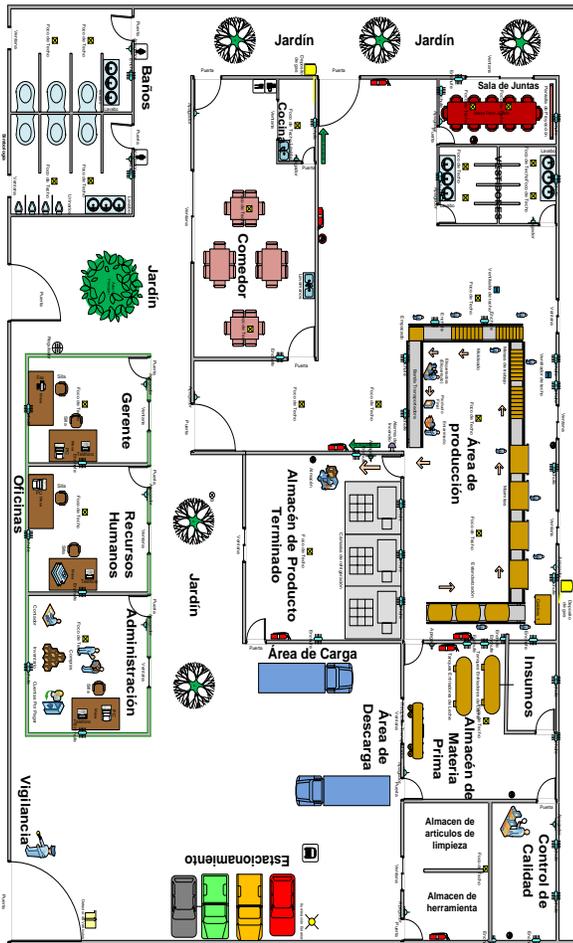


Figura 1 Distribución de planta de la microempresa.

En términos generales, el proceso inicia con la pasteurización y homogeneización de la leche. A la leche se le agregan cultivos lácticos de acuerdo al tipo de queso a producir, lo que además requiere, en ciertas ocasiones, de un tiempo de maduración o refrigeración. Posteriormente, se lleva a cabo la adición de cuajo que hace coagular la caseína de la leche; operación que puede verificarse a diferentes temperaturas (25-40 °C), lo que afectará el grado de compactación de la cuajada que se forma.

El suero generado es separado de la cuajada, a la que además se agrega sal con el objetivo de mejorar el sabor y asegurar la conservación del queso a producir. La cuajada se introduce en moldes para dar la forma al queso y favorecer la eliminación del suero que aún contiene, en la etapa de prensado. Finalmente y después de un período en refrigeración, el queso es cortado a mano y empacado, generalmente al vacío (figura 2).

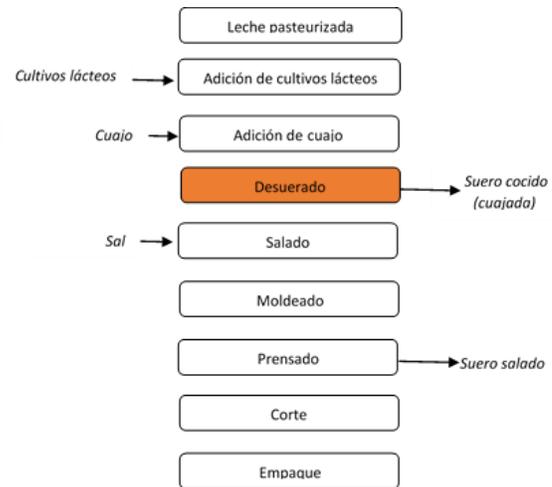


Figura 2 Procesamiento general de fabricación de queso.

Los resultados del diagnóstico de la microempresa en torno a infraestructura, equipamiento permitieron mostrar al microempresario una cartera de productos a desarrollar. Sin embarfo, dadas las características de la microempresa y con la finalidad de no requerir inversión para infraestructura y equipamiento el empresario optó por elaborar en una primera etapa queso Rikota, queso petit suisse y una bebida fermentada (propuesta explicada en el presente documento); en una segunda etapa flan, base para helados y papilla para bebe y en una tercera etapa suero en polvo.

Para el desarrollo de los tres nuevos productos se propone utilizar los recursos materiales y humanos con los que dispone la microempresa. En consecuencia la innovación en procesos y productos se convierte en una estrategia para que la microempresa mejore su nivel de competitividad y el desarrollo de una nueva línea de producción dando valor agregado a la industria láctea.

Desarrollo de nuevos productos

Para atender el desarrollo de los productos derivados del lactosuero (bebida fermentada, queso rikota y queso tipo petit suisse) fue necesario considerar los procesos de producción actuales de la microempresa así como los nuevos procesos de tal manera que se que se establezca la interacción entre los mismos. Del proceso original (figura 2) destaca el desuerado pues a partir de ella se estarían elaborando los nuevos productos. Es decir, de los 3900 L de leche que procesa diariamente la microempresa se está obteniendo 780 Kg de queso (Oaxaca, botanero, rancharo, manchego y panela). Resultado de esta producción se desechan 3120 L de lactosuero por lo cual para mejorar la relatabilidad de la empresa y disminuir los niveles de contaminación ocasionados por sus procesos se establece que con el volumen de lactosuero desechado se elabore queso rikota (54.8 Kg), quesos tipo petit suisse (54.8 Kg) y una bebida fermentada (585 L). Es importante destacar que los tipos de productos y los volúmenes destinados a cada uno de ellos responden a las necesidades de venta detectadas por el microempresario. Asimismo, para la elaboración de los productos se utiliza la infraestructura con la que actualmente cuenta la empresa solo se hace la planeación de la producción. El proceso de producción del queso rikota, petit suisse y la bebida fermentada se describen en la figura 3.

Durante el desarrollo de los nuevos productos se busco el cumplimiento de las normas oficiales que regulan la calidad e inocuidad de los productos NMX-F-092-1970, NMX-F-099-1970, NMX-F-111-1984, NMX-F-733-COFOCALEC-2013, NMX-F-742-COFOCALEC-2012, NMX-F-745-COFOCALEC-2011.

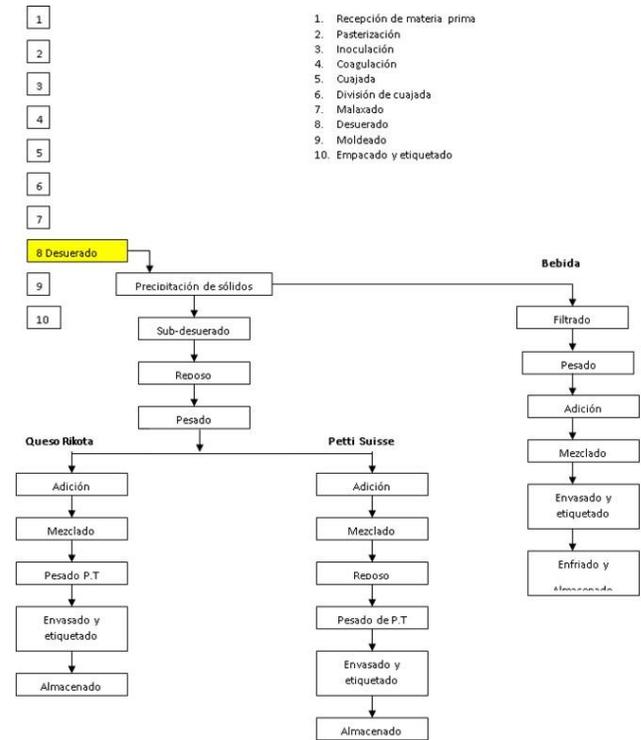


Figura 3 Proceso de producción de productos derivados de lactosuero.

Toda vez que se tuvieron las formulaciones de los nuevos productos se corrieron los análisis fisicoquímicos y microbiológicos, los primeros para la obtención de las tablas nutrimentales (figura 4, 5 y 6) y los segundos para garantizar su inocuidad (tabla 3). Adicionalmente se realizó el análisis sensorial de aceptación, agrado e intención de compra, misma que se aplicó a los clientes y consumidores actuales de la microempresa, encontrándose que en un rango de 87-92% de los clientes aceptan el producto y estarían dispuestos a adquirirlo (tabla 4).

Análisis	Resultado			Referencia NOM-184- SSA1-2002
	Rikota	Bebida	Pettit	
<i>Salmonella spp.</i>	0	0	0	Ausente en 25 mL
<i>Staphylococcus aureus</i>	0	0	0	< 10 UFC/mL en siembra directa
Coliformes totales	0	0	0	20(UFC /g)

Tabla 3 Análisis microbiológico a los productos derivados del lactosuero.

Tipo de prueba	Producto derivado de lactosuero		
	Bebida fermentada	Queso tipo petit suisse	Queso Rikota
Aceptación	+	+	+
Agrado	+	+	+
Intención de compra	+	+	+

Tabla 4 Análisis sensorial para los productos derivados del lactosuero.

Con la finalidad de mejorar la imagen comercial del producto se desarrollaron las etiquetas de los productos (figura 7, 8 y 9). La presentación comercial sugerida fue para el queso rikota de 400 g; el *pettit suisse* 100 g y la bebida fermentada de 400 g.

Tabla Nutricional			
Contenido por porción (g):	100		
Porciones por presentación:	1		
Cantidad por porción.			
Contenido energético (kcal)	316.1		
% de la ingesta diaria*			
Agua	50		
Total de grasas (g)	26.0	40%	
Minerales (g)	1.0 g		
Total de carbohidratos (g)	0.5 g	0%	
Fibra dietética(g)	0.0	0%	
Proteínas (g)	20.0 g		
*Los porcentajes de ingesta diaria están basados en una dieta de 2000 calorías. Sus valores diarios pueden ser mayores o menores dependiendo las calorías.			
	Calorías	2,000	2,500
Grasa total	Menos de	65 g	80 g
Total de carbohidratos		300 g	375 g
Calorías por gramo			
Grasa 9	Carbohidratos 4	Proteínas 4	

Figura 4 Tabla nutricional para queso tipo petit suisse

Tabla Nutricional			
Contenido por porción (g):	100		
Porciones por presentación:	1		
Cantidad por porción.			
Contenido energético (kcal)	316.1		
% de la ingesta diaria*			
Agua	50		
Total de grasas (g)	26.0	40%	
Minerales (g)	1.0 g		
Total de carbohidratos (g)	0.5 g	0%	
Fibra dietética(g)	0.0	0%	
Proteínas (g)	20.0 g		
*Los porcentajes de ingesta diaria están basados en una dieta de 2000 calorías. Sus valores diarios pueden ser mayores o menores dependiendo las calorías.			
	Calorías	2,000	2,500
Grasa total	Menos de	65 g	80 g
Total de carbohidratos		300 g	375 g
Calorías por gramo			
Grasa 9	Carbohidratos 4	Proteínas 4	

Figura 5 Tabla nutricional para bebida fermentada.

Tabla Nutricional		
Contenido por porción (g):	100	
Porciones por presentación:	1	
Cantidad por porción.		
Contenido energético (kcal)	113.1	
% de la ingesta diaria*		
Total de grasas (g)	2.1	3%
Minerales (g)	0.1	
Total de carbohidratos (g)	19.0	6%
Fibra dietética(g)	0.6 2%	
Proteínas (g)	0.0	
*Los porcentajes de ingesta diaria están basados en una dieta de 2000 calorías. Sus valores diarios pueden ser mayores o menores dependiendo las calorías.		
Calorías	2,000	2,500
Grasa total	Menos de 65 g	80 g
Total de carbohidratos	300 g	375 g
Fibra dietética	25 g	30 g
Calorías por gramo		
Grasa 9	Carbohidratos 4	Proteínas 4

Figura 6 Tabla nutricional para queso Rikota.



Figura 8 Etiqueta para imagen comercial del queso petit suisse.



Figura 7 Etiqueta para imagen comercial del queso Rikota.



Figura 9 Etiqueta para imagen comercial de la bebida fermentada.

En atención a la planeación de la producción se estableció un calendario de producción semanal (figura 7), cuidando que la producción base (queso Oaxaca, panela, manchego y rancharo) se mantenga, dado que habrán de continuar con el sostenimiento económico de la microempresa añadiendo un valor agregado a la producción de los nuevos productos a base de lactosuero.

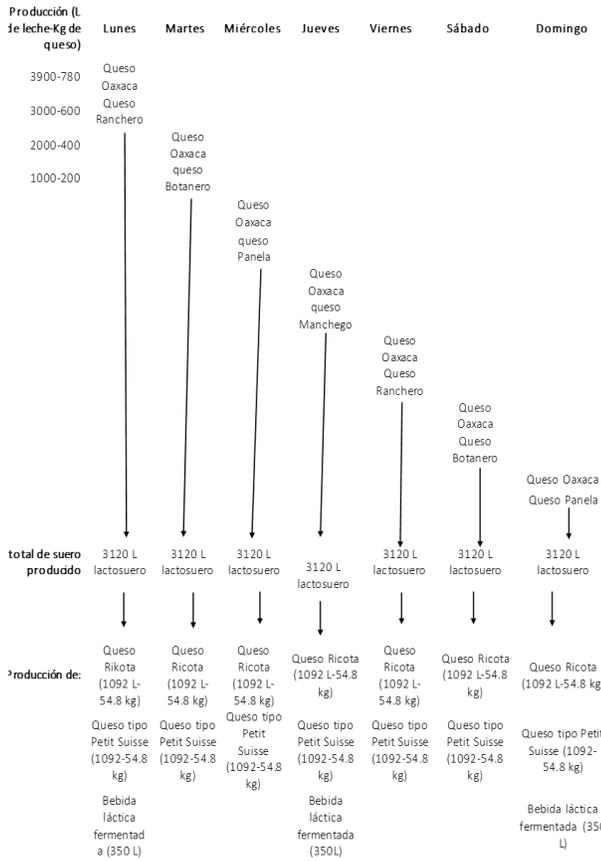


Figura 10 Planeación de la producción (quesos y productos derivados de lactosuero).

Con la planeación de la producción se determinó un incremento de la capacidad instalada de un 56% a un 84%, sin necesidad de adquirir nuevo equipo. Solo es necesaria la contratación de 2 obreros para el proceso.

De igual manera no se requirieron modificaciones a las líneas de producción, conservándose el equipo como actualmente se dispone.

El desarrollo del proyecto busca el aprovechamiento del lactosuero, subproducto de la elaboración de quesos, así como la disminución del impacto ambiental al evitar su derrama al drenaje municipal y suelo. En ese sentido y dado que se reporta el trabajo realizado específicamente con una microempresa el impacto se presenta primero para la microempresa y posteriormente a nivel regional.

Dado que la propuesta de aprovechamiento busca por un lado elevar la competitividad de la microempresa y por el otro reducir los niveles de contaminación por desechar el subproducto se tiene que actualmente la microempresa, al año, derrama en promedio 1'142,086.4 L de lactosuero lo cual provoca daños fuentes de deterioro al medio ambiente dado que el suero lácteo produce una DQO de aproximadamente 55,200 mg/L (0.0552 Kg/L) y una DBO de aproximadamente 34,500 mg/L (PNUMA, 2002). Entonces 1 Kg de lactosa supone 1.13 Kg DQO, 1 Kg de proteína equivale a 1.36 Kg DQO y 1 Kg de grasa a 3 Kg de DQO (Alcion, 2005). Para 1'142,086.4 L de suero se requiere DQO 63,038 Kg/año y DBO 39,399 Kg/año.

Si se considera que el proyecto habrá de transferirse al menos 19 queserías (54% de las registradas) se tendrá un efecto multiplicador en la disminución del impacto ambiental. Es decir, si en promedio procesan 5000 L de leche por día desechándose alrededor de 3000 a 4000 L de lactosuero por día la cantidad de DQO de 165.6 Kg y DBO 103.5 Kg teniéndose al año un total de DQO 49500 Kg y DBO 30900 por quesería las 19 queserías requerirían de 940500 Kg de DQO y 587100 Kg de DBO.

Conclusiones

Se reporta una investigación que ha tenido como prioridad la resolución de problema de valorizar el suero para, de este modo, apoyar la competitividad interna y externa y la rentabilidad de las queserías del Valle del Mezquital. Como beneficio secundario, a corto y mediano plazo para la elaboración de los nuevos procesos se estará generando al menos una nueva oferta de empleo pero sobre todo se evitará el deterioro de suelos y mantos acuíferos recursos naturales de interés para toda la sociedad de la Región del Valle del Mezquital.

La propuesta desarrollada para la empresa básicamente consistió en el aprovechamiento del lactosuero, mismo que desechaba así como mejorar la capacidad instalada de los equipos y planear la producción. Adicionalmente, se cuidó que los nuevos productos fueran del agrado de los consumidores verificado a través de pruebas de análisis sensorial de preferencia y aceptación; asimismo, se garantizó el cumplimiento de las normas y/o parámetros de calidad, seguridad y protección del medio ambiente.

La incorporación significativa de otras queserías a la utilización de nuevos productos derivados del lactosuero tendrá impactos positivos en el plano económico, social y ambiental. En lo socioeconómico, por la generación de riqueza, ingresos y empleos que dará lugar el crecimiento de las microempresas por diversificación de productos a base de lactosuero. En lo ambiental, porque se mitiga el problema de efluentes líquidos contaminantes que ha da lugar el vertido de lactosuero de las queserías a los suelos y mantos acuíferos.

Referencias

AOAC Internacional. (1993) Official methods of analysis of AOAC International. AOAC. 991.20 - FIL 20B 1993

Análisis Sector Lácteo-SAGARPA. (2010). Fortalecimiento del Comité Nacional Sistema-Producto Bovino Leche. Documento de Trabajo Plan Rector del Comité Nacional Sistema Producto Bovino Leche. Coordinación General de Ganadería, (CGG). México.

Ben-Hassan, R.M.; Ghaly A.E. (1994). Continuous propagation of *Kluyveromyces fragilis* in cheese whey for pollution potential reduction. *Appl. Biochem. Biotechnol.* 47:89–105.

Comisión Estatal de la Leche (CEL). (2014) Centros de acopio y productividad. Consultado el 01 de Agosto de 2014 disponible en red en <http://s-agricultura.hgo.gob.mx/descargables/comisionleche.ppt>

Cuevas,R.V.; Espinosa, G. J.A. (2010). *La cadena agroalimentaria de leche de vaca en el estado de Hidalgo: Diagnóstico y prospección al año 2020*. INIFAP. México.

Foegeding, E. and P. Luck. (2002). Whey protein products. 1957-1960. In: Caballero, B., L. Trugo, P. Finglas (eds.). *Encyclopedia of Foods Sciences and Nutrition*. Academic Press, New York.

Jelen, P. (2003). *Whey processing. Utilization and Products*. 2739-2745. In: H. Roginski, J.W. Fuquay and P.F. Fox (eds.). *Encyclopedia of Dairy Sciences*. Academic Press, London, UK.

Liu, X., K. Chung, S. Yang and A. Yousef. (2005). Continuous nisin production in laboratory media and whey permeate by immobilized *Lactococcus lactis*. *Journal Process Biochemistry* 40: 13-24.

Malaspina F, Cellamare CM, Tilche A. (1996). Anaerobic treatment of cheese-whey with a downflow-upflow hybrid reactor. *Bioresource Technology* 55:131–139.

Muñi, A., G. Paez, J. Faría, J. Ferrer y E. Ramones. (2005). Eficiencia de un sistema de ultrafiltración/nanofiltración tangencial en serie para el fraccionamiento y concentración del lactosuero. *Revista Científica* 15(4): 361–367.

NMX-F-092-1970. Calidad para quesos procesados.

NMX-F-099-1970. Método de prueba para la determinación de pH en quesos procesados.

NMX-F-111-1984. Alimentos - lácteos - determinación de sólidos totales en quesos.

NMX-F-745-COFOCALEC-2011. Sistema producto leche-alimentos-lácteos-queso cheddar-denominación, especificaciones y métodos de prueba (cancela a la nmx-f-093-1985).

NMX-F-733-COFOCALEC-2013. Sistema producto leche-alimentos-lácteos-queso Oaxaca-denominación, especificaciones y métodos de prueba.

NMX-F-742-COFOCALEC-2012. Sistema producto leche-alimentos-lácteos-queso panela-denominación, especificaciones y métodos de prueba

Panesar, P., J. Kennedy, D. Gandhi and K. Bunko. (2007). Bioutilisation of whey for lactic acid production. *Food Chemistry* 105: 1-14.

SAGARPA. 2012. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. *Boletín Leche*, mayo-junio. México. pp 7-75.

Impacto de la Medición de Energía Inteligente en la ciudad de Querétaro - piloto el Marquez

SANCHEZ-ROJO, Rubén†, ZAPATA-PERUSQUIA, Raúl, SANTIAGO-ZARAGOZA, María de Lourdes & ESCORZA-SANCHEZ, Marysol

Universidad Tecnológica del Valle del Mezquital. Carr. Ixmiquilpan-Capula Km. 4, Col. El Nith. C.P. 42300 Ixmiquilpan, Hgo.

Recibido 6 de Abril, 2015; Aceptado 4 de Junio, 2015

Resumen

El presente proyecto describe la obtención de una patente adquirida como resultado de la invención de un dispositivo (hardware) y creación de software especializado que tiene la finalidad de recolectar y almacenar información en una Unidad Concentradora de Datos (UCD) de diversos medidores de energía eléctrica del tipo AMI a través de sistemas de comunicación inalámbricos tales como: red Mesh, Wi-Fi, PLC, celular, radio y frecuencia. Esta infraestructura permite como prueba piloto actualmente en el Marquez de la ciudad de Querétaro realizar el acceso a los datos de cada uno de estos medidores de energía en tiempo real de manera remota y geo referenciada por medio de un software especializado API desarrollado en lenguaje C, que los presenta de manera gráfica en una HMI (web ProtCloud). La información generada permite detectar y disminuir los diversos fraudes en el consumo de electricidad a las que son expuestas las compañías de distribución de energía y contribuye a la toma de decisiones de las mismas.

SmartGrid, SmartMetering, UCD

Abstract

This project describes the preparation of a patent acquired as a result of the invention of a device (hardware environment) and creation of specialized software that has the purpose to collect and store information in a Data Concentrator Unit (UCD) of various energy meters electric AMI type. This, through wireless communication systems such as Mesh, Wi-Fi, PLC, cellular, radio frequency, etc. Network. This infrastructure now allows Marquez in Queretaro City to perform data access each of these energy meters in real time remotely and geo-referenced apoyadose specialized software developed in C language API, which presents these data graphically in a HMI (web ProtCloud). The information generated to detect and reduce fraud various electricity consumption that are exposed to the power distribution companies and contributes to decision making thereof.

SmartGrid, SmartMetering, UCD

Citación: SANCHEZ-ROJO, Rubén, ZAPATA-PERUSQUIA, Raúl, SANTIAGO-ZARAGOZA, María de Lourdes & ESCORZA-SANCHEZ, Marysol. Impacto de la Medición de Energía Inteligente en la ciudad de Querétaro - piloto el Marquez. Revista de Tecnología e Innovación 2015, 2-3:595-604

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Estado del arte

El sector global de la energía está viviendo en los últimos años una auténtica revolución en todas partes del mundo por lo que cada vez se incorporan y aprovechan a las tecnologías de información e infraestructura de redes para evitar las pérdidas que erosionan las compañías energéticas por el mal manejo de los usuarios en sus medidores de luz y anomalías diversas presentadas^{1,7,9}. De esta manera, como parte de la investigación preliminar se analizaron las características de las tecnologías existentes que realizan lecturas en medidores de energía eléctrica de las cuales se cuentan con patentes con la intención de dar referencia de alto grado de innovación que presenta la infraestructura de hardware y software creada como parte del presente proyecto.

La información que se presenta a continuación fue extraída del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (2014) en la consulta de documentos de patentes recuperados de la base de datos SIGA³, de la base de datos PatFT de Estados Unidos (USPTO)⁴, Oficina europea de patentes^{2,5} y Organización Mundial de la Propiedad Industrial (OMPI / WIPO)⁶

La patente US20040083066 obtenida el 29 de Abril de 2004 constituye un método individual de medición del uso de energía eléctrica para el seguimiento de gases de efecto invernadero reducida utilizando medidor de potencia eléctrica a distancia.

A diferencia de nuestro UDC, no cuenta con un sistema operativo basado en Linux, tampoco tiene un sistema geo-referenciado. Por otra parte no dispone de un sistema de poleo que interroga a los medidores del tipo AMI y carece de sistema de comunicaciones ZigBee, FO, 3G, PLC.

La empresa China Zodicom Limited desarrolla y comercializa el UDC modelo ZM6380 que tiene la finalidad de poder recolectar información de medidores inteligentes AMI utiliza solamente un sistema operativo Linux 2.6 y realiza la recolección de datos a través de PLC, puerto LAN, RS232 y opcionalmente por GSM/GPRS.

La patente 6687258 B1 (Telecommunications system with a switching facility and a data concentrator for providing access to the internet) reporta un sistema de comunicación para internet con intercambio de paquetes de datos y una unidad concentradora de datos (UDC), pero su propósito es más destinado a el almacenamiento de direcciones de IP para internet. Por lo que se puede observar que la principal limitante de la patente 6687258 es que no que almacena datos de lecturas de medidores de energía eléctrica, solo direcciones IP.

La patente 5852658A (Remote Meter Reading System) incluye un sistema para la monitorización remota automática y la grabación de las lecturas del medidor de utilidad, que comprende un lector de medidor electrónico (EMR) para acumular los recuentos de lecturas de una pluralidad de contadores de servicios públicos, un concentrador de datos que recoge recuentos de lecturas acumulados de la EMR, una interfaz telefónica para la colocación de un primera llamada de datos de la EMR para el concentrador de datos a través de una línea telefónica disponible, un ordenador de facturación conectado al concentrador de datos, y un módem para la colocación de una segunda llamada de datos incluyendo los recuentos de lecturas acumulados desde el concentrador de datos al ordenador de facturación utilizando teléfono estándar servicio.

El EMR conecta a tres líneas telefónicas, y determina si cada una de la pluralidad de las líneas telefónicas está disponible para realizar una llamada de datos. El concentrador de datos envía los datos de configuración de la EMR en la conclusión de una llamada de datos.

Se puede notar que la patente 5852658A no ofrece comunicación por fibra óptica, por PLC, ni 3G, tampoco contiene un software para gestión de información como el propuesto para el UCD de nuestro proyecto.

Por otra parte, la patente 5896097A tiene un sistema que proporciona una manera de utilizar un único canal de RF en un sistema de lectura de celular con el fin de evitar la interferencia del concentrador de célula adyacente mientras se reduce el tiempo total requerido para llevar a cabo las tareas repetitivas tales como: lectura del medidor y la realización de encuesta de carga. Sin embargo, no incluye diversas formas de poder comunicarse como lo puede ser PLC, fibra óptica y celular entre otros y no cuenta con aplicaciones en Linux que permitan realizar el poleo de datos de los medidores asignados.

Con respecto a la patente No. 5892758 (Concentrated Subscriber Wirelees Remote Telemetry System) se reporta un sistema de medición remota basado en dispositivos de comunicación inalámbrica que obtienen lecturas de parámetros eléctricos y realizan acciones de control en tiempo real. El sistema se integra por un controlador central, una unidad de comunicación remota inalámbrica y por una unidad de medición de parámetros eléctricos con comunicación a través de la red eléctrica (como las utilizadas por la tecnología CEBUS). Es aplicable en las empresas de servicio eléctrico para transmitir remotamente información de consumos y de condiciones de falla del servicio eléctrico de usuarios residenciales y comerciales.

La unidad de medición obtiene la información de los parámetros eléctricos y los transmite por la red eléctrica a la unidad de comunicación inalámbrica, la cual a su vez los envía al concentrador central por su propio medio. Este sistema incluye capacidades de comunicación a través de medios inalámbricos y la red eléctrica.

La patente anterior presenta ciertas desventajas entre ellas es que no ofrece una plataforma robusta y fiable para la comunicación entre los medidores inteligentes, Head-end y MDMS (sistemas de gestión de datos de medición) en el centro de control.

La patente número 5459459 (Methods and apparatus for transmitting data from an energy meter) reporta un sistema de medición y transmisión de datos de medidores de energía eléctrica relacionados con el consumo de energía, tiempo de uso y perfiles de carga. Se integra por medidores electrónicos como elementos de medición y registro de datos de consumo, por una unidad de comunicación basada en un micro controlador que incluye un MODEM PLC con tecnología CEBUS y un puerto óptico y por un dispositivo lector de datos (computadora portátil o terminal de mano lector de datos). El sistema mide consumos de usuarios y genera su correspondiente perfil de carga en cronológico. Se accede a esta información desde una terminal de mano o una computadora portátil la cual realiza la concentración de datos de todos los medidores, la unidad de comunicación detecta únicamente interrupciones de energía y con base en ello realiza la detención de las transferencias de información y almacenamiento en memoria no volátil de los datos y parámetros de operación relevantes. La lectura de datos de medición se realiza desde una computadora que es un equipo de propósito general configurada como lector y concentrador de datos.

Sin embargo, no cuenta fibra óptica para transmisión de datos, tarjeta de comunicación para red mesh, 3G, PLC, tampoco permite la comunicación por radio frecuencia.

Se observa que aunque existen productos tecnológicos en el mercado que realizan lecturas a medidores de energía y son similares, ninguno posee las características de innovación descritas en este trabajo.

Antecedentes

Este proyecto de investigación surge como parte de una estancia académica con vinculación con la empresa Protecsa Ingeniería⁸ ubicada en la ciudad de Querétaro que es punta de lanza en el desarrollo tecnológico de medidores de energía eléctrica tipo AMI. En ella se están ejecutando los diversos procesos que realizan la lectura a medidores de energía eléctrica de manera remota y geo referenciada y que hasta el día de hoy continúan en funcionamiento en el Márquez, Qro., para la entrega final de la factura de consumo a cada uno de los usuarios del servicio.

Marco Teorico

Una Unidad Concentradora de Datos (UCD) tiene la finalidad de recolectar y almacenar diversas variables de datos explotados directamente del medidor de energía eléctrica tipo AMI de manera remota y a través de redes inalámbricas de comunicación del tipo mesh, sin la necesidad de tener en sitio físico a personal que realice éste tipo de mediciones de una manera manual.

Problemática

Hoy en día compañías de energía a nivel nacional y mundial están apostando a desarrollos tecnológicos que den solución a problemas que eviten la pérdida de ingresos por fraudes ocasionados por los usuarios del servicio específicamente en procesos de medición y facturación de consumos de energía eléctrica de establecimientos comerciales, casas habitación y residenciales^{6,7}.

Son cada vez más los usuarios que hacen uso ilícito de este servicio lo que repercute en la calidad de éste en los suministros de energía eléctrica conectados al mismo transformador. Lo anterior, puede adicionalmente provocar pérdidas materiales a causa de algún incendio en el inmueble del infractor, inclusive en la zona cercana; así como pérdidas de millones de pesos anuales a las compañías distribuidoras de energía y quejas de terceros (usuarios del servicio eléctrico que son afectados).

Los crecientes desarrollos en tecnologías de la información dirigidos a campos de comunicaciones inalámbricas (Mesh, Wimax, Wi-Fi, celular, etc) y trabajo en la nube (cloud computing) entre otros están permitiendo integrar soluciones de hardware y software que en conjunto brindan aplicaciones integrales a la medida de las necesidades que demandan éste tipo de compañías que brindan el servicio de electricidad.

El objetivo del presente proyecto fue crear software especializado para realizar la lectura y almacenamiento de variables de medición en medidores de energía eléctrica de tipo AMI de manera remota y geo referenciado en tiempo real a través de aplicación HMI (web ProtCloud).

Con la finalidad de detectar y disminuir los diversos fraudes en el consumo de electricidad a los que son expuestas las compañías de distribución de energía mediante una Unidad Concentradora de Datos (UCD).

Justificación.

En este proyecto se empleó una Unidad Concentradora de Datos debido a las siguientes ventajas: 1) poder detectar fraudes de energía mediante la recolección de información de los medidores de energía eléctrica en tiempo real; 2) tener la ubicación geo referenciada de cada medidor por secciones, zonas y estados para poder activar/desactivar la energía de cualquier domicilio al momento que este genere algún adeudo; y 3) detectar diversas anomalías que suceden en el momento de que los usuarios las generan (por ejemplo: inversión de medidor, uso de diablitos, detección de cambios no habituales de consumo, demanda máxima, reducción de consumo). Todo esto gracias a la configuración de alarmas de niveles de consumo que se disparan cuando existe un desbalance de energía fuera del consumo habitual.

En este proyecto la Unidad Concentradora de Datos realiza la recolección de los mismos a través de una red Mesh y una PLC con comunicación y transmisión de datos a la central a través de fibra óptica 3G.

Adicionalmente como valor agregado dentro de la UCD se incluye un software que permite realizar el poleo constante de cada uno de los medidores que son integrados a cada UCD. La función principal de este software es permitir visualizar a través de un navegador web la información recolectada de cada uno de los medidores de energía eléctrica de una manera gráfica y en tiempo real, lo que permite tomar decisiones de una manera rápida y efectiva.

También brinda la geo referenciación de cada uno de los medidores, permite la lectura remota de variables de estado y valores de consumo energético.

Otras de las ventajas de la UCD empleada en este trabajo son 1) poder controlar los medidores inteligentes a través de diversas formas de comunicación como: líneas eléctricas y / o redes de radiofrecuencia, 2) la retroalimentación de información del medidor que se puede transmitir a través de redes Ethernet/fibra/BPL/3G al sitio central lo que hace fácil el establecimiento de la red para la gestión remota de contadores y vigilancia y 3) la capacidad de ser geo referenciado y visualizado por medio de un navegador web.

Metodología

La metodología técnica que se empleó para el desarrollo de la aplicación es prototipos. El trabajo inició en el mes de julio de 2013 y concluyó en febrero de 2015.

Se utilizaron los modelos de regresión AR Y MA Metodología Box-Jenkins mostrados en la imagen 1.

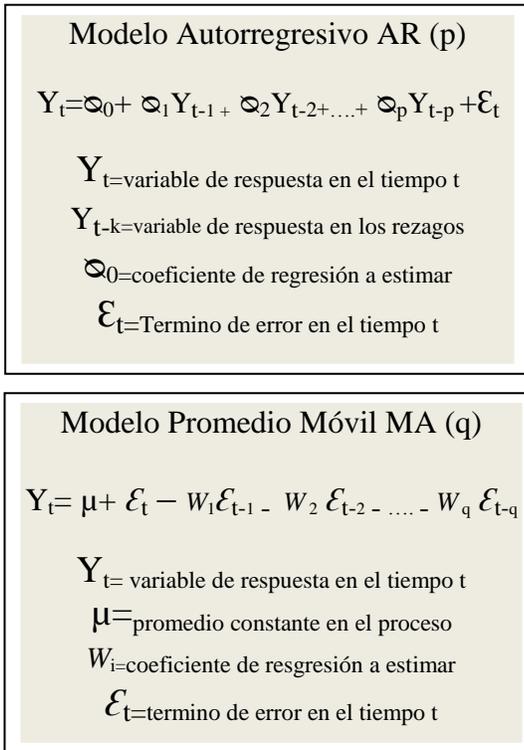


Figura 1 Modelos de regresión AR Y MA Metodología

Así como también, se emplearon métodos de predicción de la demanda de energía eléctrica comparando consumos históricos del proyecto piloto, modelo matemático de Predicción Single and Multiple Step-Ahead Prediction (SSP-Estático (imagen 2), MSP-Dinámico (imagen 3)), uso de Metodologías Box-Jenkins (ARIMA) y RNA/AE-FS-EPNet/DEM.

Pronóstico	Entradas
Y_{t+1}	X_t, X_{t-1}, X_{t-2}
Y_{t+2}	X_{t+1}, X_t, X_{t-1}
Y_{t+3}	X_{t+2}, X_{t+1}, X_t
Y_{t+4}	$X_{t+3}, X_{t+2}, X_{t-1}$

Tabla 1 Pronóstico dentro de la Muestra

Pronóstico	Entradas
Y_{t+1}	X_t, X_{t-1}, X_{t-2}
Y_{t+2}	X_{t+1}, X_t, X_{t-1}
Y_{t+3}	X_{t+2}, X_{t+1}, X_t
Y_{t+4}	$X_{t+3}, X_{t+2}, X_{t-1}$

Tabla 2 Pronóstico fuera de la Muestra –Datos desconocidos Múltiple Step-Ahead Prediction (MSP) Pronóstico Dinámico

Por otra parte, se utilizó un modelo de redes neuronales que permite el cálculo dinámico del consumo de energía eléctrica por cada usuario. La arquitectura de predicción fue diseñada mediante red neuronal artificial inspirada en métodos de resolución problemas que permite una mayor precisión bajo el principio de un algoritmo genérico que determina el consumo eléctrico.

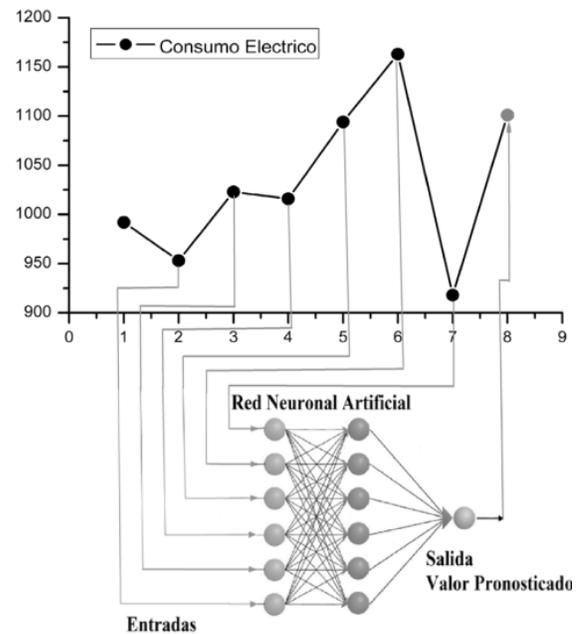


Gráfico 1 Red Neuronal Artificial.

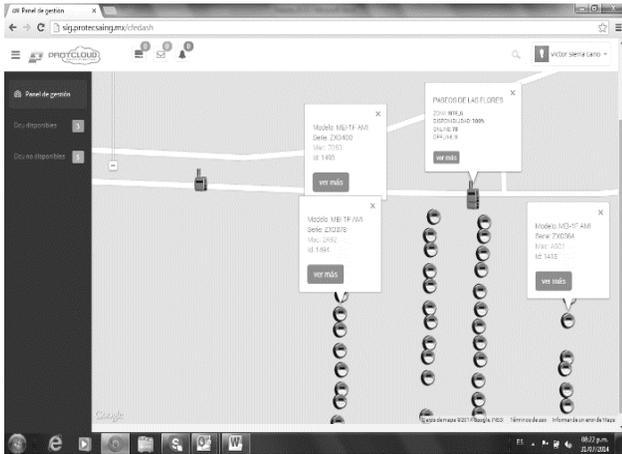


Figura 4 Pantalla de ubicación geo referencia de medidores de energía eléctrica.

c.- La detección de fraudes de energía se realiza a través del UCD y la API. Se tiene la capacidad de identificar anomalías en tiempo real tales como: retiro o inversión de medidor, instalación de diablitos, tomas clandestinas, pérdidas de energía por parte de cada uno de los medidores de energía eléctrica instalados en casa-habitación, zonas residenciales o locales comerciales. También se puede detectar cambios no habituales de consumo que afectan el balance de energía a través de un medidor virtual, la medición del ramal o cualquier otro dispositivo instalado en los circuitos de alimentación general a las zonas a medir. Lo que permite conocer la demanda máxima y reducción de consumo.

d.- La integración y gestión de los activos de la red de distribución: seccionadores, restauradores, transformadores e interruptores.

e.- La interrogación de cada uno de los medidores de energía eléctrica de manera remota y el almacenamiento de los datos dentro de la UCD.

f. La HMI que tiene la finalidad de presentar de una manera gráfica toda la información recolectada de cada uno de los medidores y almacenarla en una base de datos.

Con esta HMI se podría tener la capacidad de poder geo referenciar a cada una de las UCD instaladas en cada país, estados o municipios con sus respectivos medidores asignados a cada.



Figura 5 Pantalla principal de HMI (web ProtCloud).

g.- Actualización de manera remota del firmware (componente electrónico) de los medidores de energía eléctrica a través de la UCD.

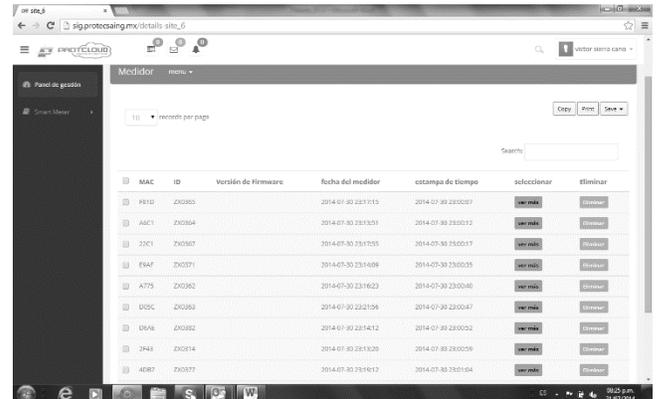


Figura 6 Pantalla de despliegue de medidores asignados a UCD.

La infraestructura creada en este proyecto incluye:

Una Unidad Concentradora de Datos (DCU-8620) que como ya se menciono recolecta información de cada uno de los medidores que son asignados a cada UCD, estos valores son accedados a través de un programa software que realiza el poleo continuo y en tiempo real de cada uno de los medidores, para posteriormente ser almacenados en memoria de almacenamiento secundaria del UCD.

Posteriormente a través de otro programa de software los datos son enviados al servidor de aplicaciones y almacenados en la base de datos para ser procesados por un HMI, que es una herramienta de software que tiene la capacidad de poder representar en forma gráfica y de manera amigable cada uno de los datos recolectados de los medidores relacionados a cada UCD.

El DCU-8620 es un concentrador de datos el cual ofrece una plataforma robusta y fiable para la comunicación entre los medidores inteligentes, Head-end y MDMS (sistemas de gestión de datos de medición) en el centro de control. El DCU puede controlar los medidores inteligentes a través de diversas formas comunicación, como la líneas eléctricas y / o redes de Radiofrecuencia. A demás la retroalimentación de información del medidor se puede transmitir a través de redes Ethernet/Fibra/BPL/3G al sitio central, lo que hace fácil el establecimiento de la red para la gestión remota de contadores y vigilancia.

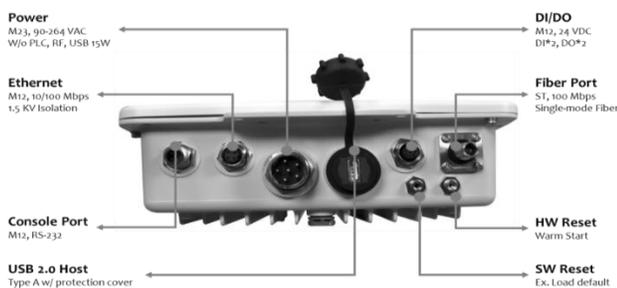


Figura 7 Vista inferior UCD.

El UCD tiene las siguientes características técnicas:

- Robusto, recinto IP66 con conectores apretados
- Soporte de Celular, Ethernet, Fibra o MV BPL para comunicarse con Head-end.
- Soporte LV BPL / NPL, Wi-Fi, RS-485 o ZigBee para comunicarse con medidores
- Soporte Linux OS con VPN, SSL
- -30 A 70 ° C de temperatura de funcionamiento para ambiente hostil

La comunicación Meter la realiza mediante Ethernet LAN: Auto-detección 10/100Mbps x 1, conector M12, con 1,5 KV protección de aislamiento magnético. LV BPLC (opcional): Base DS2 NPLC (opcional): Base G3 ZigBee (opcional): cumplimiento 802.15.4.

La comunicación WAN se establece a través de cable Ethernet (opcional): Modo o multimodo de fibra individual Con base DS2: MV BPLC (opcional) 3G (opcional): GSM / GPRS / UMTS

La UCD también tiene niveles de potencia donde el rango de entrada es de 90-264 VAC y frecuencia de 50/60Hz \pm 5%, incluye una batería de reserva con tarjeta de copia de seguridad durante 5 minutos.

Conclusiones

El sistema de infraestructura obtenida posee una tecnología de medición avanzada que actualmente permite la detección del uso indebido de la energía eléctrica mejorando la economía, seguridad y eficiencia de la misma.

Referencias

CNN (2014). México pierde 29,000 mdp por robo de luz. Disponible en <http://www.cnnexpansion.com/economia/2014/08/20/mexico-pierde-29000-mdp-por-robo-de-luz>.

Espacenet (2014). Oficina Española de Patentes y marcas. Acceso libre a 80 millones de documentos de patentes de todo el mundo disponible en http://www.oepm.es/cs/OEPMSite/contenidos/Folleto/Espacenet/EPO_espacenet/EPO_espacenet.html.

Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial. (2014). Documentos de patentes recuperado de la base de datos siga. Bases de datos de consulta disponible en <http://siga.impi.gob.mx>.

Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial. (2014). Bases de datos de otras oficinas de patentes de propiedad industrial. Estados Unidos (USPTO). Documentos de patentes recuperados desde la base de datos PatFT: Patents (uspto) disponible en <http://patft.uspto.gov/>.

5. Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial. (2014). Bases de datos de otras oficinas de patentes de propiedad industrial. Oficina europea de patentes (oep / epo). Documentos de patentes recuperados desde la base de datos espacenet disponible en <https://www.epo.org/searching/free/espacenet.html>.

Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial. (2014). Organización Mundial de la Propiedad Industrial (OMPI / WIPO) Documentos de patentes recuperados desde la base de datos de Solicitudes PCT (Patent Scope) disponible en <https://patentscope.wipo.int/search/en/search.jsf>

Noticieros.televisa (2015). CFE pierde 14% de energía eléctrica por robos y fallas. Disponible en: <http://noticieros.televisa.com/mexico/1503/cfe-pierde-14-energia-electrica-robos-fallas/>.

Protecsa Ingeniería (2015). Disponible en: <http://protecsaing.mx/>.

Secretaría de energía (2013). Estrategía Nacional de Energía 2013-2027. Disponible en: http://www.sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/2013/ENE_2013-2027.pdf.

Desarrollo de Multi-Sitio (Web) para el Procesamiento de Datos de Cromatografía en Transformadores de Potencia

JURADO-PEREZ, Fernando†, PEREZ-SALAS, Osvaldo, GONZALES-CABRERA, Nestor & TORREZ-JIMENEZ, Jacinto

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

¹*CFE Division de distribución Bajío Guanajuato Gto. .*

Recibido 22 de Abril 2015; Aceptado 10 de Junio, 2015

Resumen

En la presente investigación se desarrolla un sistema informático Multi-sitio (web) en el cual las zonas de distribución de la División del Bajío de la CFE capturan los datos obtenidos del muestreo del aceite proveniente de aproximadamente 265 transformadores de potencia que se encuentran en el ámbito territorial de dicha división.

La interfaz permite obtener un informe imprimible por transformador de potencia en el que se puede obtener el histórico del análisis cromatográfico de todos los transformadores de potencia de la División de Distribución Bajío además de que se gráfica el seguimiento por cada gas y se discrimina entre las diferentes posibilidades que tiene el gas de estar en límites permisibles o bien se requiera la intervención de un operador del sistema.

Computación de alto desempeño, ASP, SQL Server 2000, Bases de Datos, IIS, Aplicaciones Técnicas, Acceso Público.

Abstract

In the present investigation, a Multi-Site (web) computer system in which distribution areas Division CFE Bajío capture data from the sampling of oil from about 265 power transformers that are in the developed territorial scope of that division.

The interface allows a printable report power transformer in which you can get the historic chromatographic analysis of all power transformers Distribution Division Bajío addition to the monitoring graphic for each gas and discriminate between different possibilities for the gas to be in permissible limits or the intervention of a system operator required.

High performance computing, ASP, SQL Server 2000 Database, IIS, Technical Applications, Public Access.

Citación: JURADO-PEREZ, Fernando, PEREZ-SALAS, Osvaldo, GONZALES-CABRERA, Nestor & TORREZ-JIMENEZ, Jacinto. Desarrollo de Multi-Sitio (Web) para el Procesamiento de Datos de Cromatografía en Transformadores de Potencia. Revista de Tecnología e Innovación 2015, 2-3:605-611

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

La físico química, el análisis cromatográfico y en general las ciencias aplicadas requieren procesos computacionales de alto desempeño, muy en particular modelos de análisis cromatograficos que han desarrollados con computación de alto desempeño y que de manera experimental en este caso de campo aportan gran cantidad de datos para poder predecir el comportamiento de los transformadores de potencia, Lo cual ha hecho necesario el almacenamiento a base de datos de dicha información con la característica fundamental de que dicha información debe ser accesible al público en general.

En este desarrollo se describe los scripts generados en asp (active server page) y las bases de datos generadas en SQL server 2000 que soportan las interfaces gráficas utilizadas para el posible acceso al publico de los datos cromatograficos de los transformadores de potencia (Núñez Esteban, Ed. Eidos).

Estos sistemas son administrados por el Internet Information Server IIS, soportado por un servidor Windows server 2012, Con las siguientes características físicas procesador Pentium IV 2.80 GHz, 4 Gb de RAM, Marca Lanix.

En la Figura 1 se observa cómo se desarrolla el análisis del sistema de datos mediante un flujo para el análisis de cromatografía de gases del Departamento de Operación y Mantenimiento de la División de Distribución Bajío; posteriormente se presenta el diagrama de flujo de la creación del sistema así como imágenes del mismo.

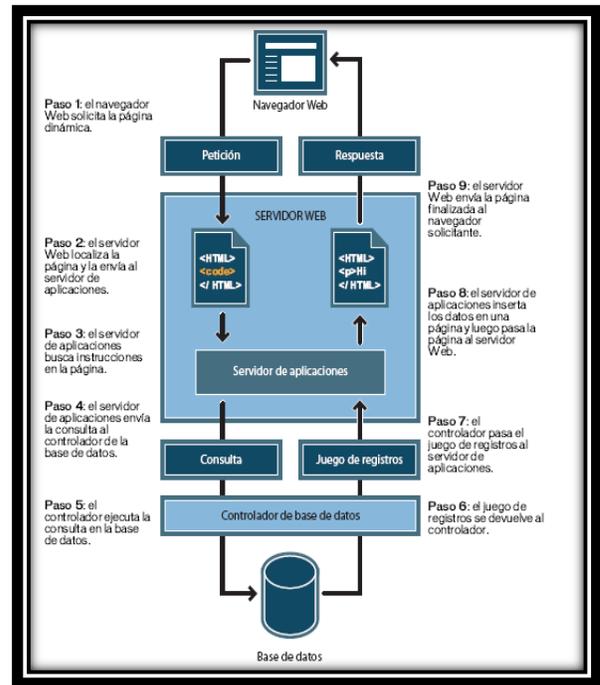


Figura 1 Sistema para el análisis de los datos de cromatografía de gases

Interface Utilizada para el Acceso al Público de los Datos Obtenidos de la Cromatografía de Gases de Transformadores de Potencia

La versión final del sistema web que se desarrolla, hace pública la base de datos del análisis cromatográfico de transformadores de potencia de la División de Distribución Bajío, el usuario tendrá acceso de hacer consultas (Query) a la colección de datos que se encuentran en las tablas, en las cuales esta la información almacenada.

La base de datos organiza diferentes tablas en las que se encuentran los datos obtenidos en el campo del aceite del transformador de potencia a analizar así como los datos obtenidos de los resultados del análisis cromatográfico ya propiamente dicho y realizados en los cromatógrafos:

MARCA: SHIMADZU, SERIE GC-15A; y MARCA: SHIMADZU, SERIE GC-2014.

A través de scripts ASP los resultados de las consultas serán lanzados a las pantallas de los ordenadores cliente, y la página se actualizara cada vez que el usuario haga una nueva consulta (Giardina Fdo. ASP.NET). Un script ASP de informe será lanzado cada vez que se haga la consulta y además se hará un seguimiento gráfico de los datos. Las siguientes tablas muestran las descripciones de los script ASP utilizados en este Proceso.

Asp script	Descripción
cromatografiaFresnillo.asp	Obtención de los Datos de la muestra recolectada en campo de las subestaciones de distribución zona Fresnillo.
cromatografiaZacatecas.asp	Obtención de los Datos de la muestra recolectada en campo de las subestaciones de distribución zona Zacatecas.
cromatografiaAguascalientes.asp	Obtención de los Datos de la muestra recolectada en campo de las subestaciones de distribución zona Aguascalientes.
cromatografiaLeón.asp	Obtención de los Datos de la muestra recolectada en campo de las subestaciones de distribución zona León.
cromatografiaIrapuato.asp	Obtención de los Datos de la muestra recolectada en campo de las subestaciones de distribución zona Irapuato.

Tabla 1 ASP scripts Utilizados en el Sistema Web para el análisis cromatográfico de los Transformadores de Potencia Parte I.

Asp script	Descripción
datosCromatografia.asp	Una vez realizado el análisis cromatográfico en esta interfaz se cargan los resultados numéricos de cada uno de los gases analizados.
cromatografiaReportes.asp	En esta interfaz por medio de consultas (Query) generadas por el usuario nos es posible obtener los reportes de los análisis cromatograficos de los transformares ya diagnosticados.
graficasCromatografia.asp	Interfaz gráfica para la interpretación a golpe de vista de los resultados de los análisis de los Transformadores de Potencia
administraciónHistorial.asp	Interfaz que permite el intercambio del historial de una zona a otra por medio del traslado de zona del transformador de potencia dado.
bajasTransformadores.asp	Interfaz que permite eliminar o dar de baja administrativa a un transformador de potencia.

Tabla 2 ASP scripts Utilizados en el Sistema Web para el análisis cromatográfico de los Transformadores de Potencia Parte II.

Interfaces WEB relacionadas con los scripts ASP

Dentro del desarrollo de la interface se relacionada con cada script ASP, tal como se ha explicado con anterioridad este sistema permite manipular los datos obtenidos de los análisis cromatograficos y por medio de este análisis tomar decisiones acerca del mantenimiento de algún transformador de potencia dado.

A continuación se enlistan algunas de las imágenes del diseño de la interfaz que describen los pasos de la inserción de datos en una zona de distribución de la División Bajío, es importante mantener en mente que estas interfaces gráficas están relacionadas con los scripts descritos con anterioridad (Berzal Fdo. ISBN 84-609-4245-7).

Metodología del Seguimiento de la Cromatografía de Gases por Parte de la División Bajío

Ingresar a página de operación

Descripción: La Figura 2 nos muestra la página principal del sistema desarrollado para el Depto. De Operación y Mantenimiento de la División de Distribución Bajío de la CFE; en la cual se visualiza por medio de cualquier explorador de internet disponible en su equipo de cómputo ingresando el URL adecuado (Gosney Jhon).



Figura 2 Página de Operación

Descripción: La figura 3 muestra un ejemplo para del Ingreso de Datos de una muestra de Aceite de un Transformador específico Ejemplo: Zona Querétaro Subestación: La Fragua T-1



Figura 3 Ingreso de datos del aceite del transformador en turno.

Descripción: La Figura 4 muestra a través de una lista desplegable en el cual se puede seleccionar la zona para la cual se cargaran lo datos de la muestra de aceite a analizar. Caso la Fragua T1de la zona Querétaro.



Figura 4 Pantalla desplegable de datos.

Descripción: La Figura 5 muestra como a través de una lista desplegable se puede seleccionar la subestación para la cual se cargaran lo datos de la muestra de aceite a analizar siendo el caso la subestación la fragua de la zona Querétaro.



Figura 5 Pantalla desplegable para la elección de subestación.

Descripción: La Figura 6 muestra como a través de listas desplegables, selección de calendario y cuadros de texto se puede ingresar lo datos resultantes de la cromatografía realizada al transformador de potencia de la subestación la fragua de la zona Querétaro.

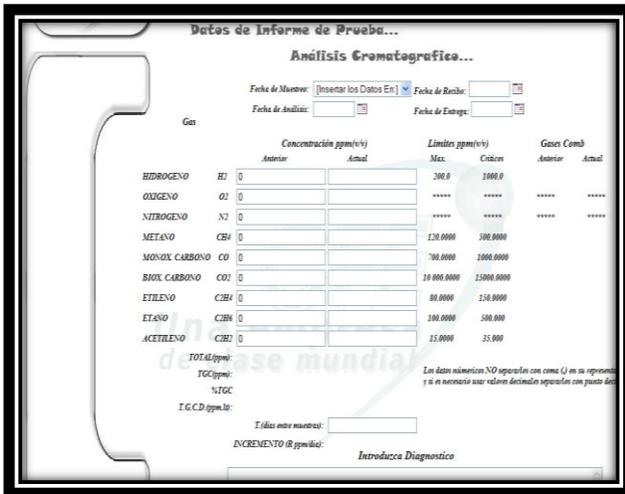


Figura 6 Pantalla de ingreso de datos.

Descripción: La Figura 7 finalmente se muestra una hoja de datos del reporte generado vía web del análisis Cromatográfico realizado a la subestación la fragua de la zona Querétaro, para que esté pueda ser explorado por el personal en la diferentes zonas de distribución.

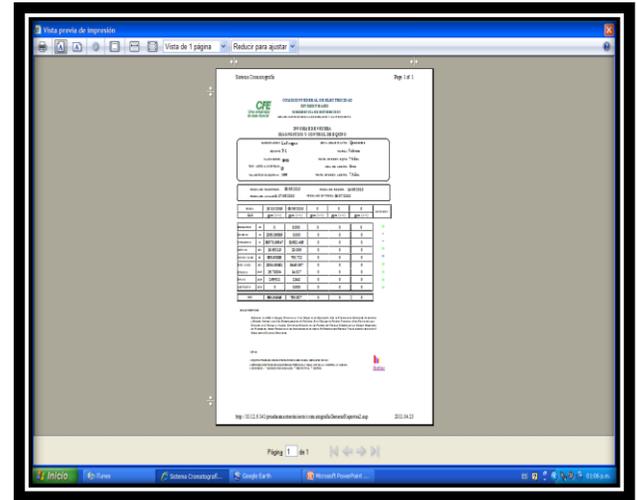


Figura 7 Reporte final generado del diagnóstico de cromatografía

Descripción: La Figura 8 muestra el seguimiento grafico realizado a los gases combustibles encontrados por mediante cromatografía de gases en el transformador de potencia de la subestación la fragua de la zona Querétaro.



Gráfico 1 Reporte a grafico de barras obtenido mediante la cromatografía de gases

Descripción: La Figura 9 muestra el seguimiento gráfico cuantitativo de la distribución de gases combustibles realizado a cada uno de los diferentes gases encontrados por medio de cromatografía de gases en el transformador de potencia de la subestación la fragua de la zona Querétaro; en este caso se observa el predominio del gas Monóxido de Carbono y del gas Nitrógeno en la muestra (Silberchatz Abraham e ASP-NET).

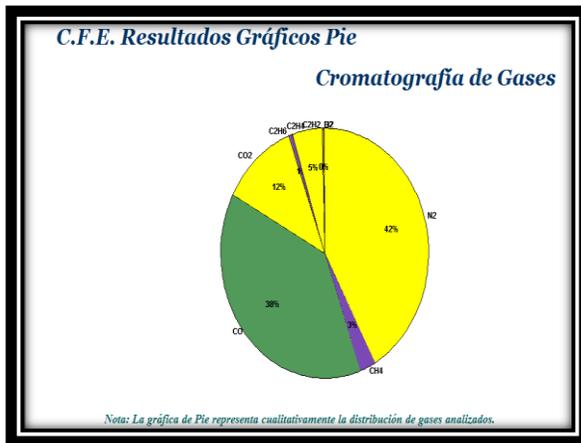


Gráfico 2 Reporte gráfico generado de cromatografía de gases

Conclusiones

La generación de datos aportados por el análisis cromatográfico de transformadores de potencia de la Distribución Bajío hace imperativa la búsqueda de soluciones manipulables para el manejo de este gran aporte de información.

El estándar informático de este sistema Web marca la dirección en la cual los datos cromatográficos de los transformadores de potencia deben de ir.

El Departamento de Operación y Mantenimiento de la División de Distribución Bajío contribuye al cumplimiento de esta tarea usando un conjunto de herramientas tecnológicas básicas como el administrador de bases de datos SQL server 2000 y lenguajes de programación como ASP y SQL para la construcción de este tipo de interfaces. Esto permite la creación del propio sistema de bases de datos requerido para el almacenamiento de los resultados de los análisis cromatográficos.

Además de que los usuarios accederán fácilmente a los recursos antes mencionados sin que ellos deban de preocuparse por toda la codificación atrás de este proyecto teniendo de esta manera fácil acceso a los resultados del diagnóstico cromatográfico previamente obtenido.

Reconocimientos

Los autores agradecen al Tecnológico Nacional de México-DGEST y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por su apreciable apoyo financiero en la realización de este proyecto de investigación.

Referencias

Núñez Esteban; "Programación de Aplicaciones para Internet con ASP"; Ed. Eidos.

Giardina Fernando ASP. NET "Tutorial de desarrollo web con ASP.NET"

Berzal Fernando, Cortijo Francisco J. "Desarrollo profesional de aplicaciones Web con ASP". ISBN 84- 609-4245-7

Gosney Jhon; "ASP Programming for the Absolute Beginner"; Free Book.

Silberchatz Abraham; "Fundamentos de bases de Datos"; McGrawHill.

ASP-NET 4.5 en C# con visual estudio,
“Diseño y aplicaciones web”

Estudio de Diagnóstico Diferencial en Cromatografía de Gases en Transformadores de Potencia

JURADO-PEREZ, Fernando†, PEREZ-SALAS, Osvaldo, GONZALES-CABRERA, Nestor & TORRES-JIMENEZ, Jacinto

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

¹*CFE Division de distribución Bajío Guanajuato Gto.*

Recibido 23 de Abril, 2015; Aceptado 3 de Junio, 2015

Resumen

En el presente artículo se presenta el estudio para el diagnóstico diferencial que resulta del análisis del gas disuelto (AGD) en el aceite dieléctrico en transformadores de potencia. El estudio consiste en monitorear y diagnosticar el deterioro de la sustancia dieléctrica utilizando cromatografía. Cabe mencionar que de los resultados del estudio de cromatografía se puede diagnosticar que fenómenos eléctricos o mecánicos se están originando en el interior del transformador que pueden deteriorar la rigidez dieléctrica del aceite, las bobinas, el aislamiento que cubren las bobinas y el entrehierro. Es importante realizar este estudio en transformadores de potencia porque permitirá realizar acciones de mantenimiento predictivo y operacional.

Análisis de gases disueltos AGD, Cromatografía de gases.

Abstract

In this paper the study for the differential diagnosis resulting from dissolved gas analysis (DGA) in the dielectric oil in power transformers is presented. This study consisted of monitoring and diagnosing the deterioration of the dielectric substance using chromatography. It is noteworthy that the study results of chromatography can be diagnosed electrical or mechanical phenomena that are originating within the transformer which can deteriorate the dielectric strength of the oil, the coils, insulation covering the coils and the air gap. It is important to conduct this study in power transformers because it will take action predictive and operational maintenance.

AGD dissolved gas analysis, gas chromatography

Citación: JURADO-PEREZ, Fernando, PEREZ-SALAS, Osvaldo, GONZALES-CABRERA, Nestor & TORRES-JIMENEZ, Jacinto. Estudio de Diagnóstico Diferencial en Cromatografía de Gases en Transformadores de Potencia. Revista de Tecnología e Innovación 2015, 2-3:612-623

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Cuando los transformadores de potencia se encuentran en condiciones normales de operación los elementos que se deterioran con mayor rapidez son los que se encuentran en el interior del mismo, debido a que están expuestos a esfuerzos eléctricos y mecánicos. Estos esfuerzos pueden provocar que los elementos que se encuentran sumergidos en el fluido dieléctrico fallen sino se le da el mantenimiento preventivo adecuado.

El mantenimiento del transformador es de vital importancia para prolongar su vida útil. Sin embargo, cuando el transformador está en funcionamiento se originan gases en el fluido dieléctrico los cuales presentan diversas solubilidades.

Estas solubilidades nos indican que se deben buscar los gases disueltos en el aceite aislante y no en la capa de gases que se encuentra en la parte superior del aceite. Además, la solubilidad de los gases disueltos está en función de la temperatura interna. Cabe decir, que algunos gases incrementan su solubilidad en un 79%, dentro de un margen de temperatura de 0 a 80°C. Mientras que otros disminuyen hasta 66%. Esta dependencia en la temperatura se puede utilizar para explicar cómo las concentraciones de gases disueltos varían con la temperatura. Ahora bien la alta solubilidad del gas disuelto en el aceite aislante producido por las fallas, trae importantes implicaciones al evaluar los resultados de AGD. Una vez que los gases ya están formados, tienen la tendencia a permanecer disueltos por un proceso de falla.

Por otra parte, existen diversos métodos y técnicas para detectar gas disuelto en el dieléctrico del transformador entre los más significativos se pueden mencionar:

1) Técnica Total de gases combustibles (TGC), 2) Análisis de la capa de gas para la detección de fallas y 3) técnica del análisis del gas disuelto (AGD) (NOM-J-308-ANCE-2004), a continuación se describirá brevemente su funcionamiento.

La primera TGC considera todos los gases combustibles que se encuentran en la capa de gas encima del aceite. Ventajas: su utilización en el campo la relativa sencillez en el manejo y la disponibilidad de instrumentación para el monitoreo continuo. Desventajas: aunque detecta los gases disueltos combustibles tales como hidrógeno H₂, monóxido de carbono CO, metano CH₄, etileno C₂H₄ etano C₂H₆ acetileno C₂H₂, no así el gas disuelto no combustible CO₂. El uso del TGC está limitado únicamente a los transformadores que tienen una capa de gas la cual, normalmente es de nitrógeno dado que es un gas inerte. La mayoría de las fallas suceden en las partes del transformador sumergidas en el aceite. En vista de que los gases se forman en el volumen alrededor de la falla será lógico buscarlos en el fluido dieléctrico.

La energía convectiva y /o inducida mecánicamente a la larga nivelara las condiciones de gases disueltos y permitirá que algunos se mezclen en la capa de nitrógeno. Una de las desventajas más grandes del TGC es que solamente proporciona valores monovalentes para el porcentaje de gas disuelto, y además, no identifica cuales gases están presentes. Los mejores indicadores para establecer qué tipo de falla ha ocurrido, son las identidades de los gases disueltos y las concentraciones de estos.

La segunda herramienta es el análisis de la capa de gas para la detección de fallas, con esta se toma una muestra de la capa de gas la cual se analiza con un cromatógrafo de gases este método detecta todos los componentes individuales. Además este método sufre la desventaja de que los gases primero deben difundirse del aceite a la capa del gas.

La tercer técnica es la más informativa, es la técnica del análisis del gas disuelto (AGD); Con esta se toma una muestra de aceite aislante del transformador la cual se envía a un laboratorio calificado de análisis Cromatográfico, donde los gases disueltos son extraídos, separados, identificados y analizados cuantitativamente por el método de cromatografía de gases. Este método en particular solo utiliza una muestra de aceite lo cual puede aplicarse a cualquier tipo de transformador.

El AGD detecta todos los gases disueltos y la ventaja que tiene sobre los otros es que determina las concentraciones del gas disuelto en el aceite, las cuales proporcionan la detección de una falla incipiente con mayor rapidez permitiendo el manejo oportuno del transformador en cuestión.

Interpretación de los Gases disueltos en el aceite por el método de AGD

Los gases disueltos están producidos por la degradación del aceite aislante y también por otros materiales como la celulosa.

Cuando existe una falla activa la velocidad de degradación del aceite aislante y de la celulosa se incrementa significativamente los productos formados por esta degradación varían con la naturaleza y severidad de la falla, la composición del gas producido por la degradación del aceite está sujeta a una fuente de energía que dispersa los diferentes compuestos que están formados por cada tipo de falla (NOM-J-116-ANCE-2005, ANSI/IEEE C57.104-1991).

Al observar la composición de los gases producidos por la degradación del aceite aislante, es posible distinguir tres procesos básicos de falla, los cuales son muy diferentes a sus características energéticas. Estos procesos son: la formación de *arcos*, *descarga parcial* y *pirolisis* o *descomposición térmica*. El proceso de pirolisis ocurre cuando la energía térmica es suficiente para romper enlaces químicos. Buchholz estuvo consciente de la producción de gas disuelto en transformadores y empezó en 1928 con la labor de correlacionar los gases producidos, con un cierto tipo de falla. Tradicionalmente, han sido utilizados dos métodos de estudio para correlacionar la composición del gas disuelto con el tipo de falla (M. Buchholz).

Uno de los métodos es el método empírico y está basado en la evaluación estadística de los datos de fallas de gas en transformadores con problemas ya documentados. Con el método no empírico se ha analizado la producción de fallas, utilizando dos enfoques: el experimental y el análisis termodinámico, Harold M. predijo que los gases de bajo peso molecular; metano, etano, etileno y finalmente acetileno, serían producidos en secuencia conforme se fuera incrementando la temperatura por el proceso de falla (J.H. Messenden) (Caso de estudio: BUENAVISTA, QRO) (CFE. División de distribución Bajío).

Los datos de las pruebas han demostrado que conforme se va incrementando la temperatura en el aceite incrementa la proporción de los hidrocarburos no saturados a los saturados, en específico el acetileno, etileno, etano y el metano.

Esta información es consistente con el pronóstico de Harold M. de la producción secuencial de gas disuelto conforme a la temperatura. Otro estudio pertinente se enfocó en los productos de la descomposición del octano regular, las moléculas del octano son similares en estructura y enlazamiento a las cadenas parafinicas presentes en el aceite aislante.

Los estudios empíricos y teóricos han llegado a dos conclusiones. El consenso es que alguno de los gases clave puede estar correlacionado con un tipo de falla, así mismo, la velocidad de producción del gas disuelto con la severidad de la falla. Por lo general se considera que la producción de acetileno, solamente puede ocurrir con la presencia de un arco eléctrico. Todos los hidrocarburos de bajo peso molecular, producidos simultáneamente con el hidrogeno indica pirolisis del aceite.

Las causas más comunes del deterioro del aceite en los transformadores son entre otras, la contaminación por la humedad (Caso de estudio: LUIS MOYA, ZCT) y la formación de ácidos, y los causados por la oxidación. La humedad baja considerablemente las propiedades dieléctricas del aceite aislante, en tanto que los ácidos orgánicos además de ser conductores ayudan a retener agua.

Diagnostico por Cromatografía de gases atendiendo la naturaleza del Gas Clave presente Como lo indican la Tabla 1 y 2 respectivamente.

Gas	Formula	Falla
Hidrógeno	H ₂	Descargas Corona
Metano	CH ₄	Chisporroteo
Etano	C ₂ H ₆	Sobrecalentamiento
Monóxido Carbono	CO	Descomposición de celulosa (combustión incompleta)
Dióxido Carbono	CO ₂	Descomposición de celulosa
Etileno	C ₂ H ₄	Sobrecalentamiento Severo
Acetileno	C ₂ H ₂	Arqueo

Tabla 1 Gas clave-diagnostico.

Gas	Formula	LIM.MAX.	LIM. CRITICO
Hidrógeno	H ₂	200,00	1 000,00
Oxígeno	O ₂	---	---
Nitrógeno	N ₂	---	---
Metano	CH ₄	120,00	500 ,00
Monoxido de carbono	CO	700,00	1 000,00
Bioxido de carbono	CO ₂	10 000,00	15 000,00
Etileno	C ₂ H ₄	80,00	150 ,00
Etano	C ₂ H ₆	100,00	500 ,00
Acetileno	C ₂ H ₂	15,00	35, 00

Tabla 2 Parámetros de concentración permisibles en partes por millón de los gases clave

Los datos obtenidos son comparados y estudiados por métodos de diagnóstico ya establecidos como son: Reglas de los gases principales; Universidad de Sacramento del estado de California CSUS (ASTM D3612-90); Rogers (Rogers, 78); Triangulo de Duval (M. Duval); Relaciones de Doernenburg; En general de los métodos mencionados se puede establecer un diagnóstico tomando en cuenta las consideraciones siguientes:

- 1) Diagnóstico: Descomposición de aceite por Descargas

Producción de H_2 -gas principal.

Producción de CH_4

Y en pequeñas cantidades: C_2H_6 y C_2H_4

- 2) Diagnóstico: Descomposición de aceite por Arco Eléctrico.

Producción de grandes cantidades de: Hidrógeno H_2 y C_2H_2 acetileno.

En menor proporción: CH_4 , C_2H_4 , CO_2 ,

CO

- 3) Diagnóstico: Descomposición de Térmica del aceite

Gas principal: C_2H_4

Pequeñas cantidades de H_2 y C_2H_6

Y si existen contactos eléctricos habrá producción de C_2H_2

- 4) Diagnóstico: Descomposición de Celulosa (Rogers 78)

Gases Principales: CO_2 y CO debido al calentamiento de la celulosa y la existencia de C_2H_4 y CH_4 la estructura puede estar impregnada de aceite. Y como subproducto (muy importante en la degradación continua del papel y aceite aislante) H_2O .

Para una humedad de 4.5 % en el papel y para una temperatura de trabajo de $90^\circ C$ la falla del aislamiento a causa del campo eléctrico es inminente como lo indica. (XIII ERIAC, CIGRE)

Del análisis de la descomposición de celulosa se genera la siguiente premisa: la vida del papel es la vida del transformador. Además de ser necesario la consideración de Combustión incompleta (simplemente esta se da por la falta de aire dentro del transformador de potencia).

Combustión incompleta del papel produce $CO + H_2O$. Es aquella en la que por defecto en el suministro de aire no hay oxígeno necesario para que se produzca la oxidación total del carbono. Esto quiere decir que no todo el carbono se va a transformar en CO_2 y Aparecerá como producto de combustión de CO.

Aparecen entonces los inquemados. Los inquemados se definen como la materia combustible que ha quedado sin quemar o parcialmente quemada y se pueden producir por defecto en el aparato quemador.

Los inquemados pueden ser de dos clases:

Sólidos: Carbono (hollín). Provocan un ennegrecimiento y sedimentos en el aceite aislante. Gaseosos: CO. Combustión completa del papel produce $CO_2 + H_2O$. Vida del aislamiento (Descomposición de Celulosa) Las características mecánicas propias del papel son factores cruciales en el criterio final de vida del papel aislante.

De tal modo que al usar valores de DP (grados de polimerización por sus siglas en inglés); como criterio final de vida, diferentes investigadores usan distintos valores por ejemplo Shroff con un DP de 250, McNutt con un DP de 200 (W. Flores, E. Mombello), pero en la literatura se aprecia la tendencia de un valor de DP=200.

El DP representa el número de monómeros de β de glucosa presentes en el papel, $C_6H_{10}O_5$. El valor de DP esta se relaciona con la rigidez mecánica del papel. En el diseño de un transformador de potencia el DP oscila entre 1000 y 1300, durante el proceso del secado, lo cual decrecienta a 950 el DP y aunado a ello el envejecimiento aporta lo propio de reducción. En un DP que oscile entre 950 y 500, la rigidez mecánica se considera como constante, pero más aun en un DP de 500-200 la rigidez mecánica decrece de manera directa. A un DP de 150 la rigidez mecánica se reduce al 20% de su valor inicial y debajo de este valor el papel no tiene rigidez mecánica alguna, por lo que en la industria se considera que debajo de un DP de 200, el papel pierde todas sus propiedades y así el equipo es susceptible a fallas (IEC 60450).

En la Tabla 3 se observa que un pequeño aumento en el porcentaje de humedad reduce en gran medida la expectativa de vida del aislamiento, por lo que el contenido de humedad es extremo dañino para el papel aislante; (Caso de estudio: LUIS MOYA, ZCT); la presencia de humedad en el sistema de aislamiento juega un rol crítico en la vida del equipo, Sabiendo que la humedad deteriora la rigidez dieléctrica y mecánica, y bajo condiciones de sobrecarga promueve la evolución de burbujas en el aceite, con la consiguiente inestabilidad térmica del sistema de aislamiento.

En términos generales, la vida mecánica del aislamiento se reduce a la mitad cuando se dobla el contenido de humedad; y la tasa de deterioro del papel es proporcional al contenido de agua.

En cuanto al contenido de oxígeno, la reacción con el aceite aislante crea productos químicos derivados de la oxidación tal es como ácidos, aldehídos, epóxidos, entre otros. Los cuales se comportan de manera agresiva con el papel y lo desgarran molécula por molécula, por lo que afectan de manera negativa la vida del papel aislante, como se ha puede ver el la Tabla 3. Así mismo la degradación del papel por oxígeno produce humedad, lo cual debilita las uniones de las moléculas de glucosa del papel, por lo que reacciones secundarias provocarían rupturas en la cadena del polímero lineal de celulosa que confiere la rigidez mecánica del papel, degradándolo y disminuyendo así su grado de polimerización y su rigidez mecánica.

En lo que concierne a las variaciones de las concentraciones en ppm de gases no combustibles como los son el oxígeno O_2 y el nitrógeno N_2 , la dinámica de dichas variaciones se deben a la exposición o sobreexposición atmosférica de la muestra de aceite o a un sistema abierto a la atmósfera; por lo que de muestreo en muestreo se puede tener movimiento en las posiciones de equilibrio de estos gases. Ya que en la práctica se observa que en un determinado muestreo estas concentraciones probablemente pueden ser cero y en otras ocasiones tener valores muy elevados o intermedios sin que esto signifique modificaciones en las concentraciones de gases clave.

Bases	%Humedad Aislamiento	Nivel Oxígeno	Vida (Horas)
50% Rigidez Mecánica	0.5	Bajo**	65020
	1.0	Bajo	32510
	2.0	Bajo	16255
	0.5	Alto***	26000
	1.0	Alto	13000
	2.0	Alto	6500
20% Rigidez Mecánica (Ver Nota)	0.5	Bajo	152000
	1.0	Bajo	76000
	2.0	Bajo	38000
	0.5	Alto	60800
	1.0	Alto	30400
	2.0	Alto	15200
200 DP	0.5	Bajo	158000
	1.0	Bajo	79000
	2.0	Bajo	39500
	0.5	Alto	63200
	1.0	Alto	31600
	2.0	Alto	15800

Tabla 3 Vida del aislamiento (Celulosa). **Cuba sellada. ***Acceso a la atmósfera.

Caso de estudio

En esta sección se analizan dos casos de estudio en los que se expondrán los resultados obtenidos y a partir de estos establecer un modelo afin de demostrar la eficacia de los métodos de diagnóstico diferencial para el análisis de gases de transformadores de potencia.

Caso de estudio I se presenta la degradación térmica del etano C_2H_6 ; se propone un mecanismo de reacción generado por pirolisis en el cual se muestra el grado de afectación de la velocidad de reacción el equilibrio para la formación de etileno C_2H_4 ; Este caso se observó en un proceso de falla generado en el transformador T-1 de la subestación Buenavista, Zona Querétaro de la División de Distribución Bajío México. En la Fig. 1 se muestran los datos típicos del transformador.

DIAGNOSTICO Y CONTROL DE EQUIPO	
SUBESTACION: Buenavista	ZONA SOLICITANTE: Queretaro
EQUIPO: T-1	MARCA: Abb
No. DE SERIE: 88621	TMPO. OPERCN. EQPO: 13 años
TMP. ACEITE AL MUESTREAR: 85	MCA. DE ACEITE: Otro
VOL. ACEITE EN EL EQUIPO: 11300	TMPO. OPERCN. ACEITE: 13 años
FECHA DE MUESTREO: 24/05/2011	FECHA DE RECIBO: 25/05/2011
FECHA DE ANALISIS: 25/05/2011	FECHA DE ENTREGA: 25/05/2011

Figura 1 Datos Transformador Buenavista y Fechas de análisis.

En la Fig. 2 Se muestra la evolución de los diferentes gases clave a través de diversos análisis realizados a este equipo en diferentes tiempos hasta llegar finalmente a un proceso de falla ocurrido el 24 de Mayo de año 2011; además que de remarcar la transformación de etano a etileno en una proporción estequiometria 1:1 siendo esta una observación al modelo de Harold ya que este investigador predijo que los gases de bajo peso molecular; como hidrogeno, metano, etano, etileno y finalmente acetileno, serían producidos en secuencia conforme se fuera incrementando la temperatura por el proceso de falla.

$$C_{H^*} = k_3 C_2H_5 \tag{10}$$

$$K_4 CC_2H_6$$

De la Ecuación 6

$$k_1 C_2H_6 - k_2 CCH_3^* CC_2H_6 = 0$$

$$CCH_3^* = K_1 / K_2 \tag{11}$$

De la Ecuación 7

$$= k_2 CCH_3^* C_2H_6 + k_4 CH^* C_2H_6 - k_5 C_2C_2H_5^* = 0$$

$$k_5 C_2C_2H_5^* = k_2 CCH_3^* C_2H_6 + k_4 CH^* CC_2H_6 \tag{12}$$

Reemplazando las Ecuaciones 9 y 10 en la Ecuación 12 se tiene:

$$k_5 C_2C_2H_5^* = K_2 \left(\frac{k_1}{k_2} \right) CC_2H_6 + k_4 \left(\frac{k_3 CC_2H_5^*}{k_4 CC_2H_6} \right) CC_2H_6$$

$$k_5 C_2C_2H_5^* = k_1 CC_2H_6 + k_3 CC_2H_5^* \tag{13}$$

Asumiendo $k_3 \ll k_5$, entonces

$$CC_2H_5^* = \left\{ \frac{k_1}{k_5} CC_2H_6 \right\} 0.5 \tag{14}$$

Sustituyendo la Ecuación 14 en la Ecuación 6 se tiene

$$(+r_{C_2H_4}) = k_3 \left\{ \frac{k_1}{k_5} CC_2H_6 \right\} 0.5 \tag{15}$$

La ecuación 15 nos permite hacer el cálculo de la velocidad de formación de etileno C_2H_4 en un proceso de falla de un transformador de potencia ocasionado por el mecanismo de pirolisis a partir de las constantes cinéticas y de la concentración de etano analizadas en el mecanismo de reacción revisado con anterioridad.

En un segundo caso de estudio sujeto a análisis, es el del transformador de potencia T-1 de las Subestacion electrica S.E. Luis Moya de la Zona Zacatecas que forma parte de la división de Distribución Bajío; en este equipo se generó un proceso de falla de Degradación de celulosa ocurrido el 14 de Julio del año 2006. Este caso es interesante desde el punto de vista de la degradación de celulosa como mecanismo de envejecimiento de un transformador de potencia y de la generación de productos de reacción extremadamente dañinos como es el agua H_2O ya que este compuesto contribuye a la degradación y rigidez mecánica del papel aislante, ver Tabla 3.

En la Figura. 5. Se muestran los datos del transformador con un proceso de falla asignado a la degradación de Celulosa; este se encuentra en la zona Zacatecas de la División de Distribución Bajío.

EXP: C:\DOCUMENTOS\2006\INFORMES DE PRUEBA\ZAC			
SUBESTACION:	LUIS MOYA	ZONA SOLICITANTE:	ZACATECAS
CVE. DE IDENTIFICACION:	LMYT16.C08	MARCA:	PICMSA
No. DE SERIE:	F-989-01-009	TMPO. DE OPERCN. DE EQPO.:	11
TEMP. ACEITE AL MUESTREAR:	45°C	MCA. DE ACEITE:	S/D
VOL. ACEITE EN EQUIPO(L):	17 169	TMPO. DE OPERCN. DEL ACEITE:	11
FECHA DE MUESTREO:	14 Jul.06	FECHA DE RECIBO:	20 Jul.06
FECHA DE ANALISIS:	03 Ago.06	FECHA DE ENTREGA:	09 Ago.06

Figura 5 Datos de Transformador de Potencia ubicado en la zona Zacatecas S.E. Luis Moya.

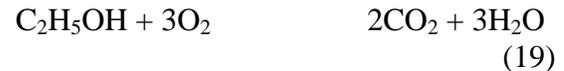
En la Figura 6. Se aprecia los datos resultantes realizados el día 03 de Agosto del 2006; y se hace énfasis mostrando en un recuadro de color rojo los gases de combustión generados por la quema del papel aislante y degradación del aceite: CO y CO_2 .

Y como subproducto (muy importante en la degradación continua del papel y aceite aislante) H₂O. Que tiene primordial importancia en el desgaste de un transformador de potencia como se ha mencionado en el presente trabajo es determinante en la vida del transformador.

Reacción Completa: Cuando se forma como producto final CO₂ y H₂O (en caso de sustancias orgánicas)



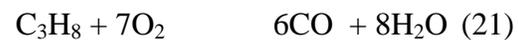
Con muestra en concreto (para el proceso de falla de degradación de celulosa en un transformador de potencia) se tiene la reacción de combustión completa:



Reacción Incompleta: Cuando el oxígeno no es suficiente, se produce CO y H₂O, y muchas veces se produce carbón.

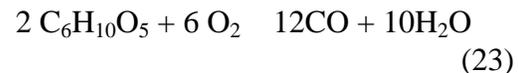


Así como para el proceso de falla de degradación de celulosa en un transformador de potencia se tiene la reacción de combustión Incompleta del propano y del metano:

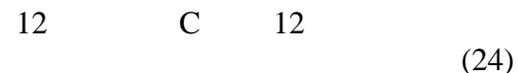


Para: celulosa (C₆H₁₀O₅) —n; con n mínima de 200

Analizando el mecanismo de reacción para la descomposición de celulosa:



Resuelta por método algebraico:



GAS	CONCENTRACION ppm(vv)		LIMITES ppm(vv)		GASES COMB.	
	Anterior	Actual	Max	Criticos	Anterior	Actual
HIDROGENO H2	0.0000	0.0000	200.0	1.000.0	0.000	0.000
OXIGENO O2	615.4950	0.0000	-----	-----	-----	-----
NITROGENO N2	36.455.7000	0.0000	-----	-----	-----	-----
METANO CH4	15.0160	24.9030	120.0000	500.0000	0.042	0.026
MONOX DE CARBONO CO	311.9630	822.3400	700.0000	1.000.0000	0.880	0.864
BIOX. DE CARBONO CO2	5.754.8200	14.179.0000	10.000.0000	15.000.0000	-----	-----
ETILENO C2H4	4.7534	14.6164	80.0000	150.0000	0.013	0.015
ETANO C2H6	22.6063	87.0650	100.0000	500.0000	0.064	0.091
ACETILENO C2H2	0.0000	2.8936	15.0000	35.0000	0.000	0.003
TOTAL(ppm):	43.180.3537	15.130.8180			1.000	1.000
TGC(ppm):	354.3387	951.8180				
% TGC	0.008	0.063			0.50%	
T.G.C.D(ppm.Lt):	6.1	16.3				
T (dias entre muestras):		365				
Incremento (R):		0.0005	ppm/dia			

Figura 6 Resultados del análisis Cromatográfico T-1 S.E. Luis Moya Zacatecas

En la Fig. 7. Se Muestra el Diagnostico realizado al transformado de acuerdo al AGD además se muestra que el método de análisis fue por medio del Gas Clave

A) METODO: GAS CLAVE

GAS	ppm (vv)	LIM. MAX	LIM. CRITICO	
H2	0.0000	200.00	1.000.00	Concentracion permisible
O2	0.0000	-----	-----	
N2	0.0000	-----	-----	
CH4	24.9030	120.00	500.00	Concentracion permisible
CO	822.3400	700.00	1.000.00	DEGRADACION DE CELULOSA
CO2	14.179.0000	10.000.00	15.000.00	DEGRADACION DE CELULOSA
C2H4	14.6164	80.00	150.00	Concentracion permisible
C2H6	87.0650	100.00	500.00	Concentracion permisible
C2H2	2.8936	15.00	35.00	Concentracion permisible

COMENTARIOS:
ESTE METODO SUGIERE EQUIPO CON DEGRADACION DE CELULOSA DEBIDO A LA PRESENCIA DE CO Y CO2 ADEMAS DE H2O AGUA COMO SUBPRODUCTO; ASI COMO PARA UNA HUMEDAD DE 4.5% EN EL PAPEL Y PARA UNA TEMP DE TRABAJO DE 90°C LA FALLA DEL AISLAMIENTO A CAUSA DEL CAMPO ELECTRICO ES INMINENTE.

Figura 7 Diagnóstico de Transformador de Potencia

El mecanismo de reacción se puede modelar por medio de las siguientes reacciones de combustión:

$$20 \quad \text{H} \quad 20 \quad (25)$$

$$22 \quad \text{O} \quad 22 \quad (26)$$

Por medio del siguiente cálculo podemos determinar la masa del agua generada en el interior del transformador de potencia y asignar prioridades para deshumidificar el aceite: ¿Cuánta Agua H₂O en gramos se puede obtener en un proceso de degradación de celulosa ocurrido en un transformador de potencia?. Del análisis estequiométrico de los mecanismos de reacción presentados en la sección anterior tomando como reactivo limitante a la celulosa tenemos que: N - C₆H₁₀O₅ gr (moles N - C₆H₁₀O₅ /gr N - C₆H₁₀O₅) (moles de H₂O/ moles N - C₆H₁₀O₅) (gr de Agua/ moles de H₂O)= gr de Agua. A más moléculas de carbono (Celulosa) más producción de agua, CO y CO₂. El análisis de campo realizado en este transformador de potencia fue completamente exitoso; mediante el diagnóstico de degradación de celulosa basado en el AGD; el Ingeniero de campo Jefe de subestaciones y líneas de zona Zacatecas informo que al ver el diagnóstico generado por el analista Cromatográfico de la División de Distribución Bajío tomo la decisión de sacar de operación el transformador y sometió el aceite del equipo al proceso de deshumidificación obteniendo varios recipientes de agua (resultado informado cualitativamente) como subproducto de las reacciones de combustión ocurridas en el interior de dicho transformador de potencia confirmando nuevamente la hipótesis y la potencia del método de diagnóstico basado en el AGD.

Conclusiones

En este trabajo se presenta un método especializado para realizar el diagnóstico diferencial de transformadores de potencia basado en el análisis de gases disueltos AGD, realizado en la obtención de diagnósticos para procesos de falla ocurridos en transformadores de potencia de las redes de distribución, transformación y generación del país.

Es importante resaltar que la obtención de valores referentes a la humedad es de primordial importancia para cuantificar la vida del aislamiento de los transformadores de potencia. Es recomendable realizar pruebas a diferentes condiciones de carga, distintas de la nominal, con la finalidad de obtener perfiles de concentración de gases disueltos en los transformadores de potencia sometidos a esfuerzos variables. Con el fin de extrapolar resultados y tomar acción para la consideración de su operación y mantenimiento.

Reconocimientos

Los autores agradecen a la DGEST-Tecnológico Nacional de México y al Instituto Tecnológico Superior de Irapuato por su apreciable apoyo para la realización de este proyecto de investigación.

Referencias

Norma Oficial Mexicana NOM-J-308-ANCE-2004. Transformadores-Guía para el manejo, almacenamiento, control y tratamiento de aceites minerales aislantes para transformadores en servicio.

Norma Oficial Mexicana NOM-J-116-ANCE-2005. Productos eléctricos- Transformadores- Transformadores de distribución tipo poste y tipo subestación- Especificaciones.

American National Standard ANSI/IEEE C57.104-1991. Guide for the detection and interpretation of generated gases in oil-immersed transformers and their relation to the serviceability of the equipment.

M. Bucholz, *Electrotechnische*, 49 (1928) 34 pp. 239-41

J.H. Messenden; "Química Orgánica"; ed. Interamericana.

Comisión federal de electricidad, División de distribución Bajío, Zona Querétaro. Caso estudio de Cromatografía de gases en Transformadores de potencia.

ASTM D3612 - 02(2009) Standard Test Method for Analysis of Gases Dissolved in Electrical Insulating Oil by Gas Chromatography

R. R. Rogers, "IEEE and IEC codes to interpret incipient faults in transformers, using gas in oil analysis", *IEEE transactions*, EL. 13 no. 5, 1978.

Mantenimiento moderno en transformadores de potencia, XIII ERIAC Décimo Tercer Encuentro Regional Iberoamericano de CIGRÉ, 24 al 28 de mayo de 2009.

Aplicación de simulación y diseño de experimentos para optimizar la cantidad de montacargas en un almacén

VALTIERRA-Joel†, VARGAS-Bertha & RUELAS-Edgar

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

¹*CFE Division de distribución Bajío Guanajuato Gto.*

Recibido 20 de Abril, 2015; Aceptado 9 de Junio, 2015

Resumen

En el presente artículo se investiga la optimización del uso de montacargas en el almacén de producto terminado mediante las herramientas de simulación y diseño de experimentos, en una empresa que se dedica a la venta, distribución y envasado de granos como frijol, lentejas, arroz y garbanzo. A través de la simulación se realiza un modelo representativo del sistema real del almacén, donde se analizan siguientes variables de estudio: el tiempo de servicio de carga o descarga del autotransporte, el porcentaje de uso de los diferentes tipos de montacargas y los tipos de autotransportes. Considerando los resultados de simulación, se realiza un diseño de experimento para determinar el efecto que tiene la cantidad de montacargas de pasillo y contrabalanceado, y las toneladas sobre la variable de respuesta que es el tiempo de servicio de carga y descarga del autotransporte en el almacén. El resultado de esta investigación establece alternativas en la cantidad de montacargas para el almacén, y con esto ayudar a los directivos en la toma de decisiones sobre el funcionamiento del almacén.

Optimización, Simulación, Diseño de experimentos, Superficie de respuesta

Abstract

In this article the optimization of the use of forklifts in the warehouse of finished product is investigated by simulation tools and design of experiments, a company dedicated to the sale, distribution and packaging of grains such as beans, lentils, rice and chickpea. The service time of loading or unloading of road transport, the percentage of use of different types of hoists and motor carrier types: Through a representative simulation model of the real system of the warehouse, where these variables are analyzed study is done. Based on the results of simulation design experiment was performed to determine the effect of the amount of corridor and counterbalanced forklift and tons on the response variable, which is the operating time of loading and unloading of vehicles in the store. The result of research provides alternatives in the amount of forklifts for warehouse, and thereby helps managers in making decisions on the operation of the store.

Optimization, Simulation, Design of Experiments, Response Surface

Citación: VALTIERRA-Joel, VARGAS-Bertha & RUELAS-Edgar. Aplicación de simulación y diseño de experimentos para optimizar la cantidad de montacargas en un almacén. Revista de Tecnología e Innovación 2015, 2-3:624-636

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

La competitividad mundial ha provocado que las empresas deban optimizar sus procesos con el objetivo de obtener una mayor rentabilidad y lograr mantenerse dentro de este mundo competitivo. La simulación permite realizar un análisis completo del área de estudio, de una manera visual y estadística con el objetivo de determinar si éste logrará la mejora de las medidas de desempeño claves del área, en caso de tener varias alternativas de mejora, se puede determinar cuál es la mejor [1].

Los diseños factoriales son ampliamente utilizados en experimentos en los que intervienen varios factores para estudiar el efecto conjunto de éstos sobre una respuesta. Existen varios casos especiales del diseño factorial general que resultan importantes porque se usan en trabajos de investigación y constituyen la base para otros diseños de gran valor práctico [2].

Descripción de proceso del almacén

La empresa se dedica a la venta, distribución y envasado de granos como son: frijol, lentejas, arroz y garbanzo. Estos granos se envasan en una máquina envasadora, después se envían a la máquina enfardadora que forma paquetes de diez bolsas por fardo, estos se acomodan en una tarima con capacidad de una tonelada, estas actividades se realizan en el área de producción; después la tarima es llevada al almacén de producto terminado y se acomoda en estantes estáticos, posteriormente se toman para ser enviadas a los centros de distribución de los clientes.

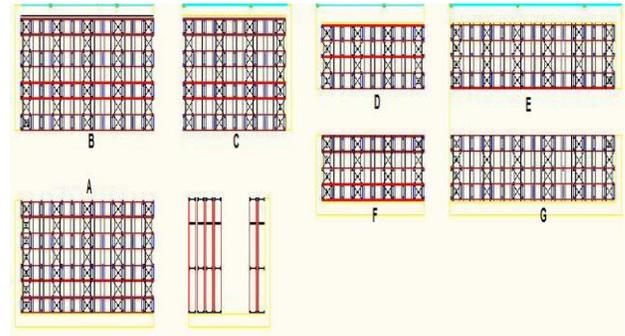


Figura 1 Distribución del almacén

El almacén de producto terminado tiene siete secciones de estantes y un área de embarque con 12 cortinas para la carga y descarga de producto y materia prima del autotransportes. Las cortinas se encuentran enfrente de las secciones F y G, ver Figura 1. El tipo de estante que usa la empresa para acomodar las tarimas de producto terminado es estático, ver Figura 2.

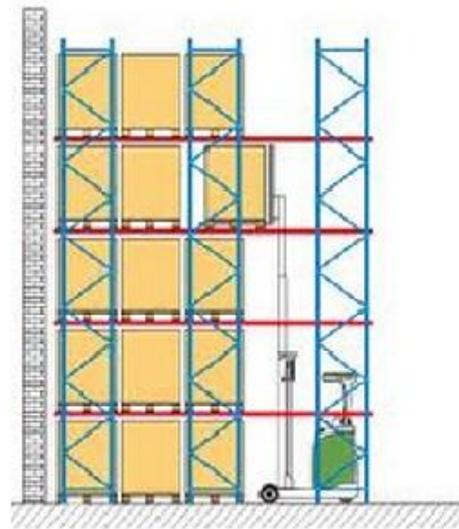


Figura 2 Estante estático

La empresa usa dos tipos de montacargas los de pasillo que son eléctricos y por sus características de dimensiones pueden entrar dentro de los estantes estáticos, su desventaja es la altura que impide la entrada al interior de la caja de carga del autotransporte, la actividad de estos montacargas es descargar y cargar las tarimas de los estantes y acercarlas al área de embarque; el otro tipo de montacargas es el contrabalaceado, con motor de combustión y por sus características de dimensiones no puede entrar en los estantes, sus actividades son llevar las tarimas de producto terminado del área de embarque al interior de las cajas de carga del autotransporte; actualmente el almacén cuenta con tres montacargas de pasillo y tres contrabalaceados, ver Figura 3.



Montacargas de pasillo

Montacargas contrabalaceados

Figura 3 Tipos de montacargas

Problema

Los transportistas se quejan del tiempo excesivo de espera para el servicio de cargar o descargar del autotransporte en el área de embarque, esta situación provoca retrasos en las salidas de los camiones y tractocamiones a los centros de distribución.

El tiempo de servicio máximo establecido por la empresa para la actividad de carga o descarga del autotransporte es de 90 minutos por unidad de transporte. Se realiza un estudio del tiempo de servicio de carga o descarga en el área de embarque, el resultado es un tiempo promedio de espera de 150 ± 30 minutos, con este estudio se demuestra que no se cumple con el tiempo de servicio establecido por la empresa.

Metodología

Para la construcción del modelo de simulación se usa la metodología propuesta por Law [4], los pasos se muestran a continuación:

- Formulación del problema.
- Planeación del modelo de simulación.
- Recolección de datos para el modelo de simulación.
- Análisis estadístico de los datos recolectados.
- Construcción del modelo de simulación.
- Verificación del modelo de simulación.
- Validación del modelo de simulación.
- Realización de corridas del modelo de simulación.
- Realización del análisis y resultados.

Formulación del problema

Conocer mediante el modelo de simulación se pretende conocer las siguientes preguntas: ¿tiempo de servicio de carga o descarga del autotransporte en el almacén?

¿Los porcentajes de uso de los diferentes tipos de montacargas?, con la finalidad de determinar si existe la necesidad de contratar más montacargas para el área de almacén.

Planeación del modelo de simulación

En este paso se definen los objetivos globales del estudio, las configuraciones del sistema a modelar, las medidas de desempeño, los recursos y programas a utilizar.

Recolección de datos para el modelo de simulación

Para la construcción del modelo de simulación se deben obtener datos del sistema real bajo estudio, con el objeto de representar el modelo lo más cercano posible a la realidad del almacén. Los datos del sistema pueden ser categorizados como datos estructurales, operacionales y numéricos, Harrell [5].

- Datos estructurales
 - Medidas del Layout del almacén.
 - Tipos de montacargas.
 - Tipos de autotransportes.
 - Ubicación de las áreas de trabajo.
 - Capacidad de los estantes estáticos.
- Datos operacionales
 - Horarios de trabajo.
 - Llegadas del autotransporte.

- Flujo de tarimas en el almacén.
- Datos numéricos
 - Tasa de llegada de la materia prima.
 - Tiempo de llegada del autotransporte.
 - Tiempo de carga o descarga del autotransporte.
 - Tiempo de carga o descarga en los estantes.
 - Toneladas que se mueven en el almacén.

Análisis estadístico de los datos recolectados

Para el análisis estadístico de los datos recolectados en el sistema, se utiliza el programa Stat: Fit de ProModel. Se aplican las pruebas de bondad de ajuste Chi Cuadrada, Kolmogorov-Smirnov y Anderson-Darling para validar los datos, los cuales se ajustan a las distribuciones teóricas conocidas para el desarrollo del modelo.

Construcción del modelo de simulación

Se usa un modelo de simulación discreto y el programa ProModel para su elaboración. En la construcción del modelo se usa el plano del almacén con las siete secciones de estantes y las doce cortinas de embarque, se utilizan tres montacargas de pasillo y tres contrabalanceados, las áreas de preparación de pedidos, los tipos de autotransporte: camión de 16 toneladas y tractocamiones de 26 toneladas, y los cuatro productos que se manejan en almacén, ver Figura 4.

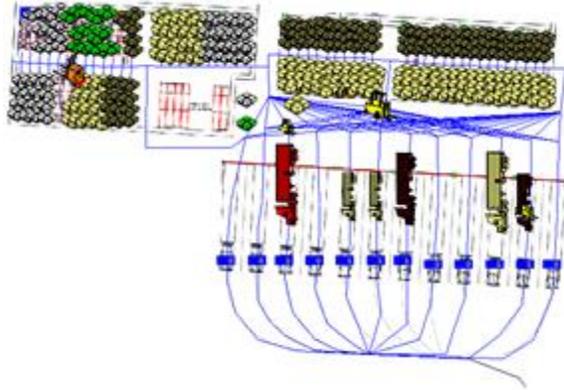


Figura 4 Modelo de simulación

Verificación del modelo de simulación

Se observa que el modelo realice la logística programada en el funcionamiento del almacén. De esta manera es posible visualizar un comportamiento inadecuado del modelo y corregir los detalles.

Validación del modelo de simulación

Se utiliza la semana con mayor movimiento de toneladas del año 2013, de determinar si el modelo de simulación es una representación adecuada del sistema real, se usa una prueba t-student con un nivel de significancia del 5% para la comparación de medias de la siguiente variable de desempeño: “Cantidad de toneladas movidas por semana en el almacén”.

Las hipótesis estadísticas que se establece para esta validación son:

H_0 : La media de la variable de desempeño a evaluar por el modelo de simulación, no presenta diferencia significativa con respecto a la media de la misma medida de desempeño del sistema real que se está estudiando.

H_1 : La media de la variable de desempeño a evaluar por el modelo de simulación presenta una diferencia significativa con respecto a la media de la misma medida de desempeño del sistema real que se está estudiando.

Para validar el resultado de la prueba t-student se utiliza el programa Minitab. La variable de desempeño de la semana del sistema real es de 2009 toneladas por semana, y el resultado de las 10 réplicas del modelo de simulación es una media de 2013 toneladas por semana con una desviación estándar de 62.783, con un intervalo de confianza de [2075.9, 1950.22] toneladas, con esta información se acepta la hipótesis nula y se rechaza la alternativa, por lo tanto, se acepta como válido el modelo de simulación actual.

Diseño de experimentos

De acuerdo a la recomendación de Law [4], la fórmula para determinar el número de réplicas óptimas requeridas ($n^*(\beta)$), ver ecuación (1). Se considera como medida de desempeño las toneladas de granos que se mueven en el almacén con una $\beta=50$ toneladas, donde β es el error absoluto determinado por las toneladas movidas, con un nivel de confianza del 95%. El resultado de este análisis es de nueve réplicas.

$$n^*(\beta) = \min \left\{ i \geq n: t_{i-1, 1-\alpha/2} \sqrt{\frac{S^2(n)}{i}} \leq \beta \right\} \quad (1)$$

Dónde:

i = número óptimo de corridas

β = error absoluto

α = nivel de significancia

$1-\alpha$ = nivel de confianza

$S2(n)$ = varianza de las corridas piloto de la medida de desempeño de interés

t = valor de tablas de la distribución t-student

n = número de corridas piloto

Con las nueve réplicas del modelo de simulación de la situación actual se obtienen los datos necesarios para evaluar las medidas de desempeño del modelo.

Realización del análisis de resultados

Con el reporte del programa de simulación se obtiene el análisis de las medidas de desempeño de estudio del almacén. Las variables de desempeño que se investigan son: el tiempo de servicio de carga o descarga del autotransporte en el almacén, el porcentaje de uso de los tipos de montacargas.

Se simulan diferentes escenarios considerando fijo la variable de toneladas y se juega con las cantidades de montacargas en el almacén, ver Tabla 1.

Toneladas por semana	Montacargas de pasillo (MP)	Montacargas contrabalanceado (MC)
2000	1	1
2000	2	2
2000	3	3

Tabla 1 Escenarios de simulación

En el Grafico 1 se muestra el resultado de la medida de desempeño del tiempo de servicio de carga o descarga del autotransporte en el almacén. En esta gráfica se observa los tres escenarios que se mencionan en la Tabla 1

En el escenario donde se usa un montacargas de pasillo (MP) y un contrabalanceado (MC) el tiempo de servicio es de 2419 minutos, cabe mencionar que en el sistema quedaron autotransporte a la espera de ser atendidos; en el segundo escenario donde el número de montacargas MP es de 2 y MC también es de 2, se observa que el tiempo de servicio es de 144.43 minutos; en el tercer escenario donde se tiene 3 montacargas de MP y tres MC el tiempo de servicio es de 60.9 minutos.

En este último escenario si se cumple con el tiempo de servicio de carga y descarga de 90 minutos, con esto se confirma que el almacén cuenta con los montacargas necesarios para su funcionamiento.

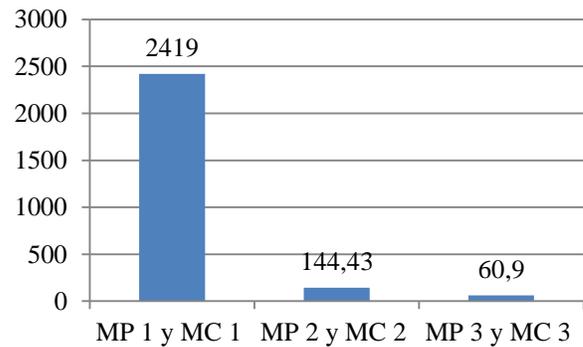


Grafico 1 Tiempo de servicio de carga o descarga (minutos)

En el Grafico 2 se muestra el resultado de la variable de estudio del porcentaje de uso de los montacargas de pasillo en el almacén. En el escenario donde se usa un montacargas de pasillo el porcentaje de utilización es de 98.28%, bajo este esquema el almacén no cubre con el tiempo de servicio de carga o descarga del autotransporte establecido, quedando autotransportes dentro del sistema.

En el escenario de dos montargas MP el porcentaje de uso es de 76.98%, con esto se demuestra que el almacén puede trabajar con dos montacargas de pasillo; para el escenario de tres montacargas MP el porcentaje de uso es de 51.19%. Considerando los resultados se recomienda que se contraten dos montacargas de pasillo por semana para cumplir con el tiempo de servicio de carga o descarga establecido.

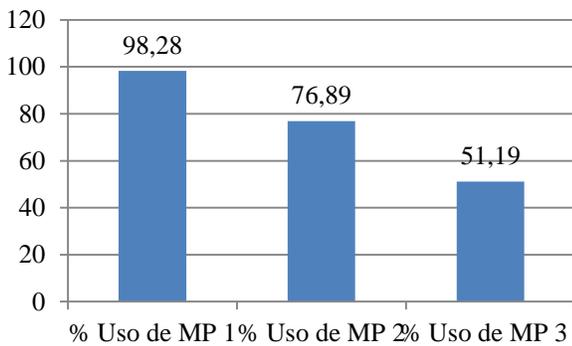


Grafico 2 Porcentaje de uso de los MP en el almacén

Para analizar la variable de estudio del porcentaje de uso de montacargas contrabalanceado se considera la variación de uno hasta tres montacargas en el almacén. En el Grafico 3 se muestran los resultados de los diferentes escenarios. En el escenario donde se utiliza un montacargas contrabalanceado el porcentaje de utilización es de 99.93%, bajo este esquema el almacén no cubre con el tiempo de servicio de carga o descarga; en el segundo escenario donde hay dos montacargas MC el porcentaje de uso es de 92.79%, con esto se demuestra que el almacén trabaja muy forzado con dos montacargas; en el tercer escenario donde hay tres montacargas el porcentaje de uso es de 60.57%. En base a los resultados se recomienda que se continúe con el contrato de los tres montacargas contrabalanceados.

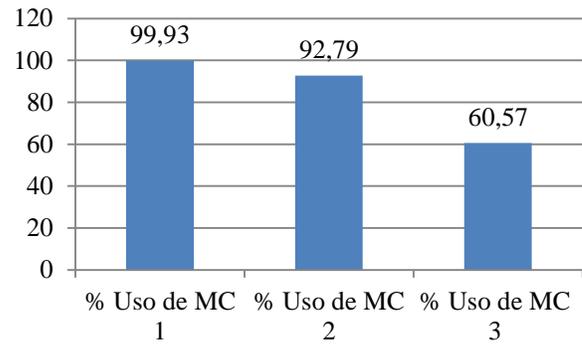


Grafico 3 Porcentaje de uso de los MC en el almacén

Conclusiones

Al analizar los resultados de las medidas de desempeño de estudio se demuestra que el almacén puede funcionar con dos montacargas de pasillo y tres contrabalanceados, para evaluar los escenarios con la variación de las toneladas que se mueven por semana, se propone realizar un diseño de experimentos considerando los siguientes factores: toneladas de grano que se mueven por semana en el almacén, la cantidad de montacargas de pasillo y contrabalanceado.

Diseño de experimentos

El diseño experimental consiste en una serie de pruebas en las que se establecen valores reales de los factores más importantes según un diseño determinado. Un experimento diseñado es una prueba en la cual se inducen cambios deliberados en las variables de entrada de un proceso o sistema, de manera que sea posible observar e identificar las causas de los cambios en la variable de salida [3].

Existen varios tipos de diseños que se pueden implementar al momento de evaluar los efectos de diferentes factores sobre cierta variable de respuesta, entre los más utilizados se encuentran el diseño factorial de tipo 2k, 3k, completos entre otros.

En la notación anterior la letra “k”, representa la cantidad de factores (variables explicativas) inmersas en el estudio y la base representan la cantidad de niveles que se contempla en cada factor, los cuales pueden ser de tipo cualitativo o cuantitativo.

Para usar un enfoque estadístico al diseñar y analizar un experimento se requiere que todos los participantes en él tengan de antemano una idea clara de qué es exactamente lo que se va a estudiar, cómo se van a recopilar los datos y, al menos una idea cualitativa de cómo se van a analizar [3].

Para el desarrollo del diseño de experimentos se utiliza la metodología propuesta por Montgomery [3], los pasos se muestran a continuación:

- Planteamiento del problema.
- Elección de factores y niveles.
- Selección de variable de respuesta.
- Elección del diseño de experimentos.
- Realización del experimento.
- Análisis de datos.
- Conclusiones y recomendaciones.

Planteamiento del problema

La investigación pretende analizar la relación existente entre el tiempo de servicio de carga o descarga del autotransporte en el almacén con referencia a la cantidad de montacargas de pasillo y contrabalancedo.

Elección de los factores y niveles

En el diseño de experimentos se consideran los siguientes factores: toneladas de granos que se mueven por semana con un nivel bajo de 1250 y un nivel alto de 2000; cantidad de montacargas contrabalancedo con un nivel bajo de 2 unidades y un nivel alto de 3 unidades ; para los montacargas de pasillo con un nivel bajo de 2 unidades y un nivel alto de 3 unidades, ver Tabla 2. Por recomendación de los directivos de la empresa es necesario tener dos montacargas de cada tipo por cuestiones de seguridad por si falla alguno.

Factores	Niveles	
	1250	2000
Toneladas por semana (TON)	1250	2000
Montacargas contrabalancedo (MC)	2	3
Montacargas de pasillo (MP)	2	3

Tabla 2 Factores y niveles del diseño de experimentos

Selección de la variable de respuesta

Para este diseño de experimentos se considera el tiempo de servicio de carga o descarga del autotransportes en el almacén como la variable de respuesta, esta variable es importante porque mide el tiempo que tardan los autotransportes en las cortinas de carga o descarga del área de embarque.

Elección del diseño de experimentos

Para este estudio se elige un diseño factorial completo de tres factores y dos niveles, se realizan cuatro réplicas con un total de treinta dos corridas.

Realización del experimento

Para el desarrollo del estudio se utiliza el modelo de simulación para realizar los escenarios y las réplicas necesarias para el experimento, para el análisis de resultados del experimento se usa el programa Minitab.

Análisis de los datos

El resultado del análisis de varianza de la variable de respuesta tiempo de servicio de carga o descarga del autotransporte en el almacén se muestra en la Tabla 3. En esta tabla se observa los factores más significativos o que inciden en mayor proporción sobre la variable de respuesta. Al aplicar un diseño factorial completo se determina las variables que tiene significancia para el experimento, en respuesta los factores de toneladas (TON), montacargas de pasillo (MHP) y contrabalaceado (MHS) son significativas y sus interacciones entre factores, en la interacción de los tres factores el valor P es 0.352 esto significa que no influye en el tiempo de servicio de carga o descarga del autotransporte en el almacén.

Análisis de varianza para TSIS

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	CM Ajust.	F	P
Efectos principales	3	53969.7	53969.7	17989.9	778.06	0.000
TON	1	41720.8	41720.8	41720.8	1804.41	0.000
MHP	1	1835.1	1835.1	1835.1	79.37	0.000
MHS	1	10413.8	10413.8	10413.8	450.39	0.000
2-Interacciones	3	8232.5	8232.5	2744.2	118.69	0.000
TON*MHP	1	1529.2	1529.2	1529.2	66.14	0.000
TON*MHS	1	6682.5	6682.5	6682.5	289.02	0.000
MHP*MHS	1	20.8	20.8	20.8	0.90	0.352
3-Interacciones	1	19.4	19.4	19.4	0.84	0.369
TON*MHP*MHS	1	19.4	19.4	19.4	0.84	0.369
Error residual	24	554.9	554.9	23.1		
Error puro	24	554.9	554.9	23.1		
Total	31	62776.5				

Tabla 3 Análisis de varianza para el tiempo de servicio en el almacén

Con el resultado del análisis de la Tabla 3 se acepta la hipótesis nula que se establece en esta investigación:

H₀: Existente relación significativa entre el tiempo de servicio de carga o descarga del autotransporte en el almacén y la cantidad de montacargas de pasillo y contrabalaceado.

H₁: No existente relación significativa entre el tiempo de servicio de carga o descarga del autotransporte en el almacén y la cantidad de montacargas de pasillo y contrabalaceado.

Se acepta los factores que están involucrados con la variable de respuesta removiendo la interacción de los tres factores, ver Tabla 4.

Análisis de varianza para TSIS

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	CM Ajust.	F	P
Efectos principales	3	53969.7	53969.7	17989.9	785.99	0.000
TON	1	41720.8	41720.8	41720.8	1822.81	0.000
MHP	1	1835.1	1835.1	1835.1	80.18	0.000
MHS	1	10413.8	10413.8	10413.8	454.98	0.000
2-Interacciones	2	8211.7	8211.7	4105.9	179.39	0.000
TON*MHP	1	1529.2	1529.2	1529.2	66.81	0.000
TON*MHS	1	6682.5	6682.5	6682.5	291.96	0.000
Error residual	26	595.1	595.1	22.9		
Falta de ajuste	2	40.2	40.2	20.1	0.87	0.432
Error puro	24	554.9	554.9	23.1		
Total	31	62776.5				

Tabla 4 Análisis de varianza para el tiempo de servicio en el almacén

Se realiza un diagrama de pareto de efectos estandarizados, ver Grafico 4. En esta gráfica muestra que los efectos principales sobre la variable de respuesta en este caso son las toneladas el factor más importante, después los montacargas contrabalaceados (MHS), y la interacción entre toneladas y MHS, en menor importancia el de montacargas de pasillo (MHP) y la interacción de toneladas y MHP.

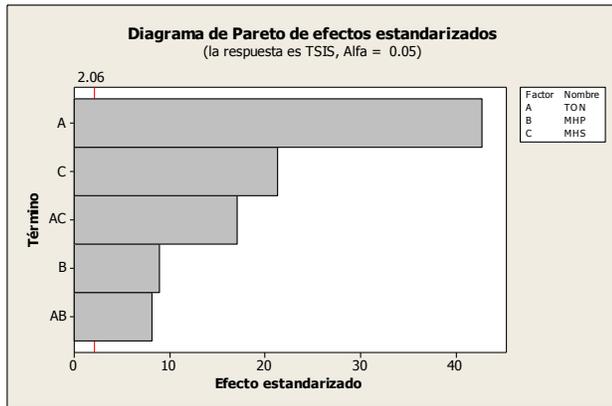


Grafico 4 Diagrama de Pareto de efectos estandarizados

Se realiza una gráfica de efectos principales para la variable de repuesta, ver Grafico 5. En esta gráfica se observa que las toneladas ocasionan un efecto más representativo cuando se incrementa de 1250 toneladas a 2000, esto hace que se incremente el tiempo de servicio de carga y descarga del autotransporte en el almacén.

El factor de montacargas contrabalanceado (MHS) tiene un efecto significativo con respecto a la variable de respuesta, cuando hay dos MHS el tiempo de servicio aumenta y cuando hay tres MHS el tiempo de servicio disminuye. En el factor del montacargas de pasillo (MHP) el efecto es menor y se puede considerar el uso de dos montacargas para el almacén.

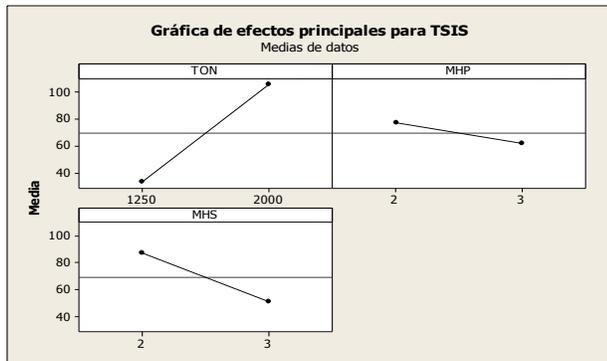


Grafico 5 Gráfica de efectos principales para tiempo de servicio

En la gráfica de interacciones se muestra que factores interactúan entre sí, ver Grafico 6. En esta gráfica se observa que los factores de toneladas y montacargas de pasillo no hay interacción, de igual manera para el factor toneladas y montacargas contrabalanceados, se demuestra que no hay interacción en los otros dos factores.

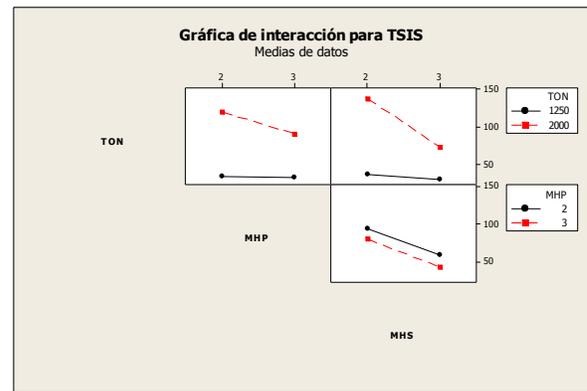


Grafico 6 Interacción para el tiempo de servicio

Conclusiones y recomendaciones

El resultado del diseño de experimentos confirma que los factores: toneladas, montacargas de pasillo y contrabalanceado son significativos para el tiempo de servicio de carga o descarga del autotransporte en el almacén. Se decide utilizar superficie de respuesta para determinar cuándo es necesario considerar trabajar con dos o tres montacargas para ambos tipos.

Superficie de respuesta

La metodología de superficie de respuesta, (MSR o RSM, por sus siglas en inglés) es un conjunto de técnicas matemáticas y estadísticas útiles para modelar y analizar problemas en los cuales una respuesta de interés es influida por varias variables, y el objetivo es optimizar esta respuesta [3].

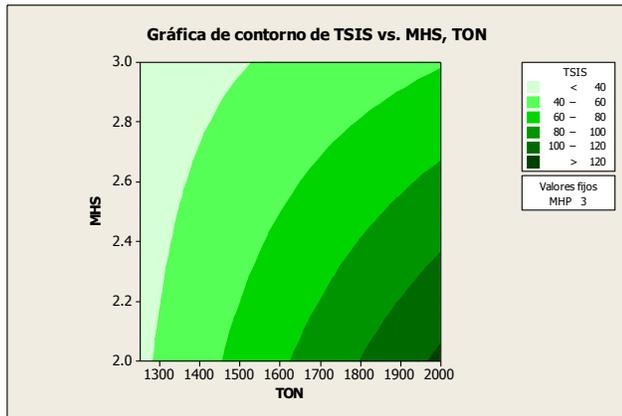


Grafico 7 Contorno del TSIS vs. MHS, TON

Se realiza una gráfica de contorno para determinar la relación del tiempo de servicio de carga o descarga del autotransporte en el almacén con los factores de montacargas contrabalanceado (MHS) y toneladas (TON), ver Grafico 7. En esta gráfica se muestra como cambia el tiempo de servicio de carga o descarga del autotransporte conforme se incrementan las toneladas. Se busca que el tiempo de servicio sea menor de 90 minutos, el intervalo de tiempo de servicio de 80 a 100 minutos corresponde con movimientos de 1600 a 1800 toneladas por semana, con esta información se considera que en el almacén se debe de manejar con dos montacargas contrabalanceados cuando se mueven menos de 1700 toneladas por semana en el almacén.

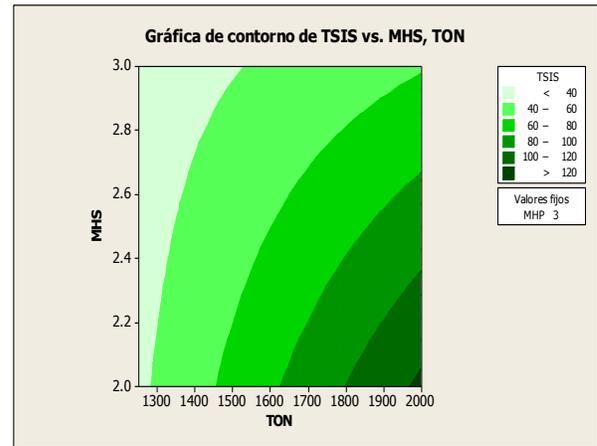


Grafico 8 Contorno del TSIS vs. MHP, TON

Se realiza una gráfica de contorno para determinar la relación del tiempo de servicio de carga o descarga del autotransporte en el almacén con los factores de montacargas de pasillo (MHP) y toneladas (TON), ver Grafico 8. En esta gráfica muestra cómo cambia el tiempo de servicio de los camiones con respecto a la toneladas y el número de montacargas de pasillo, se busca que el tiempo de servicio sea menor de 90 minutos, con esta gráfica se confirma que el almacén puede trabajar con dos montacargas de pasillo cuando se muevan 2000 toneladas por semana.

Se realiza una gráfica de optimización para evaluar el tiempo de servicio de carga o descarga del autotransporte en el almacén para cumplir con el tiempo establecido de 90 minutos, considerando dos montacargas de pasillo (MHP), tres montacargas contrabalanceados (MHS) y 2000 toneladas por semana, ver Grafico 9. En esta gráfica se observa que el objetivo del tiempo de servicio es de 87.45 minutos, por lo tanto, se concluye que la cantidad de montacargas propuesto cumple con el tiempo establecido.

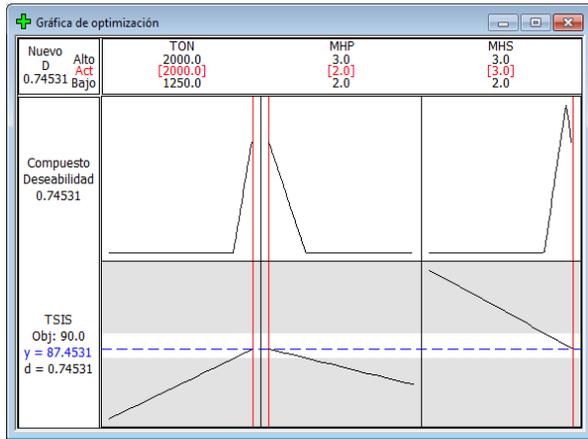


Gráfico 9 Gráfica de optimización

Se analiza en la gráfica de optimización cuando es necesario contratar un tercer montacargas contrabalanceado (MHS) considerando las toneladas que se mueven en el almacén, ver Gráfico 10. Esta gráfica muestra que para cumplir con un tiempo de servicio menor de 90 minutos del autotransporte en el almacén, se debe manejar como máximo 1600 toneladas con esto se garantiza que el tiempo de servicio es de 91.13 minutos, cuando se manejan toneladas mayores de 1600 es necesario solicitar la renta de un tercer montacargas.

La información de las toneladas que se moverán por semana en el almacén se puede conocer con anticipación por los pedidos que se tiene que entregar a los centros de distribución y la materia prima que llega al almacén.

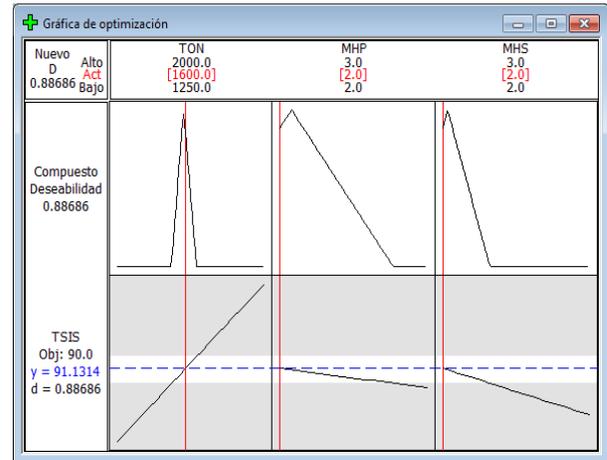


Gráfico 10 Gráfica de optimización

Resultados

El resultado de esta investigación es proponer la cantidad de montacargas adecuados para el almacén, conociendo las toneladas que se manejan por semana en el almacén de producto terminado, las combinaciones de montacargas y toneladas se muestra en la Tabla 5.

	Alternativa 1	Alternativa 2
Cantidad toneladas por semana	< 1600	> 1600
Montacargas de pasillo (MHP)	2	2
Montacargas contrabalanceado (MHC)	2	3

Tabla 5 Alternativas de cantidades de montacargas en el almacén

Conclusiones

El uso de las herramientas de simulación y diseño de experimentos ayudaron a optimizar el tiempo de servicio de carga o descarga del autotransporte en el almacén mediante la variación en la cantidad de los de montacargas dentro del almacén. El impacto económico de este proyecto fue reducir el costo en el uso de un montacargas de pasillo en el almacén, se obtuvo una reducción del 33% en el costo total de la renta de los montacargas.

Otro beneficio fue establecer cuando se requiere contratar un tercer montacargas contrabalanceado para el almacén de producto terminado considerando las toneladas que se mueven en el almacén.

Se demostró a los encargados del almacén de producto terminado la cantidad de montacargas adecuados para realizar las actividades de carga o descarga de autotransportes en al área de embarque, y que es necesario tener más control sobre los operadores que manejan los montacargas.

Aplicar las herramientas de simulación y diseño de experimentos en los sistemas de manufactura ayuda a justificar proyectos de mejora, estas herramientas permiten visualizar diferentes escenarios, condiciones, restricciones y efectos que están presentes en los sistemas reales, además de ayudar en la toma de decisiones a las organizaciones.

Agradecimiento

Se reconoce el apoyo de las empresas Almacenes Vaca y Campo fresco para la realización de este proyecto, también al Instituto Tecnológico Superior de Irapuato (ITESI) por el soporte en la elaboración de este proyecto de investigación.

Referencias

- F. Ortiz, I. Sánchez, M. Arrijoja, C. Sánchez y G. Rodríguez, "Análisis de alternativas de automatización en planta de rendimiento mediante simulación," *AcademiaJournal*, vol. 5. No. 1, pp. 14-34, 2011.
- I. Artamónova, S. Fernández, y D. Mosqueda, "Análisis del rendimiento de los estudiantes aplicando diseño de experimentos: caso particular," *Scientia Et Technica*, vol. 16. No. 44, pp. 78-83, abril 2010.
- D. Montgomery, *Diseño y análisis de experimentos*, Segunda edición, Limusa Wiley, México, 2011.
- Law, Averill, *Simulation modeling and analysis*, McGraw Hill, 2007.
- C. Harrell, B. Ghosh, y R. Bowden, *Simulation using promodel*, McGraw Hill, 2011.
- H. Gutierrez, *Análisis y diseño de experimentos*, Segunda edición, Mcgraw Hill, México, 2008.

Sistema de Gestión Digital para la indexación de evidencias para el CIEES de una Institución de Educación Superior en Altamira, México

GOMEZ-CARPISO, Santiago†, VARGAS-MARTINEZ, Juan, PONCE-FLORES, Mima & BAUTISTA-VARGAS, María

Universidad Politécnica de Altamira. Blvd. Manuel Cavazos Lerma 406-2 Zona Centro. C.P.8960, Altamira, Tamaulipas

Recibido 8 de Abril, 2015; Aceptado 13 de Junio, 2015

Resumen

La Tecnología de la Información y las redes de Comunicación se convierten en herramientas del intercambio de información y colaboración involucrando espacios digitales. El uso de estos sistemas informáticos, facilitan la gestión administrativa. Algunas de las problemáticas que se presentan en la gestión administrativa, es la rastreabilidad de evidencias que comprueben las acciones realizadas para cumplir con parámetros marcados en la gestión. El objetivo es el desarrollo de un Sistema de Gestión Digital (SGD) para la indexación de evidencias en función a los requerimientos de los Comités Interinstitucionales de Evaluación de la Educación Superior (CIEES) que aplican Instituciones de Educación Superior (IES). Por medio del desarrollo de una aplicación Web, utilizando lenguajes de programación: PHP, JavaScript y HTML; así como frameworks: jQuery y Bootstrap, con a una base de datos relacional en MySQL. Para la fase de validación del SGD se implementó en la Universidad Politécnica de Altamira, formando un grupo de voluntarios durante el periodo de prueba. Lográndose su validación de implementación y uso, obteniéndose un 88% de aceptación, encontrando áreas de oportunidad. Las perspectivas de la investigación es el mejorar el modelo ampliando el sistema de indexación.

Gestión digital, indexador, CIEES, IES

Abstract

The Information Technology and Communication networks become tools for information exchange and collaboration involving digital spaces. The uses of these computer systems facilitate administration. Some of the problems that arise in the administration are the tracing of evidence that prove the actions taken to comply with parameters set by management. The objective is the development of a Digital Management System (DMS) for indexing based evidence to the requirements of the Inter-institutional Committees for the Evaluation of Higher Education (ICEHE) applying Higher Education Institutions (HEI). Through the development of a Web application using programming languages: PHP, JavaScript and HTML; and frameworks: jQuery and Bootstrap to a relational database in MySQL. For the validation phase of DMS was implemented at the Polytechnic University of Altamira, forming a group of volunteers during the trial period. Achieve validation implementation and use, obtained an 88% of acceptance, finding areas of opportunity. The prospects of the research are to improve the model by extending the indexing system.

Digital management, indexer, CIEES, HEI

Citación: GOMEZ-CARPISO, Santiago, VARGAS-MARTINEZ, Juan, PONCE-FLORES, Mima & BAUTISTA-VARGAS, María. Sistema de Gestión Digital para la indexación de evidencias para el CIEES de una Institución de Educación Superior en Altamira, México. Revista de Tecnología e Innovación 2015, 2-3:637-646

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

En la actualidad el desarrollo de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), así como los Sistemas de Información permiten realizar una gran cantidad de actividades de manera digital (Díaz et al., 2013; De la Fuente y Pérez, 2010; Bosch, 2002; Kling, 2000; Checkland y Holwell, 1997).

En la actualidad, la consulta de información se realiza por medio de distintos dispositivos, ya sean móviles como laptops, teléfonos inteligentes, tabletas electrónicas, entre otros; o equipos fijos como computadoras de escritorio y servidores, facilitando el acceso a información, documentos y archivos en versión digital, mediante el uso de las capacidades y métodos de comunicación que estos poseen, permitiéndoles comunicarse a través del uso del internet o una red de área local (García et al., 2012; Osterhout et al., 2005).

Los archivos digitales brindan al usuario la capacidad de compartir información relevante con otras personas en distintos tipos y formatos como imágenes, videos, documentos, hojas de cálculo, pdf, entre otros. La estructura deseada de un sistema de gestión digital de archivos en internet, ha sido abordada con anterioridad en la filosofía donde se plantea el uso de un servidor para la carga de archivos y el modelado de una base de datos para relacionar información relevante sobre el archivo cargado en el servidor (Álvarez y Fernández, 2012; Bosch, 2002; Stefik et al., 1997).

La posibilidad de carga de archivos a un servidor y la capacidad de relacionar el contenido de los archivos a una descripción específica, permitió el surgimiento de la idea de desarrollar una herramienta de software capaz de mostrar áreas de necesidad de una empresa u organización que permita la adjunción de archivos que solventen, resuelvan o aporten solución a la problemática (García et al., 2012; Bosch, 2002). La Gestión digital como la automatización de procesos clave que facilitan la toma de decisiones estratégicas al interior de una institución, tomando como base el proceso administrativo (Silva et al., 2013; Tramullas, 2006; Peña et al., 2002).

Una de las problemáticas observadas en una Institución de Educación Superior (IES) es la rastreabilidad de evidencias o documentos que comprueben las acciones realizadas para cumplir con los parámetros de evaluación y acreditación a las que es sometida (Ordorika, 2014; Castillo et al., 2014; Cardoso y Cerecedo, 2011; Rubstein et al., 2002).

La evaluación y acreditación son parámetros considerados para medir la calidad de las IES mexicanas (Beltrán et al., 2014). En el caso de la evaluación, ésta función está a cargo de los Comités Interinstitucionales de Evaluación de la Educación Superior (CIEES), y lo concerniente a la acreditación está regulado por la Consejo para la Acreditación de la Educación Superior A.C. (COPAES). Actualmente, los CIEES están integrados por nueve cuerpos colegiados y se han reportado en el nivel 1 (programas con un alto grado de desarrollo y consolidación) 2184 programas. En lo referente a la acreditación el COPAES ha reconocido a 26 organismos acreditadores y reporta 1637 programas educativos acreditados. Se está en proceso de contar con un Sistema Nacional de Evaluación (COPAES, 2015; CIEES, 2015; Hernández et al., 2015; Ferriño et al., 2014; Ordorika, 2014; Alonzo et al., 2009).

En caso de CIEES proporciona un listado de recomendaciones que permiten establecer las necesidades actuales de la IES evaluada, dando a conocer las áreas de mejora y mejoras necesarias para ser evaluada satisfactoriamente (CIEES, 2015). En futuras evaluaciones se toma como punto de partida las recomendaciones anteriores, procediendo a validar los cambios sugeridos a la IES, así como elementos de evidencia que comprueben las acciones realizadas, como documentos oficiales, archivos de texto, fotos, entre otros.

La Universidad Politécnica de Altamira, se encuentra en proceso de evaluación por CIEES. La problemática detectada es la falta de organización, localización y validación de las evidencias que comprueben las acciones realizadas bajo los parámetros marcados en el listado de recomendaciones de CIEES. Lo cual genero la necesidad del desarrollo de una herramienta digital que integrará las evidencias de información, generando una Gestión Digital. Es por ello que se desarrolló una aplicación Web, para generar el SGD el cual se implementó en la Universidad Politécnica de Altamira, con el fin de tener de manera oportuna y efectivamente las evidencias correspondientes para su próxima evaluación.

Metodología

La presente investigación se llevó a cabo en la Universidad Politécnica de Altamira (UPALT), en un periodo de seis meses (septiembre 2014 - marzo 2015). La metodología de trabajo consiste en cuatro etapas (Figura 1).

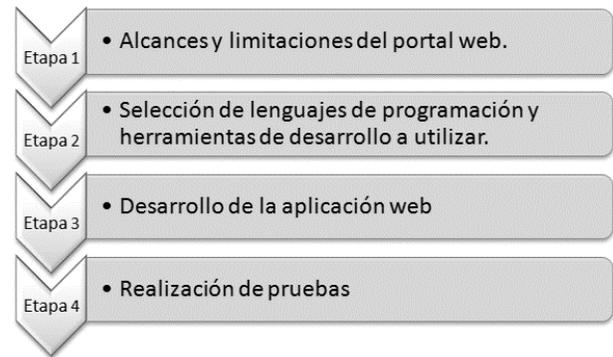


Figura 1 Etapas de desarrollo.

Las cuales describen el análisis de los alcances y limitaciones del SGD, las características de programación para el desarrollo de la herramienta correlacionando las necesidades del tipo de gestión. Finalmente, se realiza la validación del SGD por medio de un grupo de usuarios voluntarios de la UPALT, durante el periodo de prueba. A los cuales se les aplico una encuesta, con el fin de reconocer las áreas de oportunidad acerca del SGD.

Resultados

Etapa 1: Alcances y limitaciones del portal web.

Dentro de la planificación del portal Web se propuso elaborar una herramienta de fácil acceso y uso para los usuarios, restringiendo el acceso por medio de un formulario de ingreso al sistema (correo y contraseña). Además de proporcionar al administrador la capacidad de otorgar y restringir permisos de manera individual a usuarios y/o por modulo del sistema.

El sistema contara con dos módulos principales: Usuarios y Documentos; cada uno de ellos se les establece las opciones de Agregar, Buscar, Modificar y Eliminar.

Como se menciona anteriormente el caso de estudio es la Universidad Politécnica de Altamira y el organismo clasificador CIEES.

Delimitando al sistema a solo tomar referencia al organismo clasificador CIEES, los demás organismos clasificadores no están contemplados en el desarrollo de esta herramienta, haciendo solo referencia parcial a algunos elementos de estos organismos en el sistema.

El sistema permitirá la carga de archivos digitales al servidor excluyendo aquellos con extensiones “.exe”, como archivos ejecutables del Sistema Operativo Windows.

Etapa 2: Selección de lenguajes de programación y herramientas de desarrollo a utilizar.

El sistema usará la herramienta Twig (Sensio Labs, 2012) para la estructura de las vistas del portal Web, las cuales contendrán el código HTML (Lamarca, 2014) y referencias a archivos JavaScript, con extensión “.js” en los cuales se usara el framework jQuery (The jQuery foundation, 2015) para la declaración de funciones del lado cliente. Además de AJAX (Asynchronous JavaScript and XML) para realizar las peticiones al servidor.

Para el manejo de las funciones que realizara el servidor se usara el lenguaje PHP (The PHP Group, 2015) y Mysql (Oracle Corporation and/or its affiliates, 2015) (Figura 2) como sistema gestor de base de datos. Como elemento de diseño de la vista se usó Bootstrap que es un framework libre basado en css3.

Lenguajes Utilizados	Frameworks utilizados	Software Utilizado
I. HTML[4]	I. jQuery[6]	I. MysqlWorkbench
II. JavaScript		II. Sublime Text2 (Trial version)
III. PHP[5]		
IV. Mysql		

Figura 2 Lenguajes y herramientas para el desarrollo.

La estructura deseada para el portal Web requiere que exista una organización entre los archivos visibles para el usuario y los que usara el servidor (Figura 3).



Figura 3 Estructura de archivos establecida para el SGD.

Etapa 3: Desarrollo de la aplicación Web.

Estableciendo la estructura del sistema Web, se lleva a cabo la creación del portal regido por un comportamiento basado en permisos. Dichos permisos son evaluados por funciones en el servidor usando lenguaje PHP.

Así como la extracción de datos de una Base de datos hecha en Mysql (Figura 4) haciendo uso de una estructura de carpetas y archivos organizada (Figura 3).

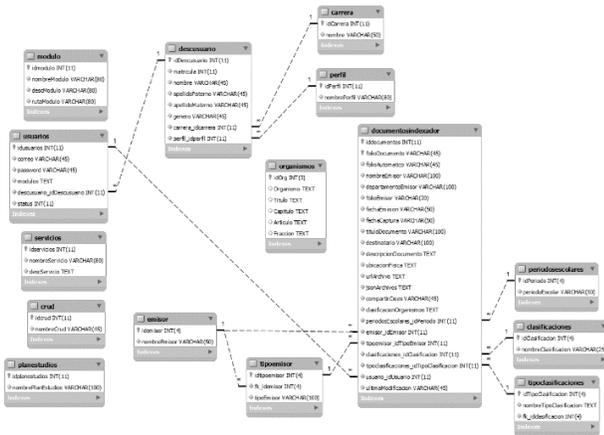


Figura 4 Diagrama de la base de datos relacional usada en el sistema.

En la Figura 5, se muestra el proceso realizado para iniciar sesión en el sistema, el cual consiste en una función que recibe como parámetros el correo y la contraseña del usuario y muestra la página indicada según la respuesta obtenida.

Proceso 1: Proceso realizado para iniciar Sesión en el sistema.

Datos de entrada:

Login → Correo electrónico
 Password → Contraseña de acceso al sistema

```

1: if(iniciarSesion(Login, Password))then
2:  mostrarMenu();
3: End if
4: else
5:  MostrarMensaje ("Usuario y/o contraseña inválidos");
6: End else
    
```

Figura 5 Proceso realizado para iniciar sesión en el sistema.

En la Figura 6, se muestra el proceso realizado al tratar de acceder un módulo del sistema. El cual consiste en tomar el nombre del módulo al que se desea acceder y comprobar si el usuario, que ha iniciado sesión, tiene permiso de acceso. Después de obtener la respuesta, una función muestra la página correspondiente.

Proceso 2: Proceso realizado para acceder a un módulo del sistema.

Datos de entrada:

modulo → Nombre del modulo al que se quiere acceder

```

1: if(permisoAccederModulo(modulo))then
2:  mostrarOpcionesDelModulo();
3: End if
4: else
5:  MostrarMensaje ("No Tiene permiso de acceso a este modulo");
6:  redireccionar ("m001Login/index.php");
6: End else
    
```

Figura 6 Proceso realizado para acceder a un módulo del sistema.

En la Figura 7, se muestra el proceso realizado dentro de un módulo, ya habiendo realizado el proceso de validación de acceso a modulo (Figura 6), el cual consiste en validar si el usuario tiene acceso a las opciones de: Crear, Buscar y Modificar; y así brindarle o negarle el acceso a la página solicitada y re-direccionarlo a la página que si tiene acceso.

Proceso 3: Proceso realizado para acceder a una función dentro de un modulo.

Datos de entrada:

funcionModulo → Nombre del modulo al que se quiere acceder

```

1: if(permisoAccederFuncionModulo(funcionModulo))then
2:  mostrarFuncionModulo();
3: End if
4: else
5:  MostrarMensaje ("No Tiene permiso de acceso a esta función de este modulo");
6:  redireccionar ("index.php");
6: End else
    
```

Figura 7 Proceso realizado para acceder a una función dentro de un módulo.

Etapa 4: Realización de pruebas

Validación del comportamiento basado en permisos

El comportamiento basado en permisos comienza al iniciar sesión en el sistema (Figura 5), ya que identifica a que módulos puede acceder el usuario que ingresa a él (logueado) mostrando un menú con las opciones que tiene permitidas únicamente (Figura 8).



Figura 8 Comparación entre menú de usuarios con distintos permisos.

Después cuando el usuario trata de acceder a uno de los módulos de su menú, es dirigido al archivo index.php. En dicho modulo es evaluado el permiso de acceso a este módulo (Figura 6). Esta medida fue tomada bajo la premisa de que en un sistema Web se puede acceder a una página conociendo la “url” que le corresponde, dando a entender que si el usuario conoce la ruta de un módulo puede ingresarla manualmente y acceder a esta. Si el usuario trata de acceder a un módulo sobre el cual no tiene permiso es re-direccionado al menú principal.

Módulo de administración de usuarios.

En la Figura 9 se muestra las tres opciones en el módulo de usuarios se encuentran disponibles, las cuales son: Agregar, Buscar y Modificar.



Figura 9 Menú de usuarios.

En la Figura 10 se muestra la opción de agregar para el usuario. Esta opción muestra un formulario en el cual se encuentra información del usuario. En la parte inferior se encuentra la tabla de módulos existentes en el sistema y los permisos que se les pueden otorgar, con un valor por defecto negativo, es decir sin permisos de acceso.



Figura 10 Formulario para agregar un usuario.

Módulo de indexación de documentos

En el módulo de indexador de documentos se encuentran disponibles cuatro opciones, las cuales son: Agregar, Buscar, Modificar (Figura 11).

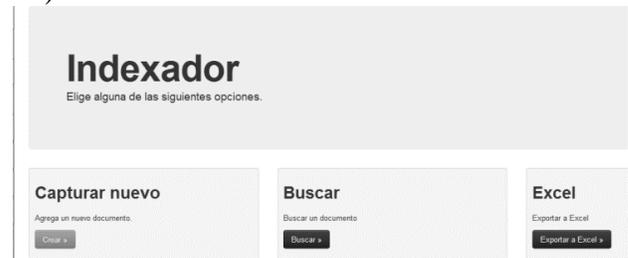


Figura 11 Menú del indexador.

En el indexador, la opción Agregar despliega una ventana donde se muestra un formulario en el cual se encuentra información relevante acerca del documento o archivo que se desea agregar (Figura 12).

Entre estos datos se encuentran los cinco combos que permiten relacionar al documento con una o varias recomendaciones realizadas por el CIEES, en la parte inferior aparece la opción de cargar archivos (Figura 13) en la cual al dar clic nos permitirá cargar archivos del equipo que se está usando al servidor.

Nuevo Documento

Datos Generales Del Documento
 Folio del Documento: 000001 | Tipo Emisor: Automático | Emisor: [dropdown] | Nombre del Emisor: [input] | Departamento del emisor: [input] | Folio Emisor: [input]

Clasificación del Documento
 Clasificación 1 y 2: [dropdown] | Tipo de clasificaciones: [dropdown] | Organismo: [dropdown] | Título: [dropdown] | Capítulo: [dropdown] | Artículo: [dropdown] | Fracción: [dropdown]

[Agregar Nuevas Clasificaciones]

Figura 12 Vista superior del formulario para agregar documento.

Datos Especificos del Documento
 Fecha de solicitud/Periodo Escolar/Nombre del Documento/Descripción

Periodo Escolar: [dropdown] | Fecha: [input]

Título: [input] | A quién va dirigido: [input]

Descripción: [input]

Ubicación del Documento
 Física y Digital

Física: [input]

URL: [input]

Seleccionar documento: [Examinar] | Ningún archivo seleccionado.

[Subir Archivo >]

Permisos del documento
 Compartir con CIEES Privado

[Agregar Documento]

Figura 13 Formulario de carga de archivos al servidor.

La opción Buscar del indexador, en la parte superior del formulario de búsqueda se encuentran una serie de filtros que facilitan la búsqueda de una serie de documentos o un documento en específico, haciendo más fácil el acceso a la información.

Filtros Generales [Limpiar filtros generales >]

Emisor: [dropdown] | Tipo Emisor: [dropdown] | Clasificaciones: [dropdown] | Tipo de clasificaciones: [dropdown]

Periodo Escolar: [dropdown]

Desear ver: [Citas y Mos] | [Solo Citas] | [Solo Mos]

Filtros Especificos [Limpiar filtros especificos >]

Folio Documento: [input] | Folio del Emisor: [input] | Título: [input] | Destinatario: [input]

Descripción: [input] | Nombre del Emisor: [input] | Departamento del Emisor: [input]

Figura 14 Vista superior del formulario de búsqueda.

En la parte inferior del formulario se muestra el resultado de la búsqueda (Figura 15), los cuales cuentan con información relevante del documento y la posibilidad de modificarlos, en el caso si se cuenta con el permiso.

Así como un enlace directo a los archivos en su versión digital enlazados a los documentos permitiendo visualizarlos, solo los formatos de imagen y “pdf” o descargarlos. La descarga automáticamente se enlaza a todo lo que no se puede visualizar. Permitiendo al usuario buscar archivos propios o lo de otros usuarios, que hayan decidido compartirlos de manera rápida.

Filtros Especificos [Limpiar filtros especificos >]

Folio Documento: [input] | Folio del Emisor: [input] | Título: [input] | Destinatario: [input]

Descripción: [input] | Nombre del Emisor: [input] | Departamento del Emisor: [input]

Acciones Adicionales de los filtros

Documentos permitidos: [10] [Limpiar todos los filtros >]

Folio Documento	Emisor	Título	Emisor	Destinatario	Emisión	Ubicación Física	Ubicación Digital	
000001	CE521	Carta Compromiso	Georgina Castilleja Valdez	Consejo Estudiantil	Santiago Gómez Carpio	09/04/2015	Carpeta Rosa indice 10	0000001-0.doc
000002	P5869	Carta Compromiso	Georgina Castilleja Valdez	Consejo Estudiantil	Santiago Gómez Carpio	09/04/2015	Carpeta Rosa indice 11	0000001-0.doc
000003	P5870	Carta Compromiso	Georgina Castilleja Valdez	Consejo Estudiantil	Santiago Gómez Carpio	09/04/2015	Carpeta Rosa indice 12	0000001-0.doc

Figura 1 Vista inferior del formulario de búsqueda.

Validación por los usuarios.

El sistema fue puesto a prueba para su validación por periodo de un mes restringiendo el acceso a 10 usuarios, de los cuales se al final del periodo de prueba se les aplicó una encuesta para conocer el porcentaje de aceptación.

En la Tabla 1, se muestran los resultados obtenidos. Dicha encuesta se describe en cuatro características del SGD, donde se evalúa y valida la carga de archivos, el acceso de documentos propios y compartidos, la edición de archivos y el enlace del documento con las recomendaciones del CIEES.

El 90% de los usuarios realizó la carga de archivos de manera correcta, al 10% restante se le capacitó a usar el gestor. Todos los usuarios ingresaron correctamente a la información disponible en el gestor. El 80% de los usuarios logró entender y usar la opción de edición de archivos. Al 20% restante se le capacitó para que lograra realizar esta tarea. El 80% de los usuarios entendió el uso de relacionar los indicadores con el documento. Al 20% restante se le capacitó para que lograra realizar esta tarea.

Características	Si	No
Carga de archivos al sistema por usuario.	9	1
Acceso a archivos propios y compartidos.	10	0
Edición de propios archivos.	8	2
Enlace de archivo con recomendación(es).	8	2
Total	35	5

Tabla 1 Resultado de la validación del sistema por los usuarios.

De manera general se obtuvo un 88% aceptación del SGD, solo el 12% fueron problemáticas de capacitación las cuales se resolvieron en tiempo y forma. De acuerdo al objetivo planteado se logró desarrollar el gestor administrativo del caso de estudio CIEES de la UPALT logrando un 90% de integración.

Conclusiones

En esta investigación se ha presentado el desarrollo de un SGD para la indexación de documentos para el caso de estudio de los requerimientos de CIEES de la UPALT.

El SGD para la indexación de evidencias que se desarrollo es una herramienta que permite la carga de archivos en un servidor, permitiendo a los usuarios interactuar en la gestión digital. Desarrollando una red de colaboración para el seguimiento de indexación de evidencia del listado de recomendaciones realizadas por el CIEES. Dando como resultado un acceso a la información y archivos deseado de una manera más fácil y sencilla desde cualquier lugar.

Los resultados obtenidos muestran la aceptación de esta herramienta digital con el fin de llevar de una manera más organizada los documentos administrativos de la organización, en este caso particular una IES; se ve la posibilidad de que otras instituciones o empresas sean capaces de implementarlo.

Dando como resultado un SGD que proporciona un fácil acceso a la información, archivos y documentos que este contiene, desde cualquier dispositivo con una conexión a internet.

El uso de permisos para el acceso al sistema proporciona una gran eficiencia en el flujo de información, debido a la validación realizada antes de ejecutar las peticiones a la base de datos ya que si no tiene los permisos necesarios el usuario es redirigido al menú principal.

El uso compartido de archivos permite que todos los usuarios con acceso al sistema puedan ver los documentos, más solo el usuario que lo creo es capaz de hacer modificaciones. Dando como resultado una fuente confiable de información relacionada al usuario que se encargó de subirla al sistema. Las perspectivas de la investigación es el mejorar el SGD, ampliando el sistema de indexación.

Referencias

- Alonzo R., D. E.; Bolaños C., L. A. Y Gómez A., R. (2009) La evaluación y acreditación en las instituciones de educación superior mexicanas. Sitio web: http://www.quadernsdigitals.net/datos_web/meroteca/r_1/nr_804/a_10838/10838.html
- Álvarez, J. P. y Fernández, G. V. (2012). Gestión de un repositorio de objetos de aprendizaje para la instalación, configuración y uso del software DSPACE.
- Beltrán, M. R., Schmelkes, S., y Díaz-Barriga, Á. (2014). La evaluación educativa. Presentación del número especial de Perfiles Educativos 2013. La evaluación en la educación superior. Perfiles Educativos, 36(145).
- Bosch, M. (2002). La gestión del conocimiento en el medio digital: viejos problemas de tratamiento de información y aspectos nuevos. Ciencias de la Información, 3(1), 35-43.
- Cardoso E., E. O. y Cerecedo M., M. T. (2011). Propuesta de indicadores para evaluar la calidad de un programa de posgrado en Educación. Revista electrónica de investigación educativa, 13(2), 68-82.
- Castillo, A. R. M., Torres, J. A. C., Meza, N. L. G., y Ramírez, P. (2014). La Evaluación de la Educación Superior y su Relación con los Retos de Innovación. International Review of Business Research Papers, 10(3).
- Checkland, P. y Holwell, S. (1997). Information, systems and information systems: making sense of the field.
- CIEES (2015) Comités Interinstitucionales de Evaluación de la Educación Superior. Sitio Web: <http://www.ciees.edu.mx/>
- COPAES (2015) Coordinación para la Planeación de la Educación Superior. Sitio Web: <http://www.copaes.org/>
- De la Fuente, G. B., y Pérez, D. A. H. (2010). Modelo de repositorio institucional de contenido educativo (RICE): la gestión de materiales digitales de docencia y aprendizaje en la biblioteca universitaria. Tesis. Universidad Carlos III de Madrid. Departamento de Biblioteconomía y documentación.
- Díaz, J. F., Schiavoni, M. A., Osorio, M. A., Amadeo, A. P., y Charnelli, M. E. (2013). Difusión de la actividad académica a través de la integración de entornos virtuales de aprendizaje con redes sociales, sistemas académicos y repositorios digitales. En: XV Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación.
- Ferriño, P. C. E., González, M. D. R. G., Cárdenas, M. E. C., y Cárdenas, L. G. C. (2014). La acreditación como un proceso en la mejora continúa en una carrera profesional del área de ciencias. Revista Iberoamericana de Producción Académica y Gestión Educativa.
- García, J. A. C., Cascón, F. C., Díaz, R. G., y Arévalo, J. A. (2012). Libros electrónicos y contenidos digitales en la sociedad del conocimiento: mercado, servicios y derechos.
- Hernández, P. M., Leyva, S. L., Márquez, C. Z., y Cerda, A. B. N. (2015). Evaluación de la calidad de la educación superior en México: comparación de los indicadores de rankings universitarios nacionales e internacionales. RIESED-Revista Internacional de Estudios sobre Sistemas Educativos, 2(4), 35-51.
- Kling, R. (2000). Learning about information technologies and social change: The contribution of social informatics. The information society, 16(3), 217-232.

Lamarca L., M. J. (2014) Hipertexto: El nuevo concepto de documento en la cultura de la imagen. Sitio web: <http://www.hipertexto.info/documentos/html.htm>

Oracle Corporation and/or its affiliates (2015) Mysql The world's most popular open source Database. Sitio web: <http://www.mysql.com/>

Ordorika, I. (2014). Sistema de información para la evaluación de la educación superior en México. Vol. XLIII (3), No. 171. ISSN 0185-2760

Osterhout, G. T., McAlear, J. A. y Sosebee, M. A. (2005). U.S. Patent No. 6,965,614. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

Peña, R., Baeza-Yates, R., y Muñoz, J. V. R. (2002). Gestión digital de la información: de bits a bibliotecas digitales y la web. Ra-Ma.

Rubstein, L., Yushin, Y., CIEES y Makarevsky, M. (2002). U.S. Patent Application 10/173,511. Comités Interinstitucionales de Evaluación de la Educación Superior (CIEES).

Sensio Labs (2012) The flexible, fast, and secure template engine for PHP. This website is powered by PHP and Twig. Sitio web: <http://twig.sensiolabs.org/>

Silva, R., Cruz, E., Méndez, I., y Hernández, J. Á. (2013). Sistema de Gestión Digital para mejorar los procesos administrativos de Instituciones de Educación Superior: Caso de estudio en la Universidad Autónoma Metropolitana. *Perspectiva Educacional*, 52(2), 104-134.

Stefik, M. J., Merkle, R. C. y Pirolli, P. L. (1997). U.S. Patent No. 5,634,012. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

The jQuery fundation (2015) jQuery write less, do more. Sitio web: <https://jquery.com/>

The PHP Group (2015) PHP. Sitio web: <http://php.net/>

Tramullas, J. (2006). Software libre para gestión de recursos de información digital. In Proceedings. Encuentro Internacional sobre Conocimiento Libre, II Conferencia Internacional de Software Libre, Mérida, Spain (pp. 346-356).

Diseño de una golosina tradicional a base de *Apis Mellifera* o *Gromphadolina portentosa* que contribuya en el aporte energético de la dieta diaria

RUBIO-Daniela†, MELO-Virginia, NOGUEZ-Norma & RUBIO-Alejandro

Universidad Autónoma Metropolitana de Xochimilco. Depto. Del Hombre y su Ambiente. ¹Depto. De Sistemas Biológicos. Calza. Del Hueso 1100. Col. Villa Quietud, Delg. Coyoacán, CP 04960, D.F. México

Recibido 14 de Abril, 2015; Aceptado 10 de Junio, 2015

Resumen

El propósito de este trabajo fue, analizar el contenido de nutrientes que contienen los insectos (abeja melífera y la cucaracha gigante de Madagascar). Elaborar dos tipos de golosinas nutritivas, atractivas al consumidor y con alto contenido en nutrientes, que sustituya a los productos “chatarra”. Realizando una caracterización de cada uno de los insectos utilizados (*Apis mellifera* y *Gromphadorhina portentosa*) en su contenido de grasas, proteína, minerales (calcio, fósforo y hierro) y el contenido de fibra, mediante estudios bromatológicos, para la elaboración de la golosina. Para este propósito se realizó una investigación experimental, prospectiva longitudinal y comparativa para conocer el grado de aceptación de la golosina desarrollada a base de estos.

La golosina elaborada con chocolate dulce y abeja tuvo una aceptación del 58.33%, mientras que la golosina elaborada con chocolate amargo y cucaracha fue del 41.67%, esto debido a que el sabor amargo del chocolate se acentuó aún más con la mezcla de cucarachas. En relación a los resultados obtenidos las golosinas desarrolladas pueden ser empleadas como colación entre alimentos a lo largo del día.

Apis Mellifera, Gromphadolina portentosa, estudios bromatológicos

Abstract

In this investigation, the quantity of nutrients on the insects *Apis mellifera* (honeybee) and *Gromphadorhina portentosa* (Madagascar hissing cockroach) was determined by compositional analysis with the purpose of developing two nutritious snacks, attractive to the consumer and high in nutrients that can replace the “junk” products.

For this purpose, an experimental, prospective and longitudinal investigation was performed to determine the degree of acceptance of the candy composed of these insects.

Candies made with sweet chocolate and honeybee had a 58.33% acceptance while candies made with unsweetened chocolate and cockroach only reached 41.67% being that the bitter flavor of the chocolate was accentuated with the cockroach mixture. According to the obtained results, the developed treats can be used as a snack between meals throughout the day.

Apis mellifera (honeybee), Gromphadorhina portentosa (Madagascar hissing cockroach), compositional analysis

Citación: RUBIO-Daniela, MELO-Virginia, NOGUEZ-Norma & RUBIO-Alejandro. Diseño de una golosina tradicional a base de *Apis Mellifera* o *Gromphadolina portentosa* que contribuya en el aporte energético de la dieta diaria. Revista de Tecnología e Innovación 2015, 2-3:647-656

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

La alimentación humana ha sido transmitida de generación en generación, la experiencia empírica y la eficacia simbólica acerca de la forma más conveniente de alimentarse, rebasan ampliamente el objetivo práctico de saciar el apetito y evitar daños a la salud por carencia o excesos (Muñoz de Chávez, 2010). Desde hace miles de años el hombre ha consumido insectos para satisfacer sus necesidades alimenticias, pero en algún momento de la historia este hábito disminuyó drásticamente en determinadas culturas por razones no muy claras. En México, esta costumbre se ha registrado desde antes del encuentro entre los dos mundos, con el sabio aprovechamiento de los nativos hacían de estas especies animales encontradas generosamente tanto en medios acuáticos como terrestres; con ellos elaboraban muy variados, sabrosos y nutritivos platillos que constituían verdaderos banquetes para gobernantes y sacerdotes (Viesca, 2009). Se le denomina entomofagia a la práctica del consumo de insectos. Ésta se practica en muchos países de todo el mundo, pero principalmente en regiones de Asia, África y América Latina. La ingesta de insectos complementa la dieta de aproximadamente 2,000 millones de personas y se trata de un hábito que siempre ha estado presente en la conducta alimentaria de los seres humanos. En el mundo se consumen, aproximadamente, más de 1,900 especies de insectos comestibles. La mayoría de estos insectos se recogen directamente del medio natural. De acuerdo con la FAO, los insectos más consumidos, alrededor del mundo, son los escarabajos (31%), las orugas (18%) y las abejas, avispas y hormigas (14%).

Les siguen los saltamontes, las langostas y los grillos (13%), las cigarras, las cochinillas y las chinches (10%), las termitas (3%), las libélulas (3%) y las moscas (2%) (Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura, FAO, 2014). En México la entomofagia se ha practicado desde la época prehispánica, ya que tiene una gran variedad de especies comestibles, de hecho, 549 de las 2,000 existentes son nativas y se encuentran principalmente en los estados del centro, sur y sureste del país (Velázquez, S/F).

A pesar de los enormes avances que en general ha experimentado México en los últimos años, la obesidad, sigue siendo un problema a solucionar en el país, poniendo de manifiesto la necesidad de aumentar los esfuerzos en promover una dieta saludable y equilibrada en todos los grupos de edad. A menudo los cambios en los hábitos de alimentación y actividad física son consecuencia de cambios ambientales y sociales asociados al desarrollo de la falta de políticas de apoyo en sectores como la salud, agricultura, transporte, planeamiento urbano, medio ambiente, procesamiento, distribución y comercialización de alimentos y educación (WHO, 2015). Otro aspecto importante es el de la sustentabilidad en la producción de proteína a partir de insectos. Los insectos son extremadamente ricos en proteínas, y su contenido de aminoácidos hace que este sea similar al pescado, además los insectos pueden transformar cualquier clase de material orgánico, como los desechos de los alimentos. En la actualidad, se desechan el 20% de los alimentos. Esto podría ser un recurso sustentable para la producción de insectos. En la escala global, la harina de insectos basado en los desechos orgánicos pueden proveer tres veces más proteína que toda la soja producida en la actualidad.

Con base a lo anterior, se plantea que si combinamos el valor nutritivo de *Apis mellifera* (abeja) o *Gromphadorhina portentosa* (cucaracha de Madagascar) con las propiedades nutritivas de otros alimentos y 100% libre de conservadores, podremos producir un alimento en forma de una golosina que sea aceptada por la población que ayude a cubrir parcialmente los requerimientos energéticos de hombres y mujeres de 18-30 años de edad.

Para lograr esto se propuso: analizar el contenido de nutrientes que contienen los insectos (abeja melífera y la cucaracha gigante de Madagascar). Investigar la disponibilidad del insecto en el año. Elaborar 2 tipos de golosinas nutritivas, económicas, atractivas al consumidor y con alto contenido en nutrientes, que sustituya a los productos “chatarra”. Una con chocolate dulce, abeja mielera (*Apis mellifera*) y cacahuete, y la segunda con chocolate amargo, cucaracha gigante de Madagascar (*Gromphadorhina portentosa*) y cacahuete. Por último, investigar el nivel de aceptación de la golosina por parte de la población objetivo.

Materiales y métodos

Con el propósito de desarrollar una golosina nutritiva que coadyuve al aporte nutrimental de hombres y mujeres de 18 a 30 años de edad, y que cumpla con las características organolépticas apropiadas para su aceptación, se procedió a elaborar y caracterizar la golosina a base de insectos. De igual manera se procedió a caracterizar cada uno de los insectos utilizados (*Apis mellifera* y *Gromphadorhina portentosa*) en la elaboración de la golosina.

Para este propósito se realizó una investigación experimental, prospectiva longitudinal y comparativa para conocer el índice de contenido nutrimental que contienen los insectos utilizados y el grado de aceptación que tuvo la golosina a base de estos.

Material y reactivos

Ácido clorhídrico (J.T.Baker), solución de hidróxido de sodio al 10%, solución de EDTA, solución de molibdato de amonio, éter de petróleo, solución de ácido bórico al 4%, granalla de zinc, estufa de secado, balanza granataria, mufla, espectrofotómetro Perkin-Elmer, digestor para grasa Goldfisch, digestor de fibra, digestor de proteína Kjeldahl.

Procedimiento para la elaboración de la golosina

A. Los insectos fueron conseguidos en 2 sitios diferentes. La abeja melífera o doméstica, fue capturada en los puestos de dulces ubicados en el Mercado de la Merced, y las cucarachas gigantes de Madagascar fueron compradas en el Mercado de Sonora.

B. Identificación taxonómica de los insectos utilizados para la elaboración de la golosina.

En los insectos elegidos se observaron sus características macroscópicas, se identificaron y se definió su taxonomía, de acuerdo con la información obtenida en la bibliografía.

C. Elaboración de la golosina a base de abeja y cucaracha de Madagascar.

Descongelar lo insectos, limpiarlos, tostarlos y triturar por separado 10 abejas y 15 cucarachas en un mortero. Agregar al polvo de abeja el chocolate (10-15 g) derretido a baño maría con polvo de cacahuete (5-10 g) hasta lograr una mezcla homogénea, verter en moldes y refrigerar; realizar el mismo procedimiento con el polvo de cucaracha.

Metodología del Análisis químico proximal (AQP) de la abeja melífera, cucaracha de Madagascar y las golosinas elaboradas a base de estos insectos.

Materia seca y húmeda. Se considera que la pérdida de peso es agua. El secado de la muestra deberá realizarse entre 55-60 °C durante 24 horas.

Cenizas totales y materia orgánica. Someter las muestras a combustión entre 550-600 °C para la determinación de calcio, fósforo y hierro.

Extracto de etéreo o grasa cruda. El extracto etéreo está formado principalmente por aceites y grasas, aunque también incluye otro tipo de sustancias liposolubles como vitaminas, esteroides, pigmentos, ácidos orgánicos, etc. El extracto etéreo obtenido se calienta a 100 °C durante 15 min, para eliminar los compuestos volátiles.

Fibra cruda (Weende modificado). Someter la muestra seca y desengrasada a una primera digestión ácida y posteriormente a una segunda digestión alcalina. La materia orgánica del residuo obtenido se considera la fibra cruda.

Nitrógeno total y proteína cruda (Macro-Kjeldahl). Para estimar el contenido de proteína en base al contenido de nitrógeno, se multiplica factor de nitrógeno, el cual se calcula en base al contenido de nitrógeno en las proteínas.

En la mayoría de las proteínas el promedio de nitrógeno es de un 16%, esto significa que cada unidad de nitrógeno está contenida en 6.25 unidades de proteína. El contenido de proteína calculado de esta manera no puede asegurarse que provenga exclusivamente de proteína, razón por la cual el resultado obtenido se le llama proteína cruda.

Extracto etéreo libre de nitrógeno (Método Weende). El extracto libre de nitrógeno (ELN) mide el contenido de carbohidratos no estructurales presentes en el contenido celular, estos son los monosacáridos, disacáridos, trisacáridos y almidones. Se cuantifica por diferencia del porcentaje de nutrientes obtenido de acuerdo al análisis químico proximal.

Encuesta para conocer el nivel de aceptación de la golosina.

Se realizó una encuesta representativa para conocer el nivel de aceptación de los chocolates hechos a base de abeja y cucaracha. La población objetivo de este estudio, fue la comunidad universitaria de la UAM (Universidad Autónoma Metropolitana) unidad Xochimilco, donde se analizará una muestra aleatoria representativa de la población. El tamaño de muestra se determinó a partir la proporción de la población (20%) que se estima aceptará la golosina alternativa, por lo tanto se realizarán 40 encuestas.

En esta encuesta se tomaron en cuenta 3 rubros, de acuerdo a sus características organolépticas (sabor, olor y general), y su recomendación; se les pidió a los encuestados que calificaran las características del alimento de 1-5. Siendo 1 como malo y 5 como muy bueno. A cada uno de los encuestados se les dio un pedazo de chocolate al azar. A 24 alumnos se les dio a probar el chocolate con abeja y a 16 alumnos se les dio a probar el chocolate con cucaracha.

Resultados y discusión de resultados.

En la tabla I se muestra la identificación taxonómica de la abeja mellifera, esta identificación se realizó en base a las observaciones macroscópicas para conocer género y especie. En la tabla II se muestra la disponibilidad que tiene la abeja a lo largo del año y también se puede observar que en los períodos de primavera-verano es cuando se encuentra una mayor disponibilidad de éstas.

Reino	Animalia
Phylum	Arthropoda
Clase	Insecta
Orden	Hymenoptera
Familia	Apidae
Género	<i>Apis</i>
Especie	<i>mellifera L.</i>
Nombre común	Abeja doméstica o abeja melífera

Tabla 1 Identificación taxonómica de la abeja *Apis mellifera*.

Mes	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
Disponibilidad	x	X	X	X	X	X

Tabla 2 Disponibilidad de la *Apis mellifera* en el año.

En la tabla III se muestra la identificación taxonómica de la cucaracha gigante de Madagascar, esta identificación se realizó en base a las observaciones macroscópicas para conocer su género y especie.

Reino	Animalia
Phylum	Arthropoda
Clase	Insecta
Orden	Blattodea
Familia	Blaberidae
Género	<i>Gromphadorhina</i>
Especie	<i>portentosa</i>
Nombre común	Cucaracha gigante de Madagascar

Tabla 3 Identificación taxonómica de la cucaracha gigante de Madagascar (*Gromphadorhina portentosa*).

En la tabla IV se muestra la biodisponibilidad que tiene la cucaracha de Madagascar a lo largo del año en su lugar de origen (Isla de Madagascar). Dado que la *Gromphadorhina portentosa* no es originaria de México, sólo se puede encontrar en criaderos especializados, en la tabla V se muestra la disponibilidad de este insecto.

Mes	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
Disponibilidad	x	X	X	X	X	X

Tabla 4 Disponibilidad de la *Gromphadorhina portentosa* en Madagascar en el año.

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
Disponibilidad	x	X	X	X	X	X
Mes	Jul	Jul	Jul	Jul	Jul	Jul
Disponibilidad	X	X	x	x	x	x

Tabla 5 Disponibilidad de la *Gromphadorhina portentosa* en Madagascar en México en el año.

Análisis bromatológico de la abeja *Apis mellifera*

Muestra	Materia húmeda (%)	Materia seca (%)
Abeja	59.55	40.45

Tabla 6 Determinación del porcentaje de humedad en la abeja.

DETERMINACIÓN	BASE SECA (g)
Proteína	48.40
Determinación de ELN*	31.30
Fibra	8.05
Grasa	2.21
Cenizas totales	10.025
Materia orgánica	89.97

Tabla 7 Análisis químico proximal de macronutrientes y micronutrientes de la abeja *Apis mellifera* en g/100g, base seca.

DETERMINACIÓN	BASE HUMEDA (g)
Proteína	19.57
Determinación de ELN	12.66
Fibra	3.25
Grasa	0.89
Cenizas totales	4.05

Tabla 8 Análisis químico proximal de macronutrientes y micronutrientes de abeja *Apis mellifera* en g/100g, base húmeda.

Análisis bromatológico del chocolate dulce con *Apis mellifera*.

Muestra	Materia húmeda (%)	Materia seca (%)
Chocolate con abeja	0.32	99.68

Tabla 9 Determinación del porcentaje (%) de humedad en el chocolate con abeja *Apis mellifera*.

DETERMINACIÓN	BASE SECA (g)
Proteína	12.79
Determinación de ELN	43.66
Fibra	0.75
Grasa	38.69
Cenizas totales	4.09
Materia orgánica	95.902

Tabla 10 Análisis químico proximal de macronutrientes y micronutrientes del chocolate con *Apis mellifera* en g/100g, base seca.

DETERMINACIÓN	BASE HUMEDA (g)
Proteína	12.74
Determinación de ELN	43.52
Fibra	0.075
Grasa	38.56
Cenizas totales	4.08

Tabla 11 Análisis químico proximal de macronutrientes y micronutrientes del chocolate con abeja *Apis mellifera* en g/100g, base húmeda.

Análisis bromatológico de la *Gromphadorhina portentosa*

Muestra	Materia húmeda (%)	Materia seca (%)
Cucaracha de Madagascar	67.83	32.17

Tabla 12 Determinación del porcentaje de humedad en la cucaracha gigante de Madagascar

DETERMINACIÓN	BASE SECA (g)
Proteína	49.32
Determinación de ELN	30.92
Fibra	8.03
Grasa	5.44
Cenizas totales	6.07
Materia orgánica	93.92

Tabla 13 Análisis químico proximal de macronutrientes y micronutrientes de la cucaracha gigante de Madagascar (*Gromphadorhina portentosa*) en g/100g, base seca.

DETERMINACIÓN	BASE HUMEDA (g)
Proteína	15.93
Determinación de ELN	9.94
Fibra	2.58
Grasa	1.75
Cenizas totales	1.95

Tabla 14 Análisis químico proximal de macronutrientes y micronutrientes de la cucaracha gigante de Madagascar (*Gromphadorhina portentosa*) en g/100g, base húmeda.

Análisis bromatológico del chocolate amargo con *Gromphadorhina portentosa*

Muestra	Materia húmeda (%)	Materia seca (%)
Chocolate amargo con cucaracha de Madagascar	2.72	97.28

Tabla 15 Determinación del porcentaje (%) de humedad en el chocolate con cucaracha gigante de Madagascar (*Gromphadorhina portentosa*).

DETERMINACIÓN	BASE SECA (g)
Proteína	17.10
Determinación de ELN	38.17
Fibra	0.59
Grasa	40.83
Cenizas totales	3.30
Materia orgánica	96.69

Tabla 16 Análisis químico proximal de macronutrientes y micronutrientes del chocolate con cucaracha gigante de Madagascar (*Gromphadorhina portentosa*) en g/100g, base seca.

DETERMINACIÓN	BASE HUMEDA (g)
Proteína	16.63
Determinación de ELN	37.13
Fibra	0.57
Grasa	39.71
Cenizas totales	3.21

Tabla 17 Análisis químico proximal de macronutrientes y micronutrientes del chocolate con cucaracha gigante de Madagascar (*Gromphadorhina portentosa*) en g/100g, base húmeda.

En las tablas VII, X, XIII y XVI se muestra la cantidad de macronutrientes y micronutrientes (g/100g) encontrado en cada muestra, abeja, chocolate dulce con abeja, cucaracha de Madagascar, y chocolate amargo con cucaracha respectivamente, estos datos están de acuerdo a la base seca del alimento. Se puede observar que tanto la *Apis mellifera*, como la *Gromphadorhina portentosa*, mostraron alto contenido proteico, 48.4 g y 49.32 g respectivamente; alto contenido en minerales, 10.25 g en la abeja y 6.07 g en la cucaracha; y un bajo contenido en grasas, 2.21 g en la abeja y 5.44 g en la cucaracha. También mostraron tener un alto contenido en el etéreo libre de nitrógeno (ELN), que son los carbohidratos que contiene la muestra; en la abeja tuvo cerca del 32 g y la cucaracha tuvo aproximadamente el 31 g.

En cuanto a los chocolates, se puede observar que el chocolate amargo con cucaracha de Madagascar tiene un alto contenido proteico, siendo éste, de 17.1 g y el del chocolate dulce con abeja con un 12.79 g. Sin embargo, en la cantidad de minerales y grasa, el chocolate dulce con abeja, demostró ser mejor candidato, ya que tiene un mayor cantidad en minerales (4.09 g) y carbohidratos (43.66 g); y una menor cantidad en grasas (38.69 g).

Determinación de calcio, fósforo y hierro

Determinación de calcio (Ca)

La cantidad de calcio (Ca) recomendada en adultos es de 1,000 mg/ día (Byrd-bredbenner C., 2009). En el gráfico 1 se muestra la cantidad de microequivalentes de Ca por cada 100 mL de solución titulada con EDTA (ácido etilendiaminotetra acético). Se observa que en la cucaracha de Madagascar la cantidad de Ca es de 0.5217 meq/100 mL, mucho mayor que la de abeja, que tiene 0.2608 meq Ca /100mL. Es decir que aporta 10.4548 mg/100mL y 5.0226 mg/100 mL respectivamente. En cuanto a los chocolates, el que contiene abeja tiene la misma cantidad de microequivalentes que el insecto, mientras que el chocolate amargo que contiene cucaracha demostró tener mayor cantidad de calcio, éste puede aportar 6.9699 mg por cada 100 mL (ver tabla XVIII).

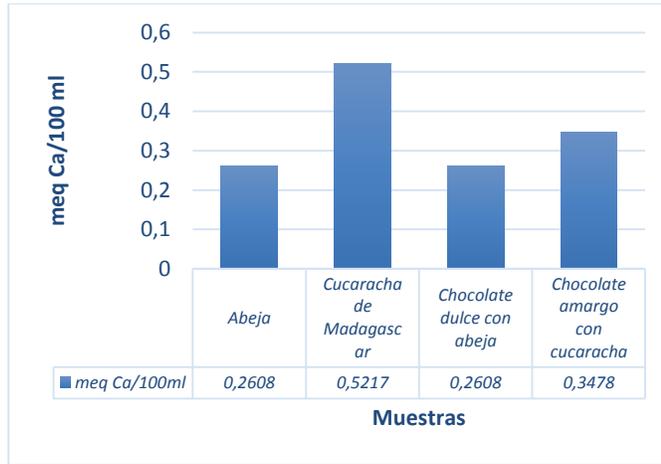


Grafico 1 Cantidad de meq de Ca/100 mL de solución titulada con EDTA.

Muestra	meq/ 100 mL	meq/ 100 mL
Abeja	0.2608	5.2264
Cucaracha de Madagascar	0.5217	10.4548
Chocolate dulce con abeja	0.2608	5.2264
Chocolate amargo con cucaracha	0.3478	6.9699

Tabla 18 Cantidad de mg de Ca/100 mL que aportan las golosinas a la dieta

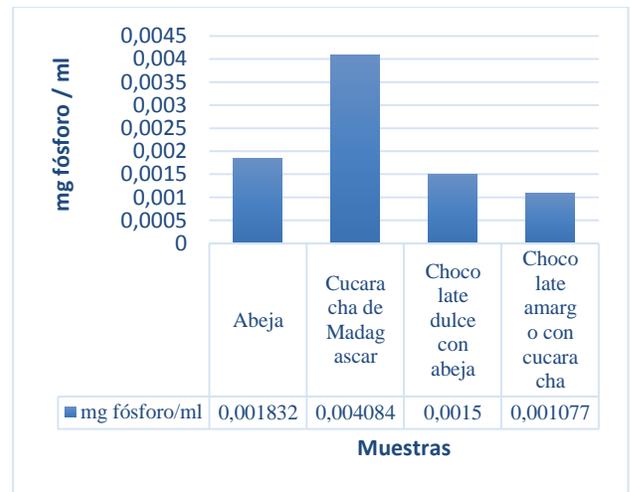
Determinación de fósforo (P)

La cantidad de fósforo (P) recomendada en adultos es de 950 mg/día (Byrd-bredbenner C., 2009). En el gráfico 2 se muestran la cantidad de fósforo que contiene cada una de las muestras analizadas. El aporte de fósforo que se observa en la abeja es aproximadamente de 0.0020 mg/mL (0.4%); la proporcionada por la cucaracha, con una cantidad aproximada de 0.0041 mg/mL (0.8%). Siendo mayor el aporte de este mineral con la cucaracha.

Debido al aporte de fósforo que ambas golosinas elaboradas con los insectos son relativamente bajos en comparación con el aporte de requerimiento diario, puede ser empleado como colación entre comidas y ser usada como suplemento alimenticio.

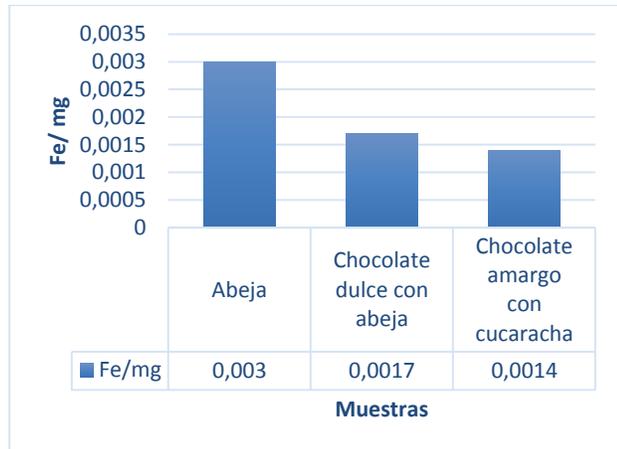
Determinación de hierro (Fe)

La recomendaciones diarias de hierro en adultos puede variar dependiendo del sexo, en mujeres es de 18 mg al día y en hombres de 8 mg al día (Byrd-bredbenner C., 2009). En la gráfica 3 se puede observar que la abeja tiene una alta cantidad de hierro, con 0.003 mg Fe, es decir 0.3% del total de la muestra analizada para el caso de la cucaracha, la cantidad d de muestra no fue suficiente. En el caso de las golosinas elaboradas con los insectos, se obtuvo que el chocolate dulce de abeja, contiene 0.002 mg de hierro, es decir 0.13% de Fe, mientras que el chocolate amargo con cucaracha tiene



Gráfica 2 Cantidad en mg de P/mL de la solución en cada muestra

0.0014 mg de Fe que equivale a solo el 0.10% del total de la muestra analizada. En contraste el chocolate dulce con abeja mostró tener mayor cantidad de hierro, pero la diferencia entre ambos chocolates no es muy grande, ambos son buenos candidatos para aportar Fe a la dieta (ver gráfico 3).



Gráfica 3 Cantidad de hierro (mg) determinado en cada una de las muestras analizadas

Nivel de aceptación de la golosina

Se realizó una encuesta representativa, ver Anexo 1, para conocer el nivel de aceptación de la golosina tradicional. Se le pidió a los encuestados que calificaran a la golosina del 1 a 5, siendo 1 como malo y 5 como muy bueno. Los resultados arrojaron que el chocolate dulce con abeja tuvo mayor aceptación con 58.33%, mientras que el chocolate amargo con cucaracha fue 41.6%

Anexo 1

De acuerdo con las variables planteadas se realizó una encuesta para determinar el grado de aceptación del producto por parte de la población objetivo. Esta encuesta evaluó el sabor, el olor, la golosina en general y si ésta sería recomendada a otras personas. Fue por medio de una evaluación numérica de 1 a 5, siendo 1 como malo y 5 como muy bueno.

ENCUESTA PARA MEDIR EL GRADO DE ACEPTACIÓN DE LAS GOLOSINAS.					
1. ¿Cómo calificarías su olor?	1	2	3	4	5
2. El producto con respecto a su sabor es...	1	2	3	4	5
3. ¿Cómo calificaría el producto en general?	1	2	3	4	5
4. Recomendarías este producto	Sí		No		

Conclusiones

La propuesta desarrollada del empleo de insectos (*Apis mellifera* y *Gromphadorhina portentosa*) en la elaboración de una golosina tradicional, en el que se emplearon el uso de chocolate dulce y chocolate amargo, se concluye lo siguiente:

a) En relación a las características organolépticas la golosina elaborada con chocolate dulce y *Apis mellifera* tuvo una mayor aceptación 58.33%, entre las personas encuestadas, mientras que la golosina elaborada con chocolate amargo y *Gromphadorhina portentosa*, su aceptación fue de 41.67%, debido a que el sabor amargo del chocolate se acentuó aún más con la mezcla de cucarachas.

b) De acuerdo al aporte de nutrimental de hierro se encontró que, tanto el chocolate dulce a base de abeja, como la *Apis mellifera*, cuentan con porcentajes altos de este mineral; mientras que en el porcentaje de calcio y fósforo fue mayor en la *Gromphadorhina portentosa* y el chocolate margo a base de ésta.

c) De acuerdo a los resultados obtenidos las golosinas desarrolladas pueden ser empleadas como colación entre alimentos a lo largo del día.

Referencias

Ayal R., G. T. Y. D., 1996. Apoidea (Hymenoptera). En: G. A. G. E. Llorente J., ed. Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento. . México: UNAM , pp. 423-438.

Byrd-bredbenner C., B. D. M. G. B. J., 2009. *Perspectivas en nutrición..* México: Mc Graw-Hill.

Davies, R., 1989. Introducción a la entomología. 7 ed. España: Mundi prensa.

FAO, s.f. *FAO*. [En línea] Available at: <http://www.fao.org/ag/agp/greenercities/pdf/H D/HUP-HD-6.pdf> [Último acceso: 4 junio 2014].

Muñoz o de Chávez, M., 2010. Composición de alimentos: valor nutritivo de los alimentos de mayor consumo. México: Mc Graw-Hill Interamericana.

Velázquez, I., S/F. Flores e insectos en la dieta prehispánica. [En línea]. Available at: <http://www.geocities.ws/comemoscas/ivs.pdf>. [Último acceso: 5 febrero 2015].

Viesca, F.R. A., 2009. La Entomofagia en México. Algunos aspectos culturales. *El Periplo Sustentable.*, pp. 57-83

WHO, 2015. World's Health Organization. [En línea] Available at: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/es/> [Último acceso: 5 febrero 2015].

Instrucciones para Autores

A. Envió de artículos con las áreas de Tecnología e Innovación.

B. La edición del artículo debe cumplir las siguientes características:

- Redactados en español o en inglés (preferentemente). Sin embargo, es obligatorio presentar el título y el resumen en ambos idiomas, así como las palabras clave.

- Tipografía de texto en Time New Roman #12 (en títulos- Negritas) y con cursiva (subtítulos- Negritas) #12 (en texto) y # 9 (en citas al pie de página), justificado en formato Word. Con Márgenes Estándar y espaciado sencillo.

- Usar tipografía Calibre Math (en ecuaciones), con numeración subsecuente y alineación derecha: Ejemplo;

$$\sigma \in \sum: H\sigma = \cap_{s < \sigma} Hs \quad (1)$$

- Comenzar con una introducción que explique el tema y terminar con una sección de conclusiones.

- Los artículos son revisados por los miembros del Comité Editorial y por dos dictaminadores anónimos. El dictamen será inapelable en todos los casos. Una vez notificada la aceptación o rechazo de un trabajo, su aceptación final estará condicionada al cumplimiento de las modificaciones de estilo, forma y contenido que el editor haya comunicado a los autores. Los autores son responsables del contenido del trabajo y el correcto uso de las referencias que en ellos se citen. La revista se reserva el derecho de hacer los cambios editoriales requeridos para adecuar los textos a nuestra política editorial.

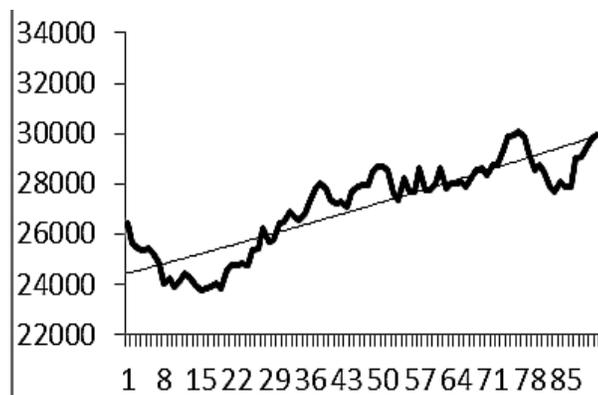
C. Los artículos pueden ser elaborados por cuenta propia o patrocinados por instituciones educativas ó empresariales. El proceso de evaluación del manuscrito no comprenderá más de veinte días hábiles a partir de la fecha de su recepción.

D. La identificación de la autoría deberá aparecer únicamente en una primera página eliminable, con el objeto de asegurar que el proceso de selección sea anónimo.

E. Los cuadros, gráficos y figuras de apoyo deberán cumplir lo siguiente:

- Deberán explicarse por sí mismos (sin necesidad de recurrir al texto para su comprensión), sin incluir abreviaturas, indicando claramente el título y fuente de consulta con referencia abajo con alineación izquierda en tipografía número 9 con negritas.

- Todo el material de apoyo será en escala de grises y con tamaño máximo de 8cm de anchura por 23cm de altura o menos dimensión, además de contener todo el contenido editable
- Las tablas deberán ser simples y exponer información relevante. Prototipo;



Gráfica 1. Tendencia determinista versus estocástica

F. Las referencias bibliográficas se incorporarán al final del documento con estilo APA.

La lista de referencias bibliográficas debe corresponder con las citas en el documento.

G. Las notas a pie de página, que deberán ser usadas sólo excepcionalmente para proveer información esencial.

H. Una vez aceptado el artículo en su versión final, la revista enviará al autor las pruebas para su revisión. ECORFAN-Bolivia únicamente aceptará la corrección de erratas y errores u omisiones provenientes del proceso de edición de la revista reservándose en su totalidad los derechos de autor y difusión de contenido. No se aceptarán supresiones, sustituciones o añadidos que alteren la formación del artículo. El autor tendrá un plazo máximo de 10 días naturales para dicha revisión. De otra forma, se considera que el (los) autor(es) está(n) de acuerdo con las modificaciones hechas.

I. Anexar los Formatos de Originalidad y Autorización, con identificación del Artículo, autor (s) y firma autógrafa, de esta manera se entiende que dicho artículo no está postulado para publicación simultáneamente en otras revistas u órganos editoriales.

Formato de Originalidad



Sucre, Chuquisaca 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



Sucre, Chuquisaca 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-Bolivia 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-Bolivia 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)

ISSN-2410-3993



www.ecorfan.org