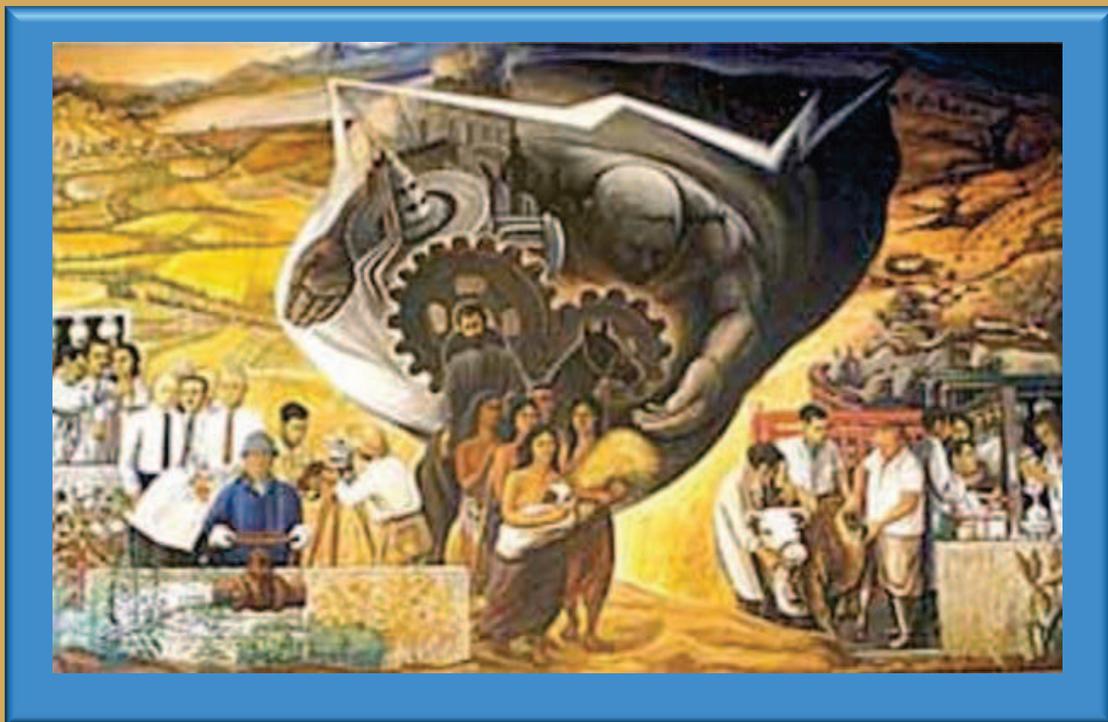


Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora

Volumen 2



Dr. Mario Barcelo-Valenzuela
Editor

Dr. Alonso Perez-Soltero
Dr. Oscar Mario Rodríguez-Elias
Dra. María Trinidad Serna-Encinas
Coeditores



ISBN: 978-0-578-11278-7

ISBN: 978-0-578-11278-7

Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora

Volumen 2

Editor:

Dr. Mario Barcelo-Valenzuela

Coeditores:

Dr. Alonso Perez-Soltero

Dr. Oscar Mario Rodríguez-Elias

Dra. María Trinidad Serna-Encinas

Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora

Volumen 2

Resultados del Segundo Simposio Sobre Avances de
Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora

Editor:

Dr. Mario Barcelo-Valenzuela

Coeditores:

Dr. Alonso Perez-Soltero

Dr. Oscar Mario Rodríguez-Elias

Dra. María Trinidad Serna-Encinas



Posgrado en Ingeniería Industrial
Universidad de Sonora



Maestría en Sistemas Industriales
Instituto Tecnológico de Hermosillo

Octubre de 2012

ISBN: 978-0-578-11278-7

Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora,
Volumen 2

Resultados del Segundo Simposio sobre:

Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora.

Editor: Dr. Mario Barcelo-Valenzuela

Coeditores: Dr. Alonso Perez-Soltero, Dr. Oscar Mario Rodríguez-Elias, Dra. María
Trinidad Serna-Encinas

22-23 de Octubre de 2012,

División de Ingeniería

Universidad de Sonora

Posgrado en Ingeniería Industrial
División de Ingeniería
Universidad de Sonora
Maestría en Sistemas Industriales
División de Estudios de Posgrado e Investigación
Instituto Tecnológico de Hermosillo

Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora,
Volumen 2

2012: Hermosillo, Sonora (México).

Resultados del Segundo Simposio sobre:

Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora.

Editor: Dr. Mario Barcelo-Valenzuela

Coeditores: Dr. Alonso Perez-Soltero, Dr. Oscar Mario Rodríguez-Elias, Dra. María
Trinidad Serna-Encinas

22-23 de Octubre de 2012.

Hermosillo, Sonora: Universidad de Sonora,
2012.

344 páginas.

1 disco compacto: il. ; 4 ¾ plg.

ISBN 978-0-578-11278-7

D.R. © 2012 División de Ingeniería
Posgrado en Ingeniería Industrial,
Universidad de Sonora
Ave. Rosales y Blvd. Luis Encinas
Col. Centro
Hermosillo, Sonora, México
C.P. 83170
ISBN 978-0-578-11278-7

El presente libro constituye un reporte de los trabajos que fueron presentados como resultado del Segundo Simposio de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora, organizado por el Posgrado en Ingeniería Industrial de la Universidad de Sonora y la Maestría en Sistemas Industriales del Instituto Tecnológico de Hermosillo.

La información e ideas vertidas en cada uno de los capítulos de este libro, son responsabilidad exclusiva de los autores. Ni las instituciones que apoyaron en la organización de este libro, ni los editores del mismo se hacen responsables por las faltas en las que los autores hayan incurrido en la preparación de sus trabajos. Cualquier aclaración deberá ser remitida al autor principal de cada trabajo, o en su defecto a los coautores.

Directorio

Universidad de Sonora

Dr. Heriberto Grijalva Monteverde
Rector

Dr. Enrique Fdo. Velázquez Contreras
Secretario General Académico

M.E Rosa Elena Trujillo Llanes
Secretario General Administrativo

Dra. Arminda Guadalupe García de León Peñúñuri
Vicerector de la Unidad Regional Centro

Dr. Jesús Leobardo Valenzuela García
Director de la División de Ingenierías

M.C. Ricardo Alberto Rodríguez Carvajal
Jefe del Departamento de Ingeniería Industrial



Instituto Tecnológico de Hermosillo

MCE Carmen Adolfo Rivera Castillo
Director

M.C. Daniel Fernando Espejel Blanco
Subdirector Académico

LEF Myrna Myriam Cervantes Encinas
Subdirector de Planeación y Vinculación

Ing. Pedro Luis Ibarra Daniel
Subdirector Administrativo

M.C. Sonia Regina Meneses Mendoza
Jefe de la División de Estudios de Posgrado e Investigación



Comité Organizador

Comisión Académica del Posgrado en Ingeniería Industrial
Departamento de Ingeniería Industrial
División de Ingeniería
Universidad de Sonora

Dr. Alonso Pérez Soltero (Coordinador del Posgrado en Ingeniería Industrial)
Dr. Mario Barceló Valenzuela
Dr. Jaime Alfonso León Duarte
Dr. Luis Felipe Romero Dessens
M.C. Guillermo Cuamea Cruz

Consejo de Posgrado de la Maestría en Sistemas Industriales
División de Estudios de Posgrado e Investigación
Instituto Tecnológico de Hermosillo

Dr. Oscar Mario Rodríguez Elías (*Presidente*)
Dr. Enrique de la Vega Bustillos (*Secretario*)
Dra. María Trinidad Serna Encinas
Dr. Germán Alonso Ruíz Domínguez
M.C. César Enrique Rose Gómez
Dr. Guillermo Valencia Palomo
M.C. Ignacio Fonseca Chon
Coordinador de la Maestría en Sistemas Industriales
M.C. José Miguel Rodríguez Pérez

Prefacio

Este libro contiene los trabajos presentados en el *Segundo Simposio de Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora*, organizado entre el profesorado del Posgrado en Ingeniería Industrial de la Universidad de Sonora y de la Maestría en Sistemas Industriales del Instituto Tecnológico de Hermosillo, tomando como base, el aprendizaje, las experiencias y la retroalimentación obtenida del *Primer Simposio* realizado en octubre del 2011.

Las funciones sustantivas de las instituciones de educación superior tienen entre otras, dos características: realizar investigación y vincularse con la sociedad, su cultura y el desarrollo. El objetivo de este simposio cumple con esas funciones, al servir como un foro para promover y dar a conocer los avances y resultados de los proyectos de investigación y tesis de posgrado que se realizan en ambas instituciones, dentro de rubros relacionados con la ingeniería industrial y los sistemas industriales. Sin embargo, no se busca limitar la participación a los integrantes de los posgrados organizadores, sino buscar integrar éstos con otros sectores, tanto públicos como privados, ya sea a nivel licenciatura o posgrado. Para esto, como ejes de este simposio se ha establecido convocar a diversos actores, y permitir la participación de éstos en diversas modalidades, que incluyen: 1) la presentación de resultados finales y avances parciales de tesis de posgrado, 2) la presentación de resultados finales o parciales de proyectos de investigación registrados ante alguna instancia capacitada para esto, ya sea con o sin financiamiento.

Este simposio es un medio para que, tanto estudiantes como profesores e investigadores, a nivel posgrado y licenciatura, tengan un foro en el cual puedan exponer y difundir los resultados de sus investigaciones, así como conocer lo que otros actores realizan en sus áreas de trabajo o interés, y de esta forma abrir caminos para la colaboración.

En este segundo simposio se presentaron un total de 44 trabajos, donde 15 corresponden a reportes de resultados, mientras que los restantes 29 son reportes de avances parciales de proyectos de tesis de posgrado. Dichos trabajos abarcan diversas áreas de la ingeniería industrial y los sistemas industriales, y han sido clasificados en 8 áreas: I) *Ingeniería Industrial*, II) *Sistemas de Producción*, III) *Ergonomía*, IV) *Métricas, Mediciones y Metrología*, V) *Gestión del Conocimiento*, VI) *Bases de datos*, VII) *Automatización y control* y VIII) *Sustentabilidad en Ingeniería*. Para facilitar la localización de trabajos, tanto por modalidad como por área temática, se han elaborado dos índices de contenido.

Con la esperanza de que este segundo simposio, y particularmente este libro en el que se reportan sus resultados, se conviertan en un foro constante de intercambio de experiencias y de colaboración, se da la bienvenida a este volumen.

Dr. Mario Barceló Valenzuela

Índice de Contenido

	Pag.
<i>A.- Resultados de Investigación</i>	
Felipe de Jesús Sorcia-Vazquez, Carlos Daniel García-Beltrán y Guillermo Valencia-Palomo, <i>Control predictivo distribuido basado en modelo</i>	15
Raúl Cruz Martínez, Germán Alonso Ruiz Domínguez, Ignacio Fonseca Chon, <i>Mejora al Proceso de Corte con Plasma Automatizado</i>	26
René Cárdenas Beltrán, Germán Alonso Ruiz Domínguez, Sergio Rodrigo Amparán Martínez, <i>Caracterización de la utilización de conceptos Lean Manufacturing en diseño</i>	41
Danyela Samaniego-Rascón, Jaime Alfonso León-Duarte, Camilo C. Arancibia-Bulnes, <i>Revisión de normativas y propuestas de medidas de seguridad ante Riesgos potenciales una Instalación de Torre Central</i>	67
Pedro Ibarra, Enrique De La Vega, Jaime Leon, <i>Aplicabilidad de la Norma Oficial Mexicana 024 de la Secretaria de Trabajo y Prevención Social (NOM-024-STPS) de Vibración en la Empresa Automotriz del Noroeste de Hermosillo, Sonora</i>	81
Yoselinda López Montiel, Enrique Javier De la Vega Bustillos, <i>Vibraciones en Extremidades Superiores: Aplicación de la Norma Oficial Mexicana NOM-024-STPS-2001</i>	98
Carlos Aarón Reyes Ortega, Jaime A. León Duarte, <i>El Burnout de los estudiantes de posgrado: Enfermedades que se reflejan por sus consecuencias</i>	108
Jesús Noel Valenzuela Leyva, Luis Felipe Romero Dessens, <i>Análisis y evaluación de las actividades involucradas en las fases de recibo y almacenamiento de un almacén del noroeste de México dedicado a proveer autopartes</i>	116
Daniel Zúñiga, Luis Romero, Martín Preciado, <i>Segmentación Lineal de Series de Tiempo Caso: Precio Medio de Energía Eléctrica</i>	129
Yomara Denisse Campillo Acuña, Enrique Javier De la Vega Bustillos, <i>Modelo de Predicción de Desorden de Trauma Acumulado por medio de Termografía</i>	141
Alonso Perez-Soltero, Miguel López-Muñoz, Mario Barceló-Valenzuela, Rafael Valencia García, <i>Un modelo de memoria organizacional para gestionar el conocimiento en un departamento de servicios de tecnología</i>	168
María de Jesús Velázquez Mendoza, Oscar Mario Rodríguez-Elías, César Enrique Rose Gómez, Sonia Regina Meneses Mendoza, <i>Modelo para el Diseño y Gestión de Perfiles de Conocimiento en las Organizaciones</i>	188
Luis Arturo Madrid Hurtado, Oscar Mario Rodríguez-Elias, Germán Alonso Ruiz Domínguez, Guillermo Valencia Palomo, <i>Una Arquitectura Multiagente para</i>	

<i>Apoyar la Integración de la Gestión de Información y Conocimiento en Procesos de Producción Industrial</i>	205
Mario Barceló-Valenzuela, José Luis Ochoa-Hernández, Gerardo Sánchez Schmitz, Jorge Abraham Martínez Ibáñez, <i>Un diagnóstico del Uso de las Redes Sociales en las Empresas de Hermosillo Sonora</i>	232
Eduardo Bojórquez-Martínez, María Trinidad Serna-Encinas, César Enrique Rose-Gómez, Sonia Regina Meneses-Mendoza, <i>Agrupación de datos multidimensionales utilizando operadores Roll-up y Drill-down</i>	242
Nabor Romero Villa, German Alonso Ruiz Dominguez, Rogelio Acedo Ruiz, Jorge David Gutiérrez Cota, <i>Diseño de un Sistema de Control Programable</i>	286
Natanael Elenes Félix, Víctor H. Benítez, <i>Un análisis de factibilidad de un sistema de bombeo de agua para riego con energía solar</i>	305
Javier Armando Molina González, Victor Hugo Benitez Baltazar, <i>Sistema de refrigeración con energía alterna para acondicionar la temperatura interior de una cabina de automóvil</i>	312
 <i>B.- Avances de Investigación</i>	
Susana Pellegrini Bojorquez, Ignacio Fonseca Chon, <i>Propuesta de implementación de un sistema de auditoria en el servicio de terminación del embarazo en un hospital de segundo nivel de la Secretaria de Salud</i>	1
Martín Chávez Morales, Francisco Javier Medina Gutiérrez, <i>Modelo Estratégico basado en las necesidades que requieren los sectores productivos para la operatividad de los Centros de Servicios en las Universidades</i>	5
Dalia Azucena Baca Valenzuela, Luis Felipe Romero Dessens, <i>Proceso de Planeación de Una Planta para la Fabricación de Dispositivos Médicos en Hermosillo, Sonora</i>	10
Rodolfo Ramírez-Hernández, M.Sc. Guillermo Cuamea, <i>RFID-Supported Assets Tracking & Control System Applied in a Manufacturing Environment</i>	34
Luis Felipe Romero Dessens, José Luis Verdugo Ríos, <i>Propuesta de análisis de un sistema para manejo de materiales en una empresa dedicada al transporte de Hermosillo, Sonora</i>	49
Silvia Castillo, German Ruiz, <i>Análisis de la actividad del diseño a distancia</i>	54
Ana Margarita Cruz Zazueta, Jorge David Gutiérrez Cota, Cesar Enrique Rose Gómez, <i>Modelo de Seguridad Industrial basada en la localización y sensible al contexto utilizando la interfaz Kinect (Poka Yoke Ambiental)</i>	60
Amina Marín Martínez, Laura Elena López-Imperial, <i>Salud Ocupacional en un Laboratorio de Residuos Tóxicos</i>	87

Deyanire Uribe Lam, Enrique de la Vega Bustillos, <i>Desarrollo de un Modelo basado en el Estudio de Tiempos Predeterminado MODAPTS y una Evaluación Ergonómica SUSAN RODGERS, llamado "ERGO-MODAPTS"</i>	93
Amina Marín Martínez, Alvin Castro Estrada, <i>Propuesta de una estrategia basada en la salud ocupacional para el mejoramiento de la productividad en un taller de carrocería</i>	109
José Luis Ruiz Duarte, Ricardo A. Rodríguez Carvajal, <i>Desarrollo de un sistema para la detección de afectaciones fisiológicas a partir de imágenes térmicas</i>	154
Georgina Reina-Salazar, Ignacio Fonseca-Chon, Octavio López Millán, Enrique De la Vega Bustillos, <i>Diseño de un modelo estadístico de predicción del tipo de parto en la mujer embarazada</i>	159
Francisco Armando Loreto López, Enrique Javier De La Vega Bustillos, <i>Rediseño De Una Cabina De Pintura En Planta De Estampado Y Ensamble Ford Hermosillo</i> ..	165
Jaime Alfonso León-Duarte, Alfonso Cisneros-Campos, <i>Satisfacción del Paciente en el Departamento de Urgencias Hospitalarias: Un marco de referencia para determinar y priorizar los factores críticos para ofrecer servicios de calidad</i>	169
Elizabeth Fimbres López, César Enrique Rose Gómez, María Trinidad Serna Encinas, José Miguel Rodríguez Pérez, <i>Traductor de Consultas en Lenguaje Natural a un Lenguaje de Consultas para la Recuperación de Información y Conocimiento en un Sistema de Gestión de Conocimiento</i>	187
Alonso Perez-Soltero, Humberto Galvez-Leon, Mario Barcelo-Valenzuela, Juan Pablo Soto Barrera, <i>Una propuesta para aprovechar el conocimiento grupal en diseños ingenieriles: caso SEMES</i>	205
Alonso Perez-Soltero, Leonardo Ernesto Llanes Hoyos, Mario Barceló-Valenzuela, Heriberto Aja Leyva, José Luis Ochoa Hernández, <i>Captura y utilización del conocimiento basado en un modelo conceptual de una memoria organizacional: Caso KMSolución</i>	223
Leonel Ulises Ortega Encinas, Oscar Mario Rodríguez-Elías, Ignacio Fonseca Chon, José Miguel Rodríguez Pérez, Sonia Regina Meneses Mendoza, <i>Validación de un modelo de evolución de necesidades de conocimiento para ingenieros de software</i>	231
Lucía G. Estrada Lara, Ricardo A. Rodríguez Carvajal, <i>Desarrollo de un Sistema de Información para procesos de evaluación y acreditación de programas educativos, caso: Universidad de Sonora</i>	248
Mario Barceló-Valenzuela, Alfonso Coronado-Sesma, F. Alfonso Aguilar-Valenzuela, Alonso Pérez-Soltero, <i>Una estrategia para el procesamiento y análisis de imágenes digitales de frutos esféricos</i>	255

Eduardo Rodríguez, María Trinidad Serna, César Enrique Rose, Sonia Regina Meneses, <i>Propuesta de un Sistema de Reconocimiento Vectorial de las Posturas del Operario</i>	261
Arturo Vázquez Gálvez, Oscar Mario Rodríguez-Eliás, Guillermo Valencia, German Alonso Ruiz Domínguez, <i>Implementación de un algoritmo inteligente en un PLC</i>	267
Adolfo Tapia Borgo, Guillermo Valencia-Palomo, Oscar Mario Rodríguez Eliás, Rafael Armando Galaz Bustamante, <i>Integración de un Algoritmo de Control Predictivo en un PLC de la marca Rockwell Automation utilizando un lenguaje de programación estándar, e.g IEC 61131-3</i>	274
Rosalía del Carmen Gutiérrez-Urquidez, Guillermo Valencia-Palomo, Oscar Mario Rodríguez-Eliás, <i>Propuesta para la sintonización de algoritmos de control predictivo utilizando algoritmos genéticos multi-objetivo</i>	280
Mario Barceló-Valenzuela, F. Alfonso Aguilar-Valenzuela, Luis Carlos Martínez Castro, Alonso Pérez-Soltero, <i>Sistema de instrumentación virtual de condiciones de funcionamiento de un cuarto de equipos de cómputo</i>	295
Jaime Alfonso León-Duarte, Fernando Valenzuela-Nuñez, René Daniel Fornés-Rivera, <i>Diseño de Plan De Contingencias Ante Agentes Perturbadores en el Área de Control Regional de una Empresa Generadora de Electricidad</i>	318

Índice de Contenido Temático

	Pag.
<i>I.- Ingeniería Industrial</i>	
Susana Pellegrini Bojorquez, Ignacio Fonseca Chon, <i>Propuesta de implementación de un sistema de auditoria en el servicio de terminación del embarazo en un hospital de segundo nivel de la Secretaria de Salud</i>	1
Martín Chávez Morales, Francisco Javier Medina Gutiérrez, <i>Modelo Estratégico basado en las necesidades que requieren los sectores productivos para la operatividad de los Centros de Servicios en las Universidades</i>	5
Dalia Azucena Baca Valenzuela, Luis Felipe Romero Dessens, <i>Proceso de Planeación de Una Planta para la Fabricación de Dispositivos Médicos en Hermosillo, Sonora</i>	10
<i>II.- Sistemas de Producción</i>	
Felipe de Jesús Sorcia-Vazquez, Carlos Daniel García-Beltrán, Guillermo Valencia-Palomo, <i>Control predictivo distribuido basado en modelo</i>	15
Raúl Cruz Martínez, Germán Alonso Ruiz Domínguez, Ignacio Fonseca Chon, <i>Mejora al Proceso de Corte con Plasma Automatizado</i>	26
Rodolfo Ramírez-Hernández, M.Sc. Guillermo Cuamea, <i>RFID-Supported Assets Tracking & Control System Applied in a Manufacturing Environment</i>	34
René Cárdenas Beltrán, Germán Alonso Ruiz Domínguez, Sergio Rodrigo Amparán Martínez, <i>Caracterización de la utilización de conceptos Lean Manufacturing en diseño</i>	41
Luis Felipe Romero Dessens, José Luis Verdugo Ríos, <i>Propuesta de análisis de un sistema para manejo de materiales en una empresa dedicada al transporte de Hermosillo, Sonora</i>	49
Silvia Castillo, German Ruiz, <i>Análisis de la actividad del diseño a distancia</i>	54
<i>III.- Ergonomía</i>	
Ana Margarita Cruz Zazueta, Jorge David Gutiérrez Cota, Cesar Enrique Rose Gómez, <i>Modelo de Seguridad Industrial basada en la localización y sensible al contexto utilizando la interfaz Kinect (Poka Yoke Ambiental)</i>	60
Danyela Samaniego-Rascón, Jaime Alfonso León-Duarte, Camilo C. Arancibia-Bulnes, <i>Revisión de normativas y propuestas de medidas de seguridad ante Riesgos potenciales una Instalación de Torre Central</i>	67
Pedro Ibarra, Enrique De La Vega, Jaime Leon, <i>Aplicabilidad de la Norma Oficial Mexicana 024 de la Secretaria de Trabajo y Prevención Social (NOM-024-</i>	

<i>STPS) de Vibración en la Empresa Automotriz del Noroeste de Hermosillo, Sonora</i>	81
Amina Marín Martínez, Laura Elena López-Imperial, <i>Salud Ocupacional en un Laboratorio de Residuos Tóxicos</i>	87
Deyanire Uribe Lam, Enrique de la Vega Bustillos, <i>Desarrollo de un Modelo basado en el Estudio de Tiempos Predeterminado MODAPTS y una Evaluación Ergonómica SUSAN RODGERS, llamado "ERGO-MODAPTS"</i>	93
Yoselinda López Montiel, Enrique Javier De la Vega Bustillos, <i>Vibraciones en Extremidades Superiores: Aplicación de la Norma Oficial Mexicana NOM-024-STPS-2001</i>	98
Amina Marín Martínez, Alvin Castro Estrada, <i>Propuesta de una estrategia basada en la salud ocupacional para el mejoramiento de la productividad en un taller de carrocería</i>	102
Carlos Aarón Reyes Ortega, Jaime A. León Duarte, <i>El Burnout de los estudiantes de posgrado: Enfermedades que se reflejan por sus consecuencias</i>	108
 <i>IV.- Métricas, Mediciones y Metrología</i>	
Jesús Noel Valenzuela Leyva, Luis Felipe Romero Dessens, <i>Análisis y evaluación de las actividades involucradas en las fases de recibo y almacenamiento de un almacén del noroeste de México dedicado a proveer autopartes</i>	116
Daniel Zúñiga, Luis Romero, Martín Preciado, <i>Segmentación Lineal de Series de Tiempo Caso: Precio Medio de Energía Eléctrica</i>	129
Yomara Denisse Campillo Acuña, Enrique Javier De la Vega Bustillos, <i>Modelo de Predicción de Desorden de Trauma Acumulado por medio de Termografía</i>	141
José Luis Ruiz Duarte, Ricardo A. Rodríguez Carvajal, <i>Desarrollo de un sistema para la detección de afectaciones fisiológicas a partir de imágenes térmicas</i>	148
Georgina Reina-Salazar, Ignacio Fonseca-Chon, Octavio López Millán, Enrique De la Vega Bustillos, <i>Diseño de un modelo estadístico de predicción del tipo de parto en la mujer embarazada</i>	153
Francisco Armando Loreto López, Enrique Javier De La Vega Bustillos, <i>Rediseño De Una Cabina De Pintura En Planta De Estampado Y Ensamble Ford Hermosillo</i> ..	159
Jaime Alfonso León-Duarte, Alfonso Cisneros-Campos, <i>Satisfacción del Paciente en el Departamento de Urgencias Hospitalarias: Un marco de referencia para determinar y priorizar los factores críticos para ofrecer servicios de calidad</i>	163
 <i>V.- Gestión del Conocimiento</i>	
Alonso Perez-Soltero, Miguel López-Muñoz, Mario Barceló-Valenzuela, Rafael Valencia García, <i>Un modelo de memoria organizacional para gestionar el conocimiento en un departamento de servicios de tecnología</i>	168

Elizabeth Fimbres López, César Enrique Rose Gómez, María Trinidad Serna Encinas, José Miguel Rodríguez Pérez, <i>Traductor de Consultas en Lenguaje Natural a un Lenguaje de Consultas para la Recuperación de Información y Conocimiento en un Sistema de Gestión de Conocimiento</i>	181
María de Jesús Velázquez Mendoza, Oscar Mario Rodríguez-Elías, César Enrique Rose Gómez, Sonia Regina Meneses Mendoza, <i>Modelo para el Diseño y Gestión de Perfiles de Conocimiento en las Organizaciones</i>	188
Alonso Perez-Soltero, Humberto Galvez-Leon, Mario Barcelo-Valenzuela, Juan Pablo Soto Barrera, <i>Una propuesta para aprovechar el conocimiento grupal en diseños ingenieriles: caso SEMES</i>	199
Luis Arturo Madrid Hurtado, Oscar Mario Rodríguez-Elias, Germán Alonso Ruiz Domínguez, Guillermo Valencia Palomo, <i>Una Arquitectura Multiagente para Apoyar la Integración de la Gestión de Información y Conocimiento en Procesos de Producción Industrial</i>	205
Alonso Perez-Soltero, Leonardo Ernesto Llanes Hoyos, Mario Barceló-Valenzuela, Heriberto Aja Leyva, José Luis Ochoa Hernández, <i>Captura y utilización del conocimiento basado en un modelo conceptual de una memoria organizacional: Caso KMSolución</i>	217
Leonel Ulises Ortega Encinas, Oscar Mario Rodríguez-Elías, Ignacio Fonseca Chon, José Miguel Rodríguez Pérez, Sonia Regina Meneses Mendoza, <i>Validación de un modelo de evolución de necesidades de conocimiento para ingenieros de software</i>	225
Mario Barceló-Valenzuela, José Luis Ochoa-Hernández, Gerardo Sánchez Schmitz, Jorge Abraham Martínez Ibáñez, <i>Un diagnóstico del Uso de las Redes Sociales en las Empresas de Hermosillo Sonora</i>	232
<i>VI.- Bases de datos</i>	
Eduardo Bojórquez-Martínez, María Trinidad Serna-Encinas, César Enrique Rose-Gómez, Sonia Regina Meneses-Mendoza, <i>Agrupación de datos multidimensionales utilizando operadores Roll-up y Drill-down</i>	242
Lucía G. Estrada Lara, Ricardo A. Rodríguez Carvajal, <i>Desarrollo de un Sistema de Información para procesos de evaluación y acreditación de programas educativos, caso: Universidad de Sonora</i>	252
Mario Barceló-Valenzuela, Alfonso Coronado-Sesma, F. Alfonso Aguilar-Valenzuela, Alonso Pérez-Soltero, <i>Una estrategia para el procesamiento y análisis de imágenes digitales de frutos esféricos</i>	259

VII.- Automatización y control

Eduardo Rodríguez, María Trinidad Serna, César Enrique Rose, Sonia Regina Meneses, <i>Propuesta de un Sistema de Reconocimiento Vectorial de las Posturas del Operario</i>	265
Arturo Vázquez Gálvez, Oscar Mario Rodríguez-Eliás, Guillermo Valencia, German Alonso Ruiz Domínguez, <i>Implementación de un algoritmo inteligente en un PLC</i>	271
Adolfo Tapia Borgo, Guillermo Valencia-Palomo, Oscar Mario Rodríguez Eliás, Rafael Armando Galaz Bustamante, <i>Integración de un Algoritmo de Control Predictivo en un PLC de la marca Rockwell Automation utilizando un lenguaje de programación estándar, e.g IEC 61131-3</i>	278
Rosalía del Carmen Gutiérrez-Urquidez, Guillermo Valencia-Palomo, Oscar Mario Rodríguez-Eliás, <i>Propuesta para la sintonización de algoritmos de control predictivo utilizando algoritmos genéticos multi-objetivo</i>	284
Nabor Romero Villa, German Alonso Ruiz Dominguez, Rogelio Acedo Ruiz, Jorge David Gutiérrez Cota, <i>Diseño de un Sistema de Control Programable</i>	290
Mario Barceló-Valenzuela, F. Alfonso Aguilar-Valenzuela, Luis Carlos Martínez Castro, Alonso Pérez-Soltero, <i>Sistema de instrumentación virtual de condiciones de funcionamiento de un cuarto de equipos de cómputo</i>	299

VIII.- Sustentabilidad en Ingeniería

Natanael Elenes Félix, Víctor H. Benítez, <i>Un análisis de factibilidad de un sistema de bombeo de agua para riego con energía solar</i>	305
Javier Armando Molina González, Victor Hugo Benitez Baltazar, <i>Sistema de refrigeración con energía alterna para acondicionar la temperatura interior de una cabina de automóvil</i>	312
Jaime Alfonso León-Duarte, Fernando Valenzuela-Nuñez, René Daniel Fornés-Rivera, <i>Diseño de Plan De Contingencias Ante Agentes Perturbadores en el Área de Control Regional de una Empresa Generadora de Electricidad</i>	322

Propuesta de implementación de un sistema de auditoría en el servicio de terminación del embarazo en un hospital de segundo nivel de la Secretaría de Salud.

Susana Pellegrini Bojorquez, Ignacio Fonseca Chon.

Instituto Tecnológico de Hermosillo, Ave. Tecnológico y Periférico Poniente S/N C.P. 83170 Colonia Sahuaró., Hermosillo, Sonora, México.
pellegrini_susana@yahoo.com, ifonseca@industrial.uson.mx

Resumen. Este documento proporciona la información necesaria para implementar una herramienta de calidad en el servicio de terminación del embarazo con el fin de asegurar la correcta toma de decisiones.

Palabras clave: Operación cesárea, auditoría clínica, estándares, criterios, calidad en la atención obstétrica.

1 Introducción

El incremento en la frecuencia de operación cesárea es un problema de salud pública a nivel mundial, y particularmente en países en vías de desarrollo como México. Recientemente se ha identificado un aumento considerable en la práctica de la operación Cesárea, que ciertamente no es inocua y conlleva riesgos inherentes, quirúrgicos y anestésicos. Este incremento va de la mano con una mayor morbilidad y mortalidad materna ya que se eleva el riesgo de placenta previa y acretismo placentario, lo que condiciona una mayor posibilidad de hemorragia obstétrica y por lo tanto mayor probabilidad de muerte materna [1]

La organización Mundial de la Salud menciona que en ninguna región del mundo se justifica una incidencia de cesáreas mayor del 10-15%; sin embargo se ha incrementado su frecuencia en las dos últimas décadas según estudios ecológicos publicados por la Organización Mundial de la Salud e investigadores independientes [1]

2 Marco Teórico

Hay muchas herramientas útiles y algunas empleadas para mejorar la calidad de la atención de la mujer embarazada. Entre estas están: auditoría, criterios básicos, metodologías como el ciclo de Deming PHVA (planear, hacer, verificar y actuar), seis sigma, empresa esbelta;

Susana Pellegrini Bojorquez e Ignacio Fonseca Chon, *Propuesta de implementación de un sistema de auditoría en el servicio de terminación del embarazo en un hospital de segundo nivel de la Secretaría de Salud*, en: Mario Barceló-Valenzuela, Alonso Perez-Soltero, Oscar Mario Rodríguez-Elias, Maria Trinidad Serna-Encinas (Eds.), Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora, pp. 1- 4, 2012.

herramientas gráficas para la descripción del proceso como el análisis del flujo del cliente o mapeos del proceso, análisis causa-efecto, modelación estadística, etc. [2]

Existe una variedad de métodos para auditar la atención obstétrica, cada uno apropiado para las circunstancias locales y al tema particular que se investiga. Estos métodos incluyen estudios ad hoc, auditorías basadas en criterios, detección de frecuencias y uso de información obtenida de manera rutinaria, mortalidad, etc.

2.1 Características del campo de estudio

El estudio se está realizando en una clínica pública de segundo nivel que está adscrita a la Secretaría de Salud de Sonora. Esta clínica está dedicada a la atención de la mujer.

En el caso particular de la mujer embarazada, esta es atendida a partir del sexto mes de embarazo. El embarazo concluye en la realización de la operación cesárea o parto vaginal para extraer el feto. Debido al aumento en la práctica de operaciones cesáreas y los riesgos que implica realizarla se están implementando proyectos en este hospital con el fin de disminuir la tasa de cesáreas y elevar la calidad en la atención de la mujer embarazada.

2.2 Auditoría

Históricamente, las auditorías han pertenecido al dominio de los contables. Examinando minuciosamente los informes atrasados, se percibe que su objetivo ha sido detectar los errores, utilizando algunos de los principios básicos de contabilidad (de ahí el término auditoría). Las auditorías de gestión, junto con las auditorías financieras, son utilizadas hoy día por las mejores organizaciones como un medio para determinar si los programas de control funcionan eficazmente [3]

El concepto de auditoría médica o clínica se ha convertido en un concepto adquirido en el contexto de la atención obstétrica y otras áreas de la atención a la salud en los países industrializados, pero la experiencia al respecto es escasa en los países en desarrollo [4]

2.3 Áreas de auditoría en la atención obstétrica

En general, las tres grandes dimensiones de la atención a la salud, la estructura, el proceso y los resultados pueden ser auditados. La estructura se refiere a la pregunta: '¿Qué instalaciones, equipo, personal, etcétera, se encontraron?'. El proceso implica: '¿Qué se le hizo a la paciente?' Y las preguntas relacionadas con el resultado son: '¿Cuál fue el resultado para la paciente en términos de mortalidad, morbilidad y satisfacción?'. El número de temas potenciales para la auditoría es virtualmente ilimitado y la elección depende en gran medida de la relevancia local y de la medida en que el problema puede ser circunscrito. La preocupación clínica es, sin duda, el factor más importante, pues es poco probable que el grupo encargado de realizar la auditoría desarrolle suficiente interés por temas que no se perciben como relevantes desde el punto de vista clínico [5].

2.4 Métodos de auditoría en la atención obstétrica

Existe una variedad de métodos para auditar la atención, cada uno apropiado para las circunstancias locales y al tema particular que se investiga. Estos métodos incluyen la revisión de expedientes, estudios ad hoc, auditorías basadas en criterios, detección de frecuencias y uso de información obtenida de manera rutinaria [5]

Revisión de casos individuales: Los casos se discuten de una manera amistosa y sin confrontaciones, y se revisa la calidad de la atención mediante juicios clínicos observando los expedientes o utilizando una lista de verificación de los procesos de atención (examinando lo que se hizo a la paciente en cuanto a análisis, diagnóstico y tratamiento). [6].

Las indagaciones confidenciales se enfocan de manera preponderante en el análisis riguroso de la información para extraer lecciones para la práctica, pero por lo general la selección y la instrumentación de las recomendaciones específicas se dejan al criterio de cada uno de los servicios de atención y existe un escaso monitoreo sistemático de su adopción [7].

La auditoría basada en criterios implica un proceso de revisión a partir del cual los clínicos se ponen primero de acuerdo sobre una serie de criterios explícitos y realistas de buena calidad, adaptando las indicaciones externas para tomar en cuenta el contexto local de recursos. Un criterio (o criterios) sirve para efectuar una evaluación preliminar. Es una declaración, una norma o un test, mediante los cuales algo puede ser evaluado. Los criterios derivan de estándares objetivos “basados en hechos comprobados” [8].

3 Selección del modelo

Los riesgos del paciente aumentan al realizar una operación cesárea y es un reto implementar técnicas para mejorar la calidad de su atención.

El objetivo perseguido es verificar si la implementación de la auditoría basada en criterios con retroalimentación reduce la tasa de cesárea.

Se diseñará un sistema para auditar los procedimientos que se llevan a cabo en el servicio de atención de la mujer embarazada que dará a luz para tomar la decisión adecuada de la terminación del embarazo con el objetivo de reducir la tasa de cesáreas y mejorar el grado de cumplimiento de los estándares de la práctica clínica.

La Auditoría Basada en Criterios ó Auditoría ABC proporciona la metodología adecuada para esta investigación. La primera fase constituye el equipo de auditoría fijando los criterios a auditar y sus herramientas según el caso en particular; en la segunda fase se llevan a cabo el ciclo de auditoría, la recopilación de datos, análisis, propuestas y retroalimentación.

Se espera elevar el grado de cumplimiento de los estándares y/o procedimientos auditados por el equipo, así como reducir la variabilidad en las interpretaciones y como consecuencia mejorar la práctica clínica disminuyendo el número de cesáreas en el HIMES. El análisis consistirá en comparar los resultados de incidencias antes y después el uso de auditorías. Los datos se analizarán empleando prueba de diferencia de proporciones y estadística descriptiva, esperando una diferencia significativa.

4 Conclusiones

Las auditorías mejoran y controlan el proceso de terminación del embarazo cuando se implementa su uso continuo, acompañada con un procedimiento de solución de problemas, elevando la seguridad del paciente y los efectos secundarios de una práctica obstétrica innecesaria.

5 Bibliografía

1. D. Osorio, Guía de practica clinica para la realizacion de operacion cesarea, 2009.
2. K. Prathiba Varkey, «Basics of Quality Improvement in Health Care,» *Concience Review for Clinicians*, p. 736, 2007.
3. R. Arter, Auditorias de calidad para mejorar su comportamiento en Madrid, España, Madrid: Diaz de Santos, 1993.
4. C. Rosmans, ¿Que pruebas hay del papel de las auditorias en el mejoramiento de la calidad de la atencion obstetrica?, Londres, Reino Unido: Escuela de Higiene y Medicina Tropical de Londres.
5. I. Crombie, H. Davies, S. Abraham, V. Florey y J. a. S. Wiley, The audit handbook., 1997.
6. C. Ronsmans y V. Filippi, «Improving obstetric care through near-miss audit,» *Child Health Dialogue*, p. 9, 2000.
7. G. Mcllwaine, «Confidential enquiries into maternal death. In: Qualitative approaches for,» *Geneva: World Health Organisation*, 2000. approaches for,» *Geneva: World Health Organisation*, 2000.
8. W. Graham, P. Wagaarachchi, G. Penney, A. McCaw-Binns, K. Yeboah y M. Hall, «Criteria for Clinical Audit of the Quality of Hospital-based Obstetric Care in,» *Bulletin of the WHO*, pp. 614-620, 2000.

Modelo Estratégico basado en las necesidades que requieren los sectores productivos para la operatividad de los Centros de Servicios en las Universidades

Martín Chávez Morales¹, Francisco Javier Medina Gutiérrez¹

¹ Universidad de Sonora, Departamento de Ingeniería Industrial, Rosales y Blvd. Luis Encinas S/N, C. P. 83000, Hermosillo, Sonora, México.
{mchavez, jmedina}@industrial.uson.mx

Resumen. Los centros de servicios se han convertido actualmente en la puerta hacia el exterior por parte de las universidades para ofertar sus servicios a los sectores productivos, logrando reducir el abismo o también conocido como “valle de la muerte” que existe entre las instituciones de educación superior y los diversos sectores. Es importante que el conocimiento generado desde la academia se convierta en la creación de riqueza para las empresas, a través de mejoras en sus procesos y con ello una vinculación efectiva para todos. El presente artículo proporciona una serie de elementos a contemplar para que esa brecha disminuya, proponiendo un modelo estratégico por medio de un plan de negocios para la operatividad de los centros de servicios.

Palabras clave: Centros de servicios, sectores productivos, modelos de operación, plan de negocios.

1 Introducción

Desde la aparición de la Universidad como institución, su razón de ser ha sido la creación y transferencia del conocimiento. Sin embargo su misión se ha ido adecuando a la complejidad de la sociedad actual, ésta formalmente le ha asignado la tarea casi exclusiva de la producción de conocimiento, como resultado de los sorprendentes avances en las llamadas ciencias básicas como física y matemáticas; los científicos adquirieron un elevado status ante la sociedad.

Junto a las funciones que tradicionalmente ha desarrollado la universidad, docencia e investigación, ha cobrado importancia en los últimos años la vinculación: agente del desarrollo económico en la solución de problemas, demandas de mediano y corto plazo del sector empresarial y sociedad en general.

Esta nueva función destaca las oportunidades tecnológicas ligadas a la comercialización de resultados de la investigación y, su posterior explotación mediante la creación de empresas.

Martín Chávez Morales, Francisco Javier Medina Gutiérrez, *Modelo Estratégico basado en las necesidades que requieren los sectores productivos para la operatividad de los Centros de Servicios en las Universidades*, en: Mario Barceló-Valenzuela, Alonso Perez-Soltero, Oscar Mario Rodríguez-Eliás, María Trinidad Serna-Encinas (Eds.), Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora, pp. 5-9, 2012.

El papel central que la investigación universitaria tiene en la innovación y el crecimiento económico es reflejo del cambio del modelo tradicional: "tecno-académico", por el "paradigma empresarial"[1]. Esta nueva función destaca las oportunidades tecnológicas ligadas a la comercialización de resultados de la investigación y, su posterior explotación mediante la creación de empresas.

Los Maestros no deben conformarse sólo con publicaciones de su trabajo académico para ser promovidos en la misma universidad, es importante que dichos resultados se apliquen en el sector industrial contribuyendo al desarrollo del país, por ello las universidades deben establecer políticas que les permitan a los académicos poder trabajar con las empresas generando ingresos propios que sirvan como incentivos a los académicos y por otro lado ingresos extraordinarios a las universidades para el fortalecimiento de sus áreas de trabajo.

Los centros de servicios representan una buena estrategia para que los académicos puedan ver aplicados sus conocimientos en los servicios demandados por los sectores productivos.

La idea fundamental de la presente investigación es diseñar un modelo para la operatividad de los centros de servicios para lograr una vinculación efectiva con los sectores productivos.

2 Marco Teórico

Los centros de servicios representan un espacio para detectar oportunidades, promover la aplicación del conocimiento y la transferencia de tecnología para el fortalecimiento de empresas establecidas, creación de nuevas empresas y la solución de problemas de los sectores productivo, social y gobierno, orientando los recursos físicos y humanos de las universidades para contribuir al desarrollo, rentabilidad y calidad de vida de la región [2].

Los centros de servicios representan una buena estrategia para que los académicos e investigadores puedan ver utilizados sus conocimientos en servicios demandados en:

- Consultoría y asesoría profesional
- Transferencia de tecnología
- Registros de propiedad intelectual

El acercamiento con los sectores productivos y de servicios significa una vía propicia para consolidar las relaciones de vinculación, a través de la concreción de actividades conjuntas de impacto significativo en la formación profesional, la solución de problemas comunitarios y el mejoramiento de la calidad en la prestación de servicios universitarios [3].

La concepción del conocimiento como bien público, advierte del peligro que encierra visualizar como investigación de interés solo aquella al servicio del sector productivo, pues corre el riesgo de generar un estancamiento del desarrollo de las ciencias, y por ende del conocimiento [4].

Los profesores se conforman con publicaciones de tipo científico que les permiten ser promovidos en la misma universidad, pero el país no recibe algo más de ello, invierte

recursos en investigación y desarrollo que terminan sólo en publicaciones, pudiéndose aprovechar más ese tipo de investigación llevando esos resultados a la industria. No se puede aislar a las universidades del Estado, ni separar la industria, el gobierno y las universidades, todos deben ir juntos.

La triple hélice es cuando los investigadores académicos se transforman en empresarios de sus propias invenciones y tecnologías, los cuales desarrollan alianzas con el sector privado y aprovechan las oportunidades de acuerdo al marco normativo y los incentivos financieros existentes ofrecidos por el Estado [5].

Las economías a nivel mundial en la actualidad están experimentando una transformación fundamental con el surgimiento de las llamadas Economías Basadas en Conocimiento.

La OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico) define a las economías sustentadas en conocimiento como economías las cuales están directamente basadas sobre la producción, distribución y uso de conocimiento e información [6].

Cada vez más las personas que están al frente de las empresas entienden que su rentabilidad depende de sus actividades actuales de investigación y desarrollo, y sobre todo de vinculación [7]. Por su parte, las Instituciones de Educación Superior en México han experimentado un progresivo avance de apertura al exterior, buscando una mayor integración con el entorno.

Actualmente las exigencias de los organismos evaluadores como RVOES (Reconocimiento de Validez Oficial de Estudios de tipo Superior), requieren que los nuevos conocimientos y sus esquemas de transferencia de tecnología, desarrollen proyectos utilizando investigación aplicada.

Las instituciones de apoyo a proyectos de innovación y desarrollo tecnológico, como el CONACYT, están demandando la realización de proyectos que estén vinculados con las necesidades de los sectores productivos y de gobierno.

Por otro lado cabe señalar que no existe un plan de incentivos que estimule a los académicos e investigadores a dar respuesta de manera eficiente y eficaz a las necesidades que requieren los sectores productivos.

3 Descripción del problema

Hoy en día la preparación científico-tecnológica y la capacidad de innovación del ser humano están haciendo la diferencia en esta época, donde hay rápidos desarrollos en la tecnología dura y blanda, el conocimiento crece a ritmo nunca antes visto, ya no existen mercados cerrados, por lo que las Instituciones de Educación Superior (IES) y los centros de servicios, deben establecer una vinculación orientada a las necesidades de los sectores productivos, gobierno y sociedad, para ayudar a promover el desarrollo.

En México, las universidades no presentan una estructura operativa en sus centros de servicios que integren los resultados de las investigaciones generadas en todas sus áreas académicas, propiciando que no se logre una vinculación efectiva con los sectores productivos respecto a las necesidades actuales que requieren la sociedad, industria y gobierno.

4 Desarrollo de la solución

El presente estudio parte del análisis de los servicios ofrecidos por las universidades en sus centros de servicios, identificando las necesidades actuales que requieren los sectores productivos para el desarrollo de los países, a través de la metodología que se muestra en la figura 1:

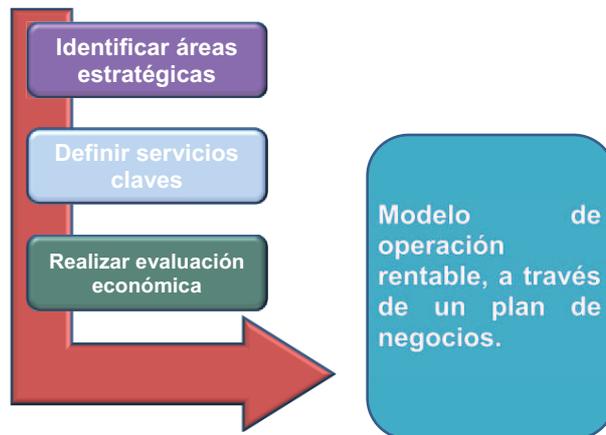


Figura 1. Modelo de operación rentable

- Identificar las áreas estratégicas dentro de las universidades que faciliten la operatividad de los centros de servicio.
- Definir los servicios claves que debe incluir el modelo de operación para el funcionamiento de los centros de servicios que den respuesta de forma eficiente.
- Realizar una evaluación económica del modelo de operación para determinar la rentabilidad, a través de un plan de negocios.

5 Conclusiones

Un buen diseño de un modelo de operación de los centros de servicios permitirá evaluar desde el punto de vista económico los servicios que requieren los sectores productivos, a través de estrategias orientadas a la solución sistémica de problemas de la sociedad, industria y gobierno; que impacten hacia las áreas claves del desarrollo de cualquier estado o país.

Se plantea la alternativa que las universidades deben salir en búsqueda de fondos, obligando a generar políticas de incentivos que permitan a los académicos, dedicar parte de su tiempo en actividades generadoras de ingresos, vinculadas a la investigación aplicada y consultoría, diversificando así las fuentes de financiamiento.

6 Referencias

1. Etzkowitz, H., Webster, A., Gebhardt, C., Terra, B.R.C.: The future of the university and the university of the future: evolution of ivory tower to entrepreneurial paradigm. *Research policy*, 29, 313-330, 2000.
2. Regalado, L. Programa Institucional de Transferencia de Tecnología, TxTec. Hermosillo, Sonora, México: Universidad de Sonora, 2005.
3. Herce, J. Formulación de estrategias de propiedad intelectual en las universidades. Hermosillo, Sonora, México: Universidad de Sonora, 2010.
4. Nelson, R. R. The market economy, and the scientific commons. *Research policy*., 33-455, 2004.
5. Pinzon, G., *Emprendedoresnews.com*.
<http://www.emprendedoresnews.com/tips/creatividad/el-modelo-triple-helice.html>, 2012.
6. Dahlman, C., Anderson, T.: *Korea and the Knowledge-based Economy. Making the transition*. World Bank Institute, 2000.
7. Siegel, D.S., Waldman, D.A., Atwater, L.E., Link, A.N.: Toward a model of the effective transfer of scientific knowledge from academicians to practitioners: qualitative evidence from the commercialization of university technologies. *Journal of Engineering and Technology Management*, 21, 115-142, 2004.

Proceso de Planeación de Una Planta para la Fabricación de Dispositivos Médicos en Hermosillo, Sonora.

Dalia Azucena Baca Valenzuela, Luis Felipe Romero Dessens

Universidad de Sonora, Departamento de Ingeniería Industrial, Rosales y Blvd. Luis Encinas S/N,
C. P. 83000, Hermosillo, Sonora, México.
daliaa.baca@gmail.com, lromero@industrial.uson.mx

Resumen.

La presente investigación tiene como principal objetivo, construir un modelo donde se encuentren definidos los recursos operacionales necesarios, así como el arreglo físico de los mismos para la puesta en marcha y desarrollo de una nueva planta de manufactura de dispositivos médicos de clase III en Hermosillo, Sonora. El proyecto será llevado a cabo bajo los principios para el uso adecuado de recursos y procedimientos que vienen dados por los métodos y técnicas del diseño del proceso y de instalaciones; sin embargo, se antepondrá en todos los casos, lo establecido en la Normas Oficiales Mexicanas vigentes.

Palabras clave: Planeación, diseño de instalaciones, dispositivos médicos.

1 Introducción

Cuando se tiene prevista la apertura de una nueva planta o se van a hacer modificaciones a las instalaciones ya existentes con el fin de adaptarse a los cambios tecnológicos y modificaciones en la demanda, es importante respaldar cualquiera de estas transformaciones a través de un plan bien desarrollado, que permita que las necesidades de la organización sean cubiertas, no solo de manera inmediata, sino también a largo plazo.

Según Chase et al. [1] un sistema de producción es aquel que se sirve de recursos operacionales, como pueden ser personas, partes y procesos, para transformar una serie de insumos en un producto o resultado deseado. Pero ¿cómo se planea un sistema de producción y cómo se desarrolla el diseño de una planta de manufactura de dispositivos médicos? La presente investigación tiene como principal objetivo, construir un modelo donde se encuentren definidos los recursos operacionales necesarios para la puesta en marcha y desarrollo de una nueva planta de manufactura de dispositivos médicos en Hermosillo, Sonora.

Dalia Azucena Baca Valenzuela, Luis Felipe Romero Dessens, *Proceso de Planeación de Una Planta para la Fabricación de Dispositivos Médicos en Hermosillo, Sonora*, en: Mario Barceló-Valenzuela, Alonso Perez-Soltero, Oscar Mario Rodríguez-Elias, Maria Trinidad Serna-Encinas (Eds.), Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora, pp. 10-14, 2012.

2 Marco Teórico

La industria de dispositivos médicos es una industria muy amplia y abarca una gran variedad de productos; desde dispositivos muy sencillos, hasta productos sumamente especializados y que requieren de mucha tecnología para su fabricación [2]. Con base a su nivel de riesgo sanitario, los dispositivos médicos se clasifican en tres clases [3]:

- Clase I: son aquellos cuya seguridad y eficacia están comprobadas y, generalmente, no se introducen al organismo.
- Clase II: son aquellos que pueden tener variaciones en el material con el que están elaborados o en su concentración y, generalmente, se introducen al organismo permaneciendo menos de treinta días.
- Clase III: dispositivos recientemente aceptados en la práctica médica, o bien que se introducen al organismo y permanecen en él, por más de treinta días.

Sin duda alguna, todos y cada uno de esos dispositivos, sin importar clasificación, por ser productos que entran en contacto con el cuerpo humano, deben ser regulados bajo estrictos estándares de calidad, por lo que los métodos de evaluación y monitoreo son un punto clave para los investigadores y los profesionales del cuidado de la salud [4]. Pero además de un sistema para el control y aseguramiento de la calidad, también es fundamental contar con la tecnología adecuada y procesos de producción estandarizados y bien planeados que permitan fabricar productos de alta calidad y que cumplan con las exigencias de los clientes, haciendo el mejor uso posible de los recursos disponibles. Dicho proceso de planeación, conduce a la búsqueda de respuestas a tres preguntas básicas: ¿Qué se va a producir? ¿Cómo se va a producir? Y ¿Dónde se va a producir? Cada una de estas preguntas está asociada a una de las etapas de la planeación [5]; esto se puede observar más claramente en la Figura 1.

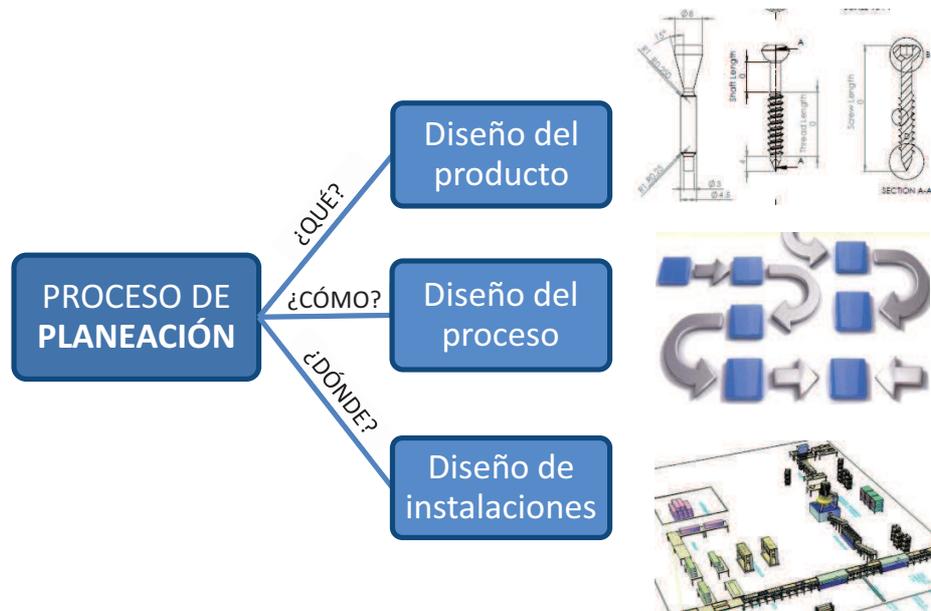


Fig. 1. Etapas del proceso de planeación.

2.1 Diseño del Proceso

En esta etapa de la planeación, se determina cómo se fabricará el producto y sus componentes. Meyers [6] menciona que el diseño del proceso incluye la determinación de factores como:

- La maquinaria, el equipo y las herramientas necesarias.
- Secuencia de operaciones para la manufactura, ensamble y empaque del producto.
- Cantidad y características del personal, así como la asignación de tareas.
- Balanceo de la línea.
- Cálculo de la eficiencia de la línea.

2.2 Diseño de Instalaciones

El diseño de instalaciones es un complemento del diseño del proceso, y según la Asociación Internacional de Administración de Instalaciones [7], se refiere a la planificación y diseño detallado de un sitio a partir de la identificación y financiación de proyectos específicos. Se trata de traducir las necesidades de la organización en las instalaciones tangibles, que además darán una imagen pública de la empresa. Esta parte del proceso, por lo general afecta de manera directa a la calidad y el costo del producto manufacturado [6].

2.3 Organismo Regulador

Es importante mencionar que en México, es la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS), la encargada del control sanitario del proceso, uso, mantenimiento, importación, exportación y disposición de equipos médicos, prótesis, materiales quirúrgicos, productos higiénicos, entre otros, así como de los establecimientos que se dedican a producirlos [3].

3 Descripción del Problema

Se cuenta en Hermosillo con una planta de manufactura de dispositivos médicos, sin embargo el crecimiento de su mercado y el desarrollo de nuevos productos con requerimientos muy específicos para su fabricación y comercialización, ha desencadenado la necesidad de segmentar algunos de los procesos productivos y ubicarlos en otras instalaciones. Lo anterior se ve como una gran área de oportunidad para la empresa, ya que se presenta la posibilidad de manipular el proceso de planeación desde el principio y con ello promover la elección y administración adecuada de los recursos. Actualmente ya se encuentra completada la fase de diseño del producto y también se ha seleccionado la ubicación de la nueva planta; la siguiente meta comprende completar las otras dos etapas del proceso de planeación en el próximo año, para poder empezar a manufacturar dispositivos médicos de clase III en las nuevas instalaciones.

El proyecto será llevado a cabo bajo los principios de optimización de recursos y procedimientos que vienen dados por los métodos y técnicas del diseño del proceso y de instalaciones; sin embargo, se antepondrá en todos los casos, lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SSA1-2006, que en apego a las regulaciones de la COFEPRIS, es la indicada para el caso buenas prácticas de manufactura de dispositivos médicos.

4 Resultados Esperados

Se pretende tener al final del proyecto de investigación, una idea clara de:

- Cantidad y descripción del equipo y maquinaria requerida para llevar a cabo el proceso de manufactura eficientemente.
- Cantidad y perfil del personal requerido.
- Un diseño detallado de las instalaciones.
- Secuencia del movimiento de materiales y equipo requerido.
- Plan de contingencia para garantizar la continuidad del proceso de manufactura.

5 Conclusiones

El proyecto se encuentra aún en una fase inicial, pero se prevé que si se respeta el plan de trabajo establecido, así como sus tiempos, el cliente que en este caso es la empresa, cuente ya para mediados del 2013 con el diseño de sus instalaciones y un sistema de manufactura eficiente, flexible, robusto y que dé cumplimiento a lo especificado en las normas vigentes.

6 Bibliografía

1. Chase, R., Aquilano, N., Jacobs, R. Administración de producción y operaciones (Octava ed.). McGraw-Hill, 2000.
2. Pro-México. Documento Sectorial del Sector de Dispositivos Médicos, ProMéxico Trade and Investment. Unidad de Inteligencia de Negocios, 2009, http://promexico.gob.mx/work/sites/Promexico/resources/LocalContent/2221/2/Perfil_sectorial_dispositivos_medicos.pdf
3. Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios, <http://www.cofepris.gob.mx/cofepris/Paginas/AtribucionesFuncionesYCaracteristicas.aspx>
4. Komashie, A., Mousavi, A. Quality management in healthcare and industry. Journal of Management History, 13, 359-370, 2007.
5. Romero, L.: Entrevista personal como apoyo a trabajo de tesis (comunicación personal), 2012.
6. Meyers, F. E., & Stephens, M. P. Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales (Tercera ed.). Pearson Educación, 2006.
7. Asociación Internacional de Administración de Instalaciones, 2009.

Control predictivo distribuido basado en modelo

Felipe de Jesús Sorcia-Vazquez¹, Carlos Daniel García-Beltrán¹
Guillermo Valencia-Palomo²

¹Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico
Int. Internado Palmira S/N, Col. Palmira, C.P. 62490, Cuernavaca, Morelos, México.
felipedjstv@hotmail.com, cgarcia@cenidet.edu.mx.

²Instituto Tecnológico de Hermosillo
Ave. Tecnológico S/N, Col. El Sahuaro, C.P. 83170, Hermosillo, Sonora, México.
gvalencia@ith.mx.

Resumen. Los procesos industriales se han vuelto cada vez más complejos. Tradicionalmente, para realizar el control de una planta industrial completa se diseñaban lazos de control locales o se empleaban controles centralizados. El uso de este tipo de controladores genera desventajas en la operación de la planta debido a la falta de interacción en los controladores locales o por lo riesgoso de depender un solo controlador. Por lo que la tendencia se ha vuelto el uso de controladores distribuidos conectados a una red de comunicación. Por otro lado, el control predictivo es una técnica de control que ha sido ampliamente aceptada tanto en el ámbito académico como en el industrial, debido a que su formulación es en el dominio del tiempo, incorpora restricciones de forma sistemática y tiene gran potencial para ser aplicado de forma distribuida. El objetivo central de este trabajo es mostrar el control predictivo aplicado de forma distribuida conectado mediante una red de comunicación. Como paso inicial en la aplicación del control predictivo en forma distribuida, se formula el algoritmo considerando que se encuentra conectado a una red LAN y que únicamente genera un retardo de tiempo en la transmisión de los datos. Los resultados demuestran que el funcionamiento del algoritmo es adecuado al ser aplicado a un sistema de carácter académico.

Palabras Clave: Control predictivo distribuido basado en modelo, sistemas de control en red.

adfa, p. 15, 2011.
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2011

Felipe de Jesús Sorcia-Vazquez, Carlos Daniel García-Beltrán, Guillermo Valencia-Palomo, Proceso de Planeación de Una Planta para la Fabricación de Dispositivos Médicos en Hermosillo, Sonora, en: Mario Barceló-Valenzuela, Alonso Perez-Soltero, Oscar Mario Rodríguez-Elias, Maria Trinidad Serna-Encinas (Eds.), Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora, pp. 15-25, 2012.

1 Introducción

El aspecto que motiva este trabajo son los Sistemas de Control en Red, que han sido uno de los principales temas de investigación en el ámbito académico así como en el industrial por varias décadas [1]. Un Sistema de Control en Red (NCS) consiste en un conjunto de sistemas físicos y elementos computacionales, los cuales tienen interacción tanto físicamente (a través del proceso) como de información apoyados por una red de recursos compartidos [2]. En la Figura 1 se muestran los controladores centralizado, descentralizado y distribuido, donde C es el controlador centralizado, C_i representa a cada uno de los controladores descentralizados y S_i son cada uno de los subsistemas del proceso. La Figura 1a muestra el esquema de control centralizado donde se tiene un controlador global regulando al proceso. Este tipo de esquemas presentan varios problemas, tales como: si el controlador falla, el proceso completo tiene que detenerse, la obtención de la ley de control puede ser complicada. La Figura 1b muestra el esquema de control descentralizado, en el cual se implementan controladores independientes, pero no existe comunicación entre éstos, por lo que si existe interacción entre los subsistemas, ésta se considera como una perturbación. La desventaja de este esquema de control es que en algunos casos no se puede garantizar la estabilidad global del sistema si existe una fuerte interacción entre los subsistemas. En la Figura 1c se muestra el control distribuido, en este esquema se tienen controladores independientes al igual que en el esquema distribuido, pero con la diferencia de que éstos se encuentran interconectados por una red de comunicación, lo que hace posible que se puedan tomar en cuenta las interacciones entre los distintos subsistemas, por lo que en este caso sí se pueden diseñar controladores que garanticen la estabilidad global del sistema.

Aunque muchos de los problemas de los controladores centralizados y descentralizados se resuelven mediante el uso de un esquema distribuido, al contar con una red de comunicación, ésta se ve afectada por distintos problemas, entre los que destacan: *retardos de tiempo en la transmisión de la información, pérdida de paquetes de información y descarto de paquetes de información (Packet dropout)*. Los retardos de tiempo son la mayor causa de la degradación del desempeño del sistema y potencialmente puede causar inestabilidad en el mismo.

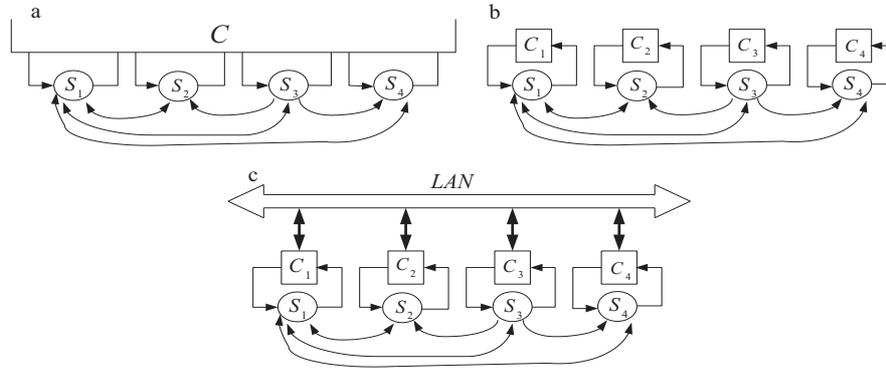


Fig. 1. . Esquemas de control centralizado, descentralizado y distribuido.

Se han realizado diversas propuestas para la solución de las problemáticas relacionadas con los sistemas de control en red, a continuación se explican algunas de ellas. En [3], para el diseño del controlador, se propone un nuevo modelo en tiempo discreto conmutado para una red de comunicación con problemas de retardos de tiempo y descarto de paquetes de información. En [4] se muestra un método para mejorar el diseño del control por retroalimentación de estados, tomando en cuenta retardos tiempo y descarto de paquetes de información. En [5] se presenta un modelo de un sistema de control en red, bajo la consideración de que la red introduce retardos de tiempo y descarto de paquetes de información en la transmisión. En [6] se detalla el diseño de un esquema de control que hace frente a los retardos de tiempo, al descarto de paquetes de información y al desorden en la transmisión de los paquetes de información. En [7] se propone un esquema que hace frente al descarto de paquetes de información. Se considera la transmisión de múltiples paquetes de información. En [8] se muestra un método para la estabilización de sistemas de control en red que presentan retardos aleatorios de tiempo. En [9] se presenta el modelado para el descarto de paquetes de información mediante el uso de sistemas conmutados en tiempo discreto. Se propone además un control por retroalimentación de estados para la estabilización del sistema. En [10] se aborda el problema de interconexión de n sistemas de control a una red de comunicación. La estabilización de los subsistemas se realiza mediante la obtención de un control por retroalimentación de estados para cada uno.

En este trabajo se propone utilizar el Control Predictivo basado en Modelo (MPC) como una primera aproximación para la resolución de los diversos problemas que se presentan en la red. El objetivo del trabajo es la aplicación del control predictivo en su forma distribuida y compararlo contra su forma centralizada haciendo énfasis en las ventajas y desventajas que esto supone.

El MPC se desarrolló a finales de los setenta y ha tenido un desarrollo considerable desde entonces. El término control predictivo no se designa a una técnica de control en particular, sino a un conjunto de técnicas de control que hace uso explícito del modelo del proceso para obtener la señal de control óptima mediante la minimización de una función objetivo. Estas técnicas de control llevan a controladores que tienen básicamente la misma estructura y los mismos elementos [11]: (i) el modelo explícito del modelo del proceso para predecir la evolución del proceso en los instantes de tiempo futuros; (ii) una función de costo para cuantificar el error en la variable de control; (iii) la estrategia de horizonte deslizante donde solamente se aplica la primera entrada calculada en cada instante de muestreo. Gran parte de la popularidad que ha tenido el control predictivo es que su formulación es en el dominio del tiempo y por lo tanto es fácil de entender; se puede utilizar para controlar una gran gama de procesos, desde los muy simples hasta los de dinámica compleja; introduce un tipo de control anticipativo; e incorpora restricciones en la formulación del problema de control se hace de forma sistemática.

La presentación del trabajo se divide de la siguiente manera: la Sección 2 presenta la idea general del MPC; la Sección 3 detalla la formulación del MPC distribuido; la Sección 4 muestra la aplicación del MPC a un ejemplo académico; y finalmente en la Sección 5 se dan las conclusiones del trabajo.

2 La idea general del control predictivo

La metodología de las diferentes estrategias de control pertenecientes a la familia MPC se caracteriza por la siguiente estrategia, representada en la Figura 2:

1. Las salidas futuras para un horizonte determinado H_p (horizonte de predicción), se predicen en cada instante de muestreo k utilizando el modelo del proceso.
2. Las entradas de control se predicen sobre un horizonte H_c (horizonte de control), las cuales se calculan minimizando un criterio para mantener al proceso lo más cerca posible de la trayectoria de referencia $\mathbf{r}(k+i)$. Este criterio toma normalmente la forma de una función cuadrática del error entre la salida predicha y la trayectoria de referencia futura, así como un factor cuadrático que pondera las señales de control calculadas.
3. Utilizando la estrategia de control deslizante, el primer elemento de la secuencia de control $\mathbf{u}(k|k)$ se envía al proceso y el resto se descarta. Para el siguiente instante de muestreo, los datos se actualizan y se repite el proceso.

La estructura básica necesaria para poder llevar a cabo la estrategia de control predictivo se muestra en la Figura 3. Se utiliza un modelo para la predicción de las salidas futuras del proceso a partir de las señales de entrada y salidas conocidas. Las señales de control futuras se calculan con el optimizador, que considera la función objetivo y las posibles restricciones [12].

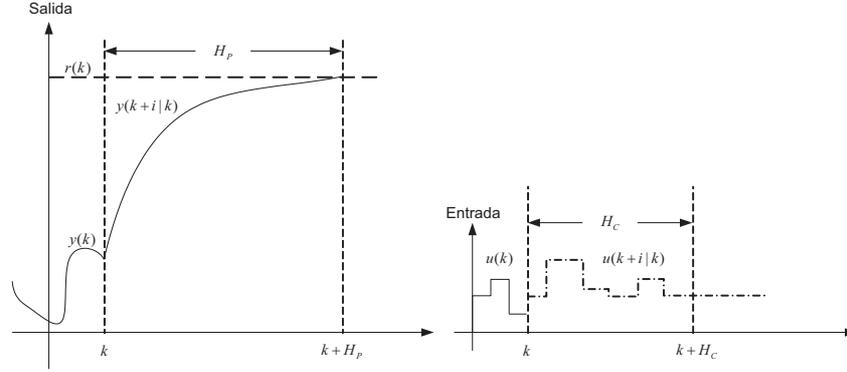


Fig. 2. Estrategia del MPC.

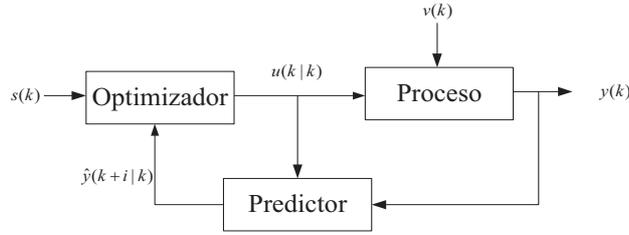


Fig. 3. Estructura básica del MPC

3 Control predictivo distribuido

En [13] se propone un esquema de control predictivo distribuido que toma en consideración la interacción de los estados, las entradas y las salidas entre los S subsistemas del proceso. Se considera que está conectado a una red de comunicación tipo LAN. Se parte del modelo de un sistema lineal en tiempo discreto en representado en espacio de estado, este sistema se encuentra descrito por

$$\begin{aligned} \mathbf{x}(k+1) &= \mathbf{A}\mathbf{x}(k) + \mathbf{B}\mathbf{u}(k) \\ \mathbf{y}(k) &= \mathbf{C}\mathbf{x}(k). \end{aligned} \quad (1)$$

El sistema se descompone en s subsistemas s_i con $i = 1, \dots, s$, esto es:

$$\begin{aligned} \mathbf{x}_i(k+1) &= \mathbf{A}_{ii}\mathbf{x}_i(k) + \mathbf{B}_{ii}\mathbf{u}_i(k) + \mathbf{h}_i(k) \\ \mathbf{y}_i(k) &= \mathbf{C}_{ii}\mathbf{x}_i(k) + \mathbf{v}_i(k), \end{aligned} \quad (2)$$

donde $\mathbf{x}_i(k) \in \mathbb{R}^{n_i}$, $\mathbf{u}_i(k) \in \mathbb{R}^{m_i}$ y $\mathbf{y}_i(k) \in \mathbb{R}^{q_i}$ son el estado local, la entrada local y la salida local respectivamente. \mathbf{h}_i y \mathbf{v}_i son los vectores de interacción de estado y de salida, los cuales están descritos por

$$\begin{aligned}\mathbf{h}_i(k) &= \sum_{j=1, j \neq i}^s \mathbf{A}_{ij} \mathbf{x}_j(k) + \sum_{j=1, j \neq i}^s \mathbf{B}_{ij} \mathbf{u}_j(k) \\ \mathbf{v}_i(k) &= \sum_{j=1, j \neq i}^s \mathbf{C}_{ij} \mathbf{x}_j(k).\end{aligned}\quad (3)$$

Para el desarrollo del MPC distribuido se realizan las siguientes suposiciones:

1. Los horizontes de predicción y control son iguales para cada subcontrolador.
2. Los subcontroladores son síncronos.
3. La comunicación es sólo una vez en cada instante de muestreo.
4. La red de comunicación induce sólo un retardo de un instante de muestreo.

Para la predicción de los vectores de interacción se definen las siguientes matrices:

$$\begin{aligned}\tilde{\mathbf{A}}_i &= [\text{diag}_{H_P}\{\mathbf{A}_{i,1}\} \dots \text{diag}_{H_P}\{\mathbf{A}_{i,i-1}\} \mathbf{0} \text{diag}_{H_P}\{\mathbf{A}_{i,i+1}\} \dots \text{diag}_{H_P}\{\mathbf{A}_{i,s}\}], \\ \tilde{\mathbf{B}}_i &= [\text{diag}_{H_P}\{\mathbf{B}_{i,1}\} \dots \text{diag}_{H_P}\{\mathbf{B}_{i,i-1}\} \mathbf{0} \text{diag}_{H_P}\{\mathbf{B}_{i,i+1}\} \dots \text{diag}_{H_P}\{\mathbf{B}_{i,s}\}], \\ \tilde{\mathbf{C}}_i &= [\text{diag}_{H_P}\{\mathbf{C}_{i,1}\} \dots \text{diag}_{H_P}\{\mathbf{C}_{i,i-1}\} \mathbf{0} \text{diag}_{H_P}\{\mathbf{C}_{i,i+1}\} \dots \text{diag}_{H_P}\{\mathbf{C}_{i,s}\}],\end{aligned}\quad (4)$$

donde $\text{diag}_{H_P}\{\mathbf{A}_{i,s}\}$, $\text{diag}_{H_P}\{\mathbf{B}_{i,s}\}$, $\text{diag}_{H_P}\{\mathbf{C}_{i,s}\}$ son matrices diagonales con H_P elementos en la diagonal.

Definiendo:

$$\tilde{\Gamma}_i = \begin{bmatrix} \mathbf{0}_{(H_C-1)n_i \times n_i} & \mathbf{I}_{(H_C-1)n_i \times n_i} \\ \mathbf{0}_{n_i \times (H_C-1)n_i} & \mathbf{I}_{n_i} \end{bmatrix}, \tilde{\Gamma} = \text{diag}\{\tilde{\Gamma}_1 \dots \tilde{\Gamma}_s\}, \tilde{\mathbf{B}}_i = \tilde{\tilde{\mathbf{B}}}_i \tilde{\Gamma}_i.$$

Entonces, la predicción de los vectores de interacción de estado y de entrada está dada por:

$$\begin{aligned}\hat{\mathbf{H}}_i(k, H_P | k-1) &= \tilde{\mathbf{A}}_i \hat{\mathbf{X}}(k, H_P | k-1) + \tilde{\mathbf{B}}_i \mathbf{U}_i(k-1, H_C | k-1), \\ \hat{\mathbf{V}}_i(k, H_P | k-1) &= \tilde{\mathbf{C}}_i \hat{\mathbf{X}}(k, H_P | k-1),\end{aligned}\quad (5)$$

Para la predicción de los estados y de las salidas se definen las siguientes matrices:

$$\bar{\mathbf{S}}_i = \begin{bmatrix} \mathbf{A}_{ii}^0 & \dots & \mathbf{0} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{A}_{ii}^{H_P-1} & \dots & \mathbf{A}_{ii}^0 \end{bmatrix}, \mathbf{T}_i = \begin{bmatrix} \mathbf{0}_{(H_P-1)q_i \times q_i} & \mathbf{I}_{(H_P-1)q_i} \\ \mathbf{0}_{q_i \times (H_P-1)q_i} & \mathbf{I}_{q_i} \end{bmatrix},$$

$$\bar{\mathbf{A}}_i = \begin{bmatrix} \mathbf{A}_{ii} \\ \mathbf{0}_{H_P n_i \times n_i} \end{bmatrix}, \bar{\mathbf{B}}_i = \begin{bmatrix} \text{diag}_{H_C} \{\mathbf{B}_{ii}\} & & & & \\ \mathbf{0}_{m_i} & \dots & \mathbf{0}_{m_i} & \mathbf{B}_{ii} & \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \\ \mathbf{0}_{m_i} & \dots & \mathbf{0}_{m_i} & \mathbf{B}_{ii} & \end{bmatrix}, \bar{\mathbf{C}}_{ii} = \text{diag}_{H_P} \{\mathbf{C}_{ii}\}.$$

La predicción de los estados y de las salidas del sistema está dada por:

$$\begin{aligned} \hat{\mathbf{X}}_i(k+1, H_P|k) &= \bar{\mathbf{S}}_i [\bar{\mathbf{A}}_i \hat{\mathbf{x}}_i(k|k) + \bar{\mathbf{B}}_i \mathbf{U}(k, H_C|k) + \bar{\mathbf{H}}_i(k, H_P|k-1)] \\ \hat{\mathbf{Y}}_i(k+1, H_P|k) &= \bar{\mathbf{C}}_i \hat{\mathbf{X}}_i(k, H_P|k) + \mathbf{T}_i \hat{\mathbf{V}}_i(k, H_P|k-1), \end{aligned} \quad (6)$$

donde

$$\begin{aligned} \hat{\mathbf{X}}_i(k, H_P|k) &= [\hat{\mathbf{x}}_i(k|k) \quad \hat{\mathbf{x}}_i(k+1|k) \quad \dots \quad \hat{\mathbf{x}}_i(k+H_P-1|k)]^T, \\ \mathbf{U}_i(k, H_P|k) &= [\mathbf{u}_i(k|k) \quad \mathbf{u}_i(k+1|k) \quad \dots \quad \mathbf{u}_i(k+H_P-1|k)]^T. \end{aligned}$$

Una vez planteadas las ecuaciones de predicción se formula la función costo para este algoritmo:

$$\begin{aligned} J_i &= \left(\hat{\mathbf{Y}}_i(k+1, H_P) - \hat{\mathbf{Y}}_i^d(k+1, H_P) \right)^T \bar{\mathbf{Q}}_i \left(\hat{\mathbf{Y}}_i(k+1, H_P) - \hat{\mathbf{Y}}_i^d(k+1, H_P) \right) \\ &\quad + \Delta \mathbf{U}_i(k+1, H_C|k)^T \bar{\mathbf{R}}_i \Delta \mathbf{U}_i(k+1, H_C|k), \end{aligned} \quad (7)$$

sujeto a las siguientes restricciones

$$\begin{aligned} \hat{\mathbf{x}}_i(k+l|k) &= \mathbf{A}_{ii}^l \hat{\mathbf{x}}_i(k|k) + \sum_{f=1}^l \mathbf{A}_{ii}^{f-1} \mathbf{B}_{ii} \mathbf{u}_i(k+l-s|k) + \sum_{f=1}^l \mathbf{A}_{ii}^{f-1} \mathbf{B}_{ii} \hat{\mathbf{h}}_i(k+l-s|k-1) \\ \hat{\mathbf{y}}_i &= \mathbf{C}_{ii} \hat{\mathbf{x}}_i(k|k) + \hat{\mathbf{v}}_i(k+l|k-1). \end{aligned} \quad (8)$$

Donde $\bar{\mathbf{Q}}_i = \text{diag}_{H_P} \{\mathbf{Q}_i\}$, $\bar{\mathbf{R}}_i = \text{diag}_{H_P} \{\mathbf{R}_i\}$.

4 Aplicación del control predictivo distribuido

El sistema al cual se aplica el control predictivo distribuido es un sistema de carácter académico con el fin de probar su desempeño. Considere el sistema lineal,

$$\begin{bmatrix} x_1(k+1) \\ x_2(k+1) \\ x_3(k+1) \\ x_4(k+1) \\ x_5(k+1) \\ x_6(k+1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.52 & 0.028 & 0.2 & 0 & 0 & 0.2 \\ 0.2 & 0.772 & 0.2 & 0 & 0.2 & 0 \\ 0.01 & 0.075 & 0.0407 & 0 & 0.01 & 0.2 \\ 0.1 & 0 & 0 & 0.0107 & 0.08 & 0.2 \\ 0.2 & 0.02 & 0 & 0.09 & 0.021 & 0.34 \\ 0.4 & 0 & 0 & 0.04 & 0.09 & 0.199 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1(k) \\ x_2(k) \\ x_3(k) \\ x_4(k) \\ x_5(k) \\ x_6(k) \end{bmatrix} +$$

$$\begin{bmatrix} 0.02 & 0.5 & 0.3 & 0 & 0 & 0 \\ 0.1 & 0.8 & 0.1 & 0 & 0 & 0 \\ 0.787 & 0.02 & 0.5 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.787 & -0.4 & -0.02 \\ 0 & 0 & 0 & 0.6 & 0.01 & 0.1 \\ 0 & 0 & 0 & 0.2 & 0.7 & 0.04 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_1(k) \\ u_2(k) \\ u_3(k) \\ u_4(k) \\ u_5(k) \\ u_6(k) \end{bmatrix}$$

$$[y_1(k) \ y_2(k) \ y_3(k) \ y_4(k) \ y_5(k) \ y_6(k)]^T = \mathbf{I}_{6 \times 6} [x_1(k) \ x_2(k) \ x_3(k) \ x_4(k) \ x_5(k) \ x_6(k)]^T. \quad (9)$$

Las matrices de ponderación del error de salida y de los incrementos de las señales de control se definieron como:

$$\mathbf{Q} = \mathbf{I}_{6 \times 6}, \mathbf{R} = 0.0001 * \mathbf{I}_{6 \times 6}.$$

A continuación se muestran los resultados obtenidos con el algoritmo de control predictivo centralizado. En la Figura 4 se muestra el seguimiento de trayectoria, el cual es adecuado. Las trayectorias de referencia para las tres primeras salidas se propusieron variantes en el tiempo, mientras que las trayectorias de referencia para las salidas restantes se propusieron fijas, esto con el objetivo de observar cómo se ven afectadas las salidas en el esquema de control predictivo distribuido. En la Figura 5 se muestran las señales de control generadas, en esta figura se observa que dichas señales de control permanecen acotadas.

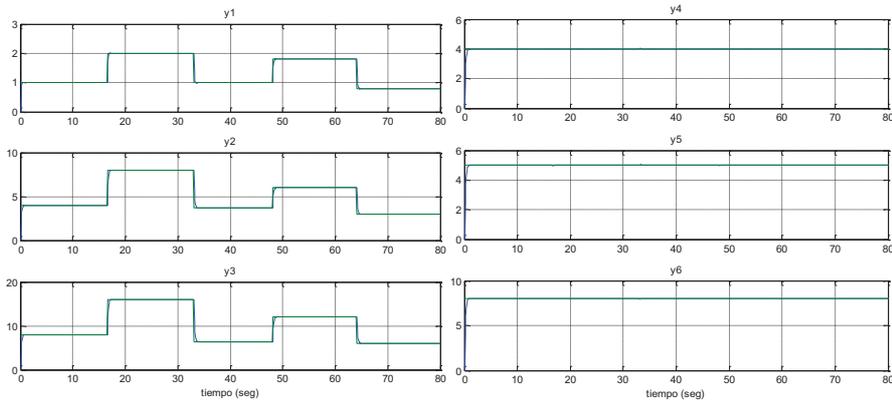


Fig. 4. Seguimiento de trayectoria con el control predictivo centralizado.

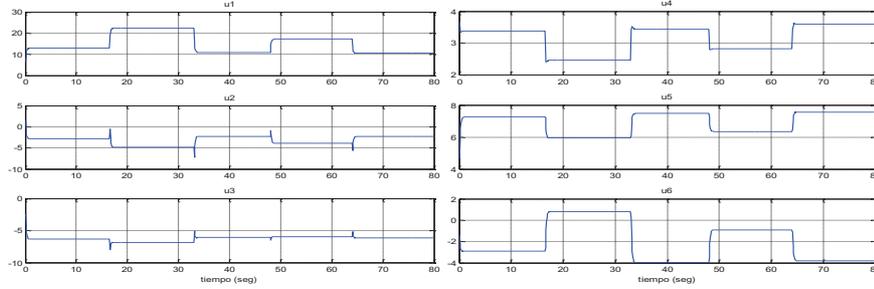


Fig. 5. Señales de control generadas por el control predictivo centralizado.

Para la aplicación del control predictivo distribuido al sistema descrito por (1) se procede a realizar la partición de las matrices del sistema, en dos subsistemas como sigue:

$$\begin{aligned}
 A_{11} &= \begin{bmatrix} 0.52 & 0.028 & 0.2 \\ 0.2 & 0.772 & 0.2 \\ 0.01 & 0.075 & 0.0407 \end{bmatrix}, A_{12} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0.2 \\ 0 & 0.02 & 0 \\ 0 & 0.01 & 0 \end{bmatrix}, A_{21} = \begin{bmatrix} 0.1 & 0 & 0 \\ 0.2 & 0.02 & 0 \\ 0.4 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \\
 A_{22} &= \begin{bmatrix} 0.0107 & 0.08 & 0.2 \\ 0.09 & 0.021 & 0.34 \\ 0.04 & 0.09 & 0.199 \end{bmatrix}, B_{11} = \begin{bmatrix} 0.02 & 0.5 & 0.3 \\ 0.1 & 0.8 & 0.1 \\ 0.787 & 0.02 & 0.5 \end{bmatrix}, B_{22} = \begin{bmatrix} 0.787 & -0.4 & -0.2 \\ 0.6 & 0.01 & 0.1 \\ 0.2 & 0.7 & 0.4 \end{bmatrix}, \\
 B_{12} &= B_{21} = \mathbf{0}_{3 \times 3}, C_{11} = C_{22} = I_{3 \times 3}, C_{12} = C_{21} = \mathbf{0}_{3 \times 3}, \\
 Q_1 &= Q_2 = I_{3 \times 3}, R_1 = R_2 = 0.0001 I_{3 \times 3}.
 \end{aligned}$$

En la Figura 6 se muestra el seguimiento de trayectoria obtenido con el control predictivo distribuido, como se puede observar en esta figura, los cambios en las referencias de las tres primeras salidas afectan a las tres salidas restantes, esto se ve reflejado en la función costo, ésta es mucho mayor que el resultado obtenido con el control predictivo centralizado, el resultado de la evaluación de la funciones costo se muestra en la Tabla 1. La Figura 7 muestra las señales de control obtenidas, éstas presentan algunas oscilaciones cuando se representan las transiciones de las trayectorias de referencia, a diferencia de las señales de control obtenidas con el control predictivo centralizado, donde éstas presentan transiciones más suaves.

Tabla 1. Resultados de la evaluación de las funciones costo

Esquema	Función costo
Control predictivo centralizado	8.83
Control predictivo distribuido	427.23

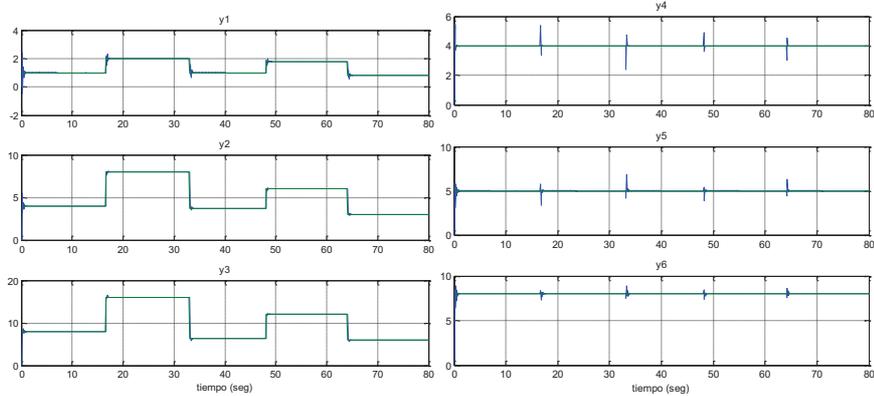


Fig. 6. Seguimiento de trayectoria con el control predictivo distribuido.

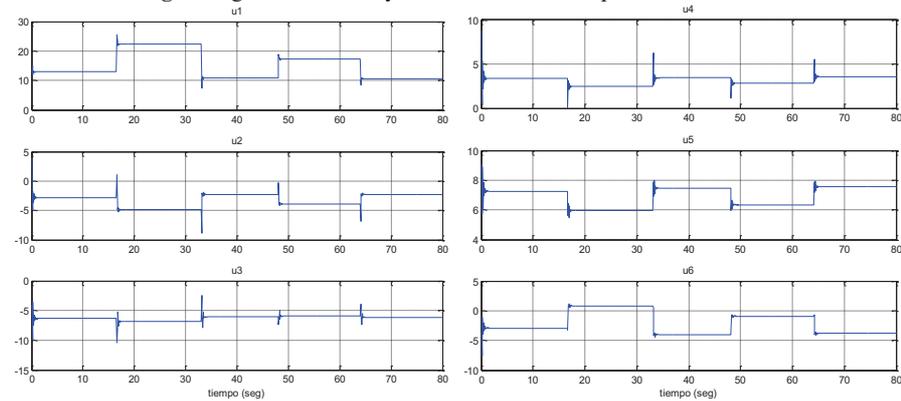


Fig. 7. Señales de control generadas por el control predictivo distribuido.

5 Conclusiones

El control predictivo es uno de los esquemas de control que ha solucionado de forma práctica y sencilla los problemas de control que la industria presenta. Pero con el constante crecimiento de las industrias, los controladores multivariables ya no satisfacen las necesidades de control de éstas, debido a que su aplicación es complicada cuando el proceso es de gran escala. Por ello, el uso de controladores distribuidos se hace necesario. Como el ejemplo muestra, el esquema de MPC distribuido presenta un desempeño adecuado. Aunque comparado con el MPC centralizado, el esquema distribuido tiene una degradación en el desempeño como se muestra en la Tabla 1 (mayor valor de la función costo). Por otro lado, aunque el desempeño del MPC distribuido no sea mejor que el del MPC centralizado, es por mucho superior al que tendría un conjunto de controladores

locales de tipo PID debido a que estos últimos no toman en cuenta las interacciones propias del proceso.

Por último, es importante señalar que el esquema de MPC distribuido de este trabajo presenta una limitante importante, ya que los problemas reales que una red de comunicación presenta no se abordan. Pero este esquema se toma como base para la proposición futura de un esquema que pueda hacer frente a los problemas de una red de comunicación.

6 Referencias

1. Gupta, R.A., Chow, M.Y.: Networked Control Systems: Overview and Research Trends, *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 57, pp. 2527-2535 (2010).
2. Branicky, M.S., Liberatore, V., Phillips, S.M.: Networked Control Systems Co-Simulation for Co-Design, *IEEE American Control Conference*, pp. 3341-3346 (2003).
3. Venkat, A.N., Hiskens, I.A., Rawlings, J.B., Wright, S.J.: Distributed MPC Strategies With Application to Power System Automatic Generation Control, *IEEE Transaction on Control Systems Technology*, vol. 16, pp. 1192-1206 (2008).
4. Tang, B., Liu, G.P., Gui, W.H.: Improvement of State Feedback Controller Design for Networked Control Systems, *IEEE Transactions on Circuits and Systems*, vol. 55, pp. 464-468 (2008).
5. Yue, D., Han, Q.L., Peng, C.: State Feedback Controller Design of Networked Control Systems, *IEEE Transactions on Circuits and Systems*, vol. 55, pp. 640-644 (2004).
6. Zhao, Y.B., Liu, G.P., Rees, D.: Design of a Packet-Based Control Framework for Networked Control Systems, *IEEE Transaction on Control Systems Technology*, vol. 17, pp. 859-865 (2009).
7. Wu, J., Chen, T.: Design of Networked Control Systems With Packet Dropouts, *IEEE Transaction on Automatic Control*, vol. 52, pp. 1314-1319 (2007).
8. Zhang, L., Shi, Y., Chen, T., Huang, B.: A New Method for Stabilization of Networked Control Systems with Random Delays, *IEEE American Control Conference Portland, OR, USA*, pp. 633-637 (2005).
9. Zhang, W.A., Yu, L.: Output Feedback Stabilization of Networked Control Systems With Packet Dropouts, *IEEE Transaction on Automatic Control*, vol. 52, pp. 1705-1710 (2007).
10. Dai, S.L., Lin, H., Ge, S.S.: Scheduling-and-Control Codesign for a Collection of Networked Control Systems with Uncertain Delay, *IEEE Transaction on Control Systems Technology*, vol. 18, pp. 66-78 (2010).
11. Camacho, E.F., Bordons, C.: Control Predictivo: Pasado, Presente y Futuro, *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial*, vol. 1, pp. 5-28 (2004).
12. Camacho, E.F., Bordons, C.: Model Predictive Control, Springer. Advanced Textbooks in Control and Signal Processing (2002).
13. Vaccarini, M., Longhi, S., Reza Katebi, M. Unconstrained networked decentralized model predictive control, *Journal of Process Control*, vol. 19, pp. 328-339 (2009).

Mejora al Proceso de Corte con Plasma Automatizado

Raúl Cruz Martínez, Germán Alonso Ruiz Domínguez, Ignacio Fonseca Chon

División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Hermosillo,
Sonora, México

raulcruz_m@hotmail.com, gruiz@ith.mx, ifonseca@industrial.uson.mx

Resumen. El objetivo principal del presente trabajo es la aplicación del Diseño de Experimentos en la solución de problemas que se presentan en la industria metal-mecánica, como es en el caso del proceso de corte de placas de metal utilizando el corte con plasma automatizado.

El diseño estadístico de experimentos es el proceso que nos permite planear el experimento para que se obtengan datos adecuados a utilizarse con métodos estadísticos que nos permitan conclusiones válidas y objetivas. Reducir y controlar la variación de un proceso forman parte del propósito de la experimentación al ayudar a tomar decisiones en relación a los parámetros que afectan el desarrollo del proceso.

La solución de los problemas que se presentan en los procesos de manufactura en la industria metal-mecánica permitirá la elaboración de productos que satisfagan y excedan las necesidades y expectativas de los clientes, logrando con ello mantenerse en un mercado cada vez más competitivo al tener una mejora continua en sus procesos de fabricación y optimización de recursos.

Uno de los procesos en el cual se aplicará el Diseño de Experimentos será en el proceso de corte con plasma automatizado, donde se aportará una mejora continua y optimización de los recursos en base a los resultados obtenidos en el desarrollo de este estudio.

Palabras Clave: Metal-mecánica, Corte con plasma automatizado, Diseño de Experimentos

1 Introducción

Las empresas que buscan y desean ser líderes industriales deben dirigir su búsqueda al mercado global, estas empresas con ambición de crecer encuentran la competitividad en los mercados de más países para obtener nuevos clientes, reducir costos y mejorar la competitividad [1]. Cuando una empresa crea mas valor para sus clientes, se dice que cuenta con ventaja competitiva, ésta es medida con relación a los rivales presentes en la industria; por ejemplo para una empresa local sus competidores son locales; para una industria nacional, los competidores son nacionales; para una industria internacional, la competencia es entonces, internacional [2]

El maquinado es un proceso de manufactura el cual utiliza una herramienta de corte para quitar el material de una pieza de trabajo, quedando ésta formada por el material que queda en la pieza de trabajo. El corte del material de la pieza de trabajo forma una viruta, dejando una nueva superficie [3].

Otro de los procesos de corte es el corte por plasma, el cual utiliza el intenso calor que proviene de un arco eléctrico para fundir el metal a cortar. Casi todos los procesos de corte usan el calor generado por un arco entre un electrodo y una parte de trabajo metálica para fundir un canal que separa la parte. El plasma se define como un gas sobrecalentado eléctricamente y ionizado, este proceso utiliza una corriente de plasma que llega a alcanzar una temperatura de 14,000°C, para cortar metal por fusión [3].

Para optimizar el desempeño en el área de operaciones, los ingenieros buscan mejores materiales, instalaciones, equipos y procesos para fabricar sus productos, llegando a la experimentación para el desarrollo de procesos de manufactura y el mejoramiento de procesos [4].

En la industria metal-mecánica, se utiliza para el corte de placa y laminas de metal el proceso de corte con plasma, por su versatilidad al corte en calibres o espesores de placa delgada o gruesa. Además brinda mayor productividad ya que las velocidades de corte son mayores que otros métodos, dando una razón de costo-beneficio mejor ante otras tecnologías [5].

2 Marco Teórico

En el proceso de corte con arco de plasma, se crea un arco eléctrico para generar un calor intenso y fundir con él el metal a cortar, el arco eléctrico se forma entre un electrodo y la parte de trabajo metálica que por lo general es una placa o lámina plana, para fundir una abertura y lograr separar así la pieza o parte de interés [3].

El corte con arco de plasma generalmente se utiliza para cortar láminas de metal y placas planas (eléctricamente conductivas), los cortes realizados con este proceso son el barrenado y el corte en una trayectoria larga definida, ya sea de forma manual, donde una persona controla el soplete, o de forma automatizada utilizando el control numérico (CN), este última es utilizada para altas y rápidas producciones, debido a que se puede

supervisar las variables de operación del arco del plasma; tales como la distancia de separación del “soplete”, velocidad de corte, corriente de alimentación, entre otras. Los metales en los que se aplica comúnmente este proceso son los aceros al carbón simple, aceros inoxidables y el aluminio. Las velocidades de corte a lo largo de la trayectoria logran ser de hasta 430 pulgadas por minuto para una placa de aluminio de $\frac{1}{4}$ de pulgada de espesor y de 200 pulgadas por minuto para placas de acero de $\frac{1}{4}$ de pulgada de espesor. Para materiales más gruesos, las velocidades deben ser menores [3].

La experimentación se considera parte del proceso científico y un medio para conocer el funcionamiento de sistemas y procesos, se llevan a cabo experimentos para generar datos del proceso y después se usa la información del experimento para establecer nuevas conjeturas, lo que le va a nuevos experimentos. Es una herramienta fundamental en la ingeniería para mejorar el desempeño de un proceso de manufactura, la aplicación de las técnicas del diseño experimental redundan en: 1) Mejoras en el rendimiento del proceso; 2) Variabilidad reducida y conformidad más cercana con los requerimientos nominales o proyectados, 3) Reducción del tiempo de desarrollo, 4) Reducción de los costos globales [6].

El diseño y análisis de un experimento requiere que todos los que participen tengan la idea de que es lo que se va a estudiar, debe entenderse el cómo se recolectan los datos y tener la clara comprensión de cuál va a ser la forma en que se van a analizar estos datos, de tal forma que se representaría esquemáticamente de la siguiente manera [6]:

- (1) Identificación y enunciación del problema,
- (2) Elección de los factores, los niveles y los rangos,
- (3) Selección de la variable de respuesta,
- (4) Elección del diseño experimental,
- (5) Realización del experimento,
- (6) Análisis estadístico de los datos,
- (7) Conclusiones y recomendaciones

En los experimentos intervienen el estudio de los efectos de dos o más factores. Los diseños factoriales son más eficientes para este tipo de experimentos, es en el que en cada ensayo del experimento se investigan las combinaciones posibles de los niveles de los factores. El efecto de los factores se entiende como el cambio en la respuesta producida por un cambio en el nivel del factor. Efecto principal se refiere a los factores de interés en el experimento en donde un experimento con dos factores tienen dos niveles. A los niveles se les llama “bajo” y “alto” y se denotan como negativo (-) y positivo (+), respectivamente [6].

El propósito de desarrollar productos o procesos, es el mejorar las características del producto o el proceso para cumplir con las necesidades y expectativas de los consumidores. El propósito de la experimentación es reducir y controlar la variación de un producto o un proceso, precedido por las decisiones que deberán hacerse en relación con los parámetros que afectan el desarrollo del proceso o producto, la pérdida de función cuantifica la necesidad de entender que factor de diseño tiene influencia en el valor

promedio y la variación del desarrollo de un producto o proceso. La decisión más que usar el puro juicio, toma en cuenta la variación [7].

3 Descripción del Problema

La competencia globalizada que abarca desde, el problema de hacer frente en el mercado local a la presencia de productos o servicios competidores generados en otras partes del mundo, los problemas que plantean las posibilidades de exportación a otros países, la interacción y coordinación de redes multiplantas, son entre otros uno de los nuevos problemas que debe enfrentar la Administración de la Producción [8].

Existe una empresa que fabrica Cajeros, Cabinas, Gabinetes, Controladores y Estructuras a la medida en metal y acero inoxidable. Además de manufactura Diversos Subensambles y Maquinados Metálicos [9]. Dicha empresa nace en Hermosillo, Sonora, México en 1955, iniciando como fabricante de productos de lámina, actualmente, es de hecho uno de los líderes de México debido a una constante actualización tecnológica y especialmente por su dedicación a los clientes, dentro de los cuales se incluyen grandes compañías algunas de ellas ubicadas en el extranjero. Ha exportado sus productos a países como Estado Unidos, Canadá y Alemania, lo que le ha contribuido a un crecimiento estable.

Como parte de los procesos con los cuales manufactura sus productos la empresa fabricante de gabinetes, se utiliza entre otros procesos, el corte de lámina de metal con plasma automatizado, en el que ha tenido como resultado falta de perpendicularidad en sus cortes, causado por las condiciones de operación del equipo, ya que los parámetros de operación no son los mejores.

La empresa fabricante de gabinetes, ha puesto particular interés en el corte con plasma ya que lo utiliza para el corte de láminas de acero en sus procesos de manufactura y ensamble de los gabinetes metálicos. La experiencia que ha tenido en dicho proceso no ha sido satisfactoria ya que los cortes de las piezas tienen defectos que perjudican el ensamble entre sus componentes al ser unidos por soldadura u otro medio, por lo que es necesario corregir el problema en cada pieza con otro proceso antes de ser ensambladas. Estos resultados obedecen a que en el proceso de corte con plasma intervienen varios factores, necesarios para operarlo, el fabricante de la máquina recomienda los factores en su manual de usuario, solo que estos factores no han resultado en cortes satisfactorios en el proceso de corte, sin embargo debe encontrarse la combinación de parámetros que optimicen el proceso de corte, entre los que se destacan la intensidad de corriente con la que se alimenta el plasma, la altura de la antorcha, velocidad del corte, tipo y presión del gas, tipo y espesor del material a cortar, dirección del corte, corte recto o curvo.

El desarrollo del experimento que mejorará el proceso de corte con plasma automatizado coincide con el interés de esta empresa, por esto se analizará el proceso de corte con plasma automatizado en lámina de acero A-36 en tres octavos de pulgada de espesor, por lo que será una mutua colaboración al permitir desarrollar el experimento.

4 Desarrollo de la solución

El desarrollo del experimento busca mejorar el proceso de corte con plasma automatizado en placa de acero A-36 en tres octavos de pulgada de espesor, con lo que tenemos hasta este momento la identificación del problema y con ello su enunciación.

Los factores que intervienen en el proceso, son: 1.- Corriente de alimentación al electrodo para generar el arco eléctrico (Amperaje); 2.- Altura de la antorcha integrada por el electrodo, esto es la separación del electrodo y el metal a cortar donde se crea el arco eléctrico medida en milímetros; 3.- Velocidad de desplazamiento de corte medida en pulgadas por minuto y; 4.- Presión del gas con el que se realiza el plasma medida en libras por pulgada cuadrada. La variable de respuesta en el proceso, es la problemática planteada con anterioridad. La perpendicularidad en el corte.

Hay variables que no se pueden controlar (conocidas como ruido), entre los que aparecen la temperatura ambiente, hora de realización del experimento, operarios de equipo, equipo de medición, personas a realizar la medición, calidad de el electrodo, calidad del material a cortar. El experimento se realiza bajo techo en ambiente enfriado por enfriadores de aire lavado o coolers para confort de los operarios de equipos. Se realizará por las tardes después del horario de trabajo para no entorpecer los horarios de producción. La máquina será operada por el programador. Se utilizará un transportador digital para las lecturas de la perpendicularidad en los cortes de las piezas. Las mediciones las realizará el experimentador un día después de realizar los cortes para dar tiempo a que se enfríen las piezas y se puedan manipular con facilidad. Se utilizará en medida de lo posible, electrodos nuevos o en buen estado de operación con un mínimo de desgaste. En cuanto a la calidad del material, se utilizarán dos placas de materiales distintos en cada uno de los experimentos. Y se realizará en dos niveles para cada uno de los factores.

De ésta forma tendremos un diseño experimental de 24 (Dos a la cuatro), es decir, cuatro factores y dos niveles para cada uno de ellos.

El experimento aleatorizado para las corridas se diseña utilizando el MINITAB™, software estadístico para la realización del Diseño de Experimentos

El análisis estadístico de los datos se realiza con el software mencionado anteriormente que nos muestra los efectos de cada factor y las interacciones entre ellos al utilizar el método estadístico para interpretar los datos experimentales y así poder tomar las decisiones necesarias que es el análisis de varianza (ANOVA)

5 Resultados

Después de realizar la primera experimentación, el software arroja los siguientes datos para el Experimento Factorial 2^K fraccionado en dos bloques y aleatorizado.

Tabla 1. Analisis de Varianza para Angulo (fuente resultado en MINITAB™)
Estimated Effects and Coefficients for Angulo+X (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		96.1563	0.1973	487.39	0.000
Block		0.4688	0.1973	2.38	0.049
Oxigeno PSI		-1.0625	0.5312	-2.69	0.031
Escudo PSI		8.5625	4.2812	21.70	0.000
Velocidad I		0.3125	0.1562	0.79	0.454
Altura i		-0.0625	0.0313	-0.16	0.879
Oxigeno PSI*Escudo PSI		1.1875	0.5938	3.01	0.020
Oxigeno PSI*Velocidad IPM		-0.5625	0.2812	-1.43	0.197
Oxigeno PSI*Altura in		0.3125	0.1563	0.79	0.454

S = 0.789156 PRESS = 22.7755
R-Sq = 98.61% R-Sq(pred) = 92.73% R-Sq(adj) = 97.02%

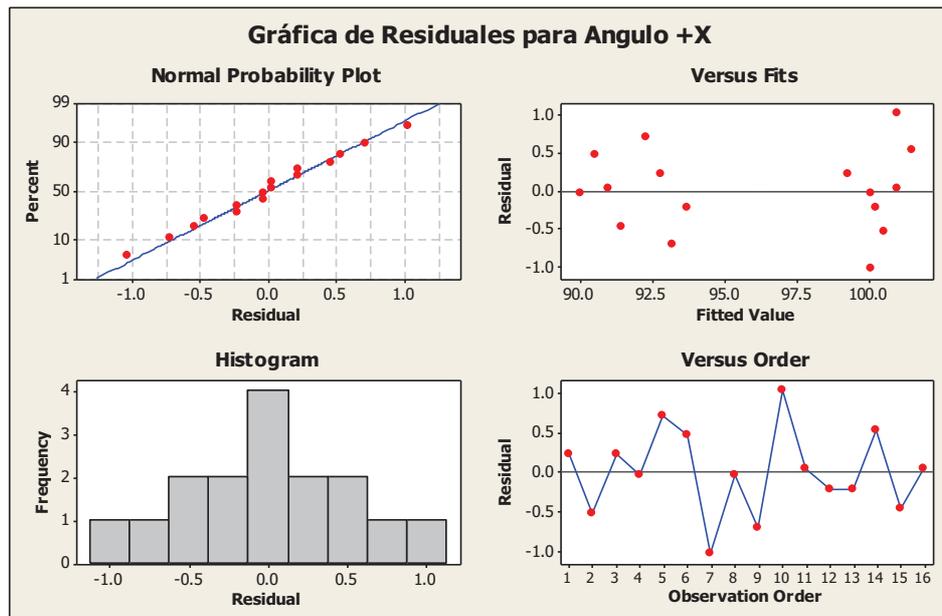


Fig. 1. Grafica de Residuales y prueba de normalidad (Fuente resultado en MINITAB™)

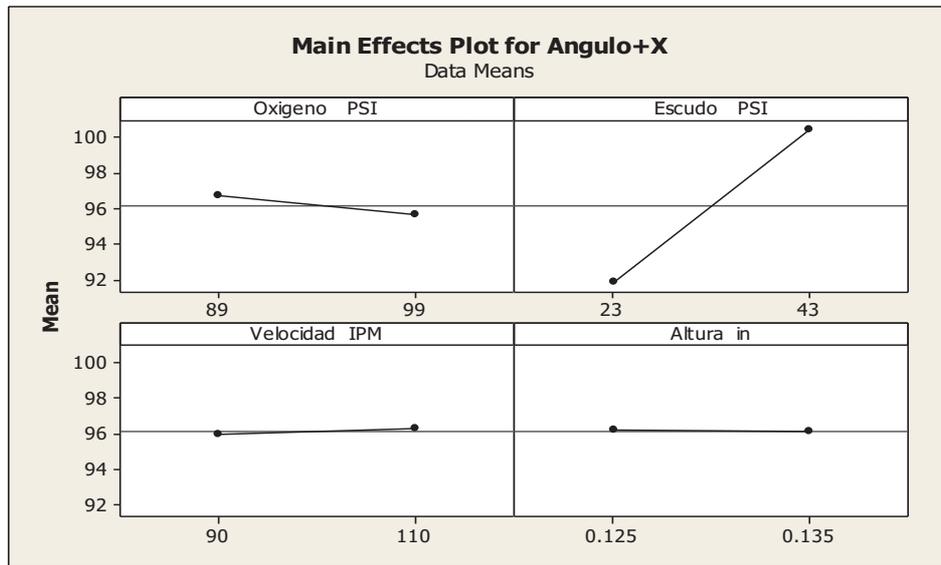


Fig. 2. Gráficos de efectos especiales (Fuente resultado de MINITAB™)

6 Conclusiones

De los resultados obtenidos en el software se deduce que el experimento cumple con la prueba de normalidad por lo que se puede confiar en los resultados obtenidos en el modelo que se diseñó para este estudio.

De las gráficas de efectos principales y que son corroborados por el ANOVA, la velocidad de corte no tiene influencia en la perpendicularidad del corte, al igual que la altura de la antorcha. Si se deberá observar ajustes en la presión del gas de plasma al igual que la presión del escudo protector de la antorcha. Además en los resultados del ANOVA nos indica que es importante observar que los diferentes bloques formados por las dos placas, dan resultados distintos, lo que es de interés observar resultados distintos según la placa que se esté trabajando. Es decir de una placa a otra los parámetros de operación darán resultados distintos. Se supone que la calidad del material de la placa de corte se ve afectada entre las placas.

7 Referencias

1. Thompson, A. A., Strickland III, A. J., Administración Estratégica, Textos y casos, McGraw-Hill, México, 2004.
2. Warren J. Keegan, Mark C. Green, Marketing International, Prentice Hall, USA, 2008.
3. Groover, Mikell P., Fundamentos de Manufactura Moderna: Materiales, Procesos y Sistemas, Prentice Hall, México, 2007.
4. Montgomery, D, Diseño y análisis de experimentos, Editorial Limusa S. A. de C. V., México D.F. 2008.
5. Industria Laminera S.A., <http://www.inlasa.com.mx>
6. Montgomery, D, Diseño y Análisis de Experimentos. Editorial Limusa S. A. de C. V. México, D.F. 2008.
7. Ross, P. J, Taguchi Techniques for quality engineering, McGraw-Hill, Nueva York, U.S.A, 1996.
8. Arnoletto, E J, Administración de la producción como ventaja competitiva, <http://www.eumed.net/libros/2007b/299/>, visitado el 04 de Octubre de 2010
9. Gabinetes & Laminados, <http://www.gyl.com.mx>, visitado el 15 de agosto de 2012.

RFID-Supported Assets Tracking & Control System Applied in a Manufacturing Environment

Rodolfo Ramírez-Hernández, M.Sc. Guillermo Cuamea

Universidad de Sonora, Departamento de Ingeniería Industrial, Rosales y Blvd. Luis Encinas S/N,
C. P. 83000, Hermosillo, Sonora, México.

rodolfoaramirez@gmail.com, gcuamea@industrial.uson.mx

Abstract. The Track, Trace & Control (TTC) Systems are utilized in the manufacturing processes to detect the status of the system, analyze its performance and help make intelligent decisions to improve it. These systems are an essential element of the business strategy that helps obtaining competitive advantage through a real-time visibility feature. RFID is an Automated Data Identification and Acquisition System that allows collecting and transferring production and business information. This technology uses radiofrequency waves to transfer the data from an electronic tag (RFID tag) adhered to an object, through a transceiver (RFID reader) for the purpose of identifying and tracing the object of interest through the manufacturing process. This paper (derived from an in-process academic thesis) introduces to the basics of the RFID technology and applies this knowledge to a complex RFID Application Protocol at a Custom Blind Manufacturing Organization in Mexico.

Keywords: RFID, Track Trace Control, RFID Application Protocol.

1 Introduction

Aside from the transformation of physical entities, manufacturing also creates new data, such as parameters of produced items and conditions established during the manufacturing process [1]. Growing complexity and external demands impose a growing need for unique identification of entities taking part in the manufacturing process [2]. Many manufacturing companies have adopted new information systems for monitoring fabrication activities and take immediate action in order to solve any emergent event that might cause an issue in the production flow or dissatisfaction from a customer [3].

The TTC Systems are utilized in the manufacturing processes to detect the status of the system, analyze its performance and help make intelligent decisions to its improvement [4].

Radio Frequency Identification (RFID) responds to these demands by providing a flexible platform that integrates the operability of the technology with the different information processes that coexist in the companies through the design of the proper RFID Architecture and Traceability Networks.

The applicability of this work will be supported by a real industrial environment where the viability of the RFID Technology implementation will be investigated.

Rodolfo Ramírez-Hernández, M.Sc. Guillermo Cuamea, *RFID-Supported Assets Tracking & Control System Applied in a Manufacturing Environment*, en: Mario Barceló-Valenzuela, Alonso Perez-Soltero, Oscar Mario Rodríguez-Elias, María Trinidad Serna-Encinas (Eds.), *Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora*, pp. 34-40, 2012.

2 Track, Trace & Control Systems

Tracking is defined as the ability to physically locate the specific position of items inside a facility. The possibility to know in real time the location of a specific item reduces the uncertainty in the supply chain allowing better alignment of physical and information flows [5].

Traceability refers to the capability of an application to track the state of goods while discovering information regarding its past state. Traceability is vital for efficient business operations and for making effective decisions, fundamental to business applications such as inventory & manufacturing control [6].

Controlling has to do with the prediction of the future state of an article [7] based on an established route. This can help companies compare the current state of an object versus the desired and planned status.

The TTC Systems are an essential element of the business strategy that enables the desired competitive advantages key to the success of a business such as: on-time product output and cycle time monitoring for increasing overall efficiency purposes [8]. See figure 1 for a visual explanation of the TTC Systems.

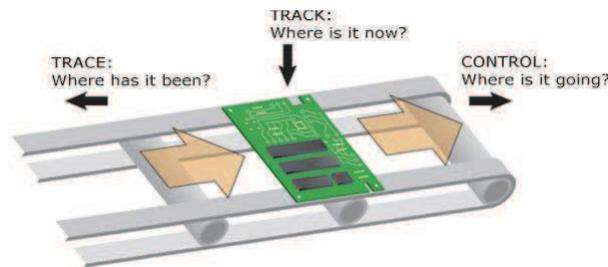


Fig. 1. Typical TTC System [9].

3 RFID Technology

RFID technology is an Automated Data Identification and Acquisition System that allows collecting and transferring production and business information [10]. It is also, from a more technical perspective, the use of radiofrequency waves to transfer data from an electronic tag (RFID tag) adhered to an object, through a transceiver (RFID reader) for the purpose of identifying and tracing it through the manufacturing process [11].

It has been proved that RFID can help organizations monitor their assets and obtain key development indicators in an accurate manner, perform more efficient manufacturing operations and allow the managing personnel with opportune information for making decisions in real-time [12]. RFID technology expands at an accelerated rate in the manufacturing sector. The main challenge in its technological application lies on how to

turn the collected real-time data through RFID into useful (intelligent) information since it is here where the value of RFID can be best observed.

3.1 RFID vs. Barcode

RFID technology can be used instead of the traditional barcode identification system [13]. In the field of logistics, the traditional track & trace and asset managing methods are performed by barcode systems, which require a line of sight in order to work. The automatic reading system provided by RFID can reduce the work and time of scanning process required by the barcode [14]. See Table 1 for the main differences between RFID and Barcode.

Table 1. Barcode-RFID Comparative [14]

<i>Attribute</i>	<i>Barcode</i>	<i>RFID</i>
Technology	Optical image	Radiofrequency, wireless
Data capacity	24-2000 characters	Several thousand characters
Reading requirements	Line of sight required	Withing detection range
Security	Data can be reproduced	Data can be removed/erased
Read Rate	One at a time	Multiple tags can be read

3.2 RFID System Architecture

The RFID System Architecture consists of three main components: RFID tags, RFID readers and a Backend System [15]. See figure 1 for a general scheme.

RFID tags: labels that are attached to the object of interest. They contain an integrated circuit that stores identification data through an electronic code. The tags communicate the identification data back to the readers for managing purposes [6]. Tags can be classified based on their operation frequency as: low, high and ultra high; or according to their powering technique as: passive, semipassive and active [16].

RFID Readers: their function is that of generating an electromagnetic field in order to excite the tags and facilitate the communication among them. The reader consists of its own power source, processing capacity and an antenna [16]. Moreover, the modern readers have an integrated system with interconnection capacity (WiFi o LAN) that allows them to be linked to a computational hardware [17].

Backend System: the readers are connected to a computational network where information is collected and processed. This is where the most complex procedures take place. The Backend System has to do with the development of software architecture, middleware and platform integration [15] for information to be processed and presented as needed .

4 RFID Protocol: A Case Study

The company where the application frame will be developed as part of the thesis work is a Blinds Manufacturer located in Mexico. The specific area of interest is called Woven Woods where bamboo, braided rattan & mesh reed blinds are manufactured.

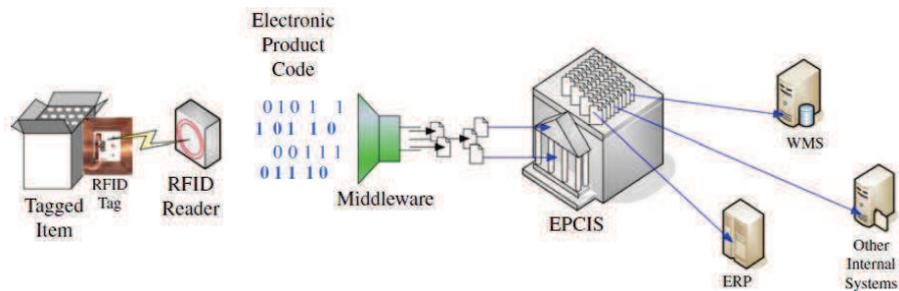


Fig. 2. Typical RFID System Architecture [15].

4.1 Problem Statement

In the field of Tracking & Tracing of the production activity limited advances have taken place. There is, in fact, a first attempt of production quantification at the end of the line, but is limited in both visibility and responsiveness. The overall production metrics are generally known at the end of the shift or even until the next day. Consult Table 2 for a complete metrics summary.

There is no system capable of providing in real-time the performance of the production level, namely overall efficiency, nor the detection of an asset with the required accuracy. Moreover, when a customer complaint is received, there is uncertainty as to who, how, when and where the non-conformance generated.

The only spots for visualizing the location and flow of assets are at the beginning and at the end of the process where only part of the operations can be monitored. This represents a big uncertainty over the real utilization of the resources. Derived from this limited visibility, dependant of operator's scanning, there is a consulting application called Line Monitor which key members can access to in order to obtain tracking information. See figure 3 for a detailed picture.

4.2 Existing Technology

The current identification technology in the company is barcode. These barcodes are attached to the work-order, needed through the manufacturing process as a master document for building the blinds, and to the main components of the product.

Table 2. Woven Woods Metrics Summary

<i>Metric</i>	<i>Goal/2011</i>	<i>Actual (2012)</i>
Efficiency	> 80%	75%
Shipped Blinds	62,656 units	21,763 units
Internal Quality	3223 ppms	5057 ppms
External Quality	4750 ppms	6820 ppms
On-time Delivery	> 98.5%	94.7%

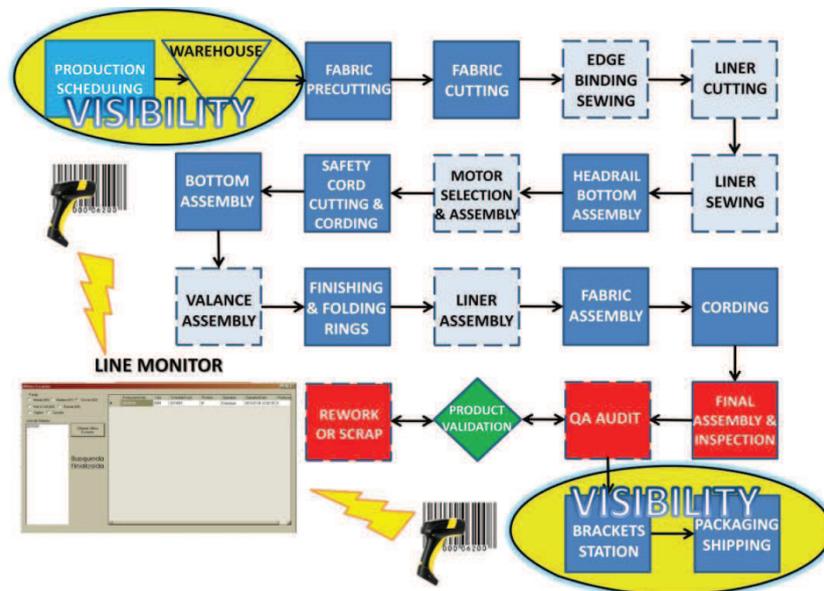


Fig. 3. Woven Woods General Process Map and Visibility

There is one Zebra R110Xi4™ printer/encoder that provides the barcodes for the whole area. The printer is capable of printing UHF EPC Gen 2 V1.2 RFID tags under the ISO 1800-6C standard [18].

On the other hand, the company’s current ERP (Enterprise Resource Planning) system is SAP (Systems, Applications, and Products in Data Processing). SAP serves as the current software for almost all the business operations and reports which includes those of Bill of Materials & Operation Sequence (Routing) Management that are of special interest for the purpose of this work. A prototype application with the desired features will be conceived based on the TTC System, RFID System Structure & RFID Tracking Network approaches. The SAP System will then serve as a source of information for a proposed Assets TTC System.

5 Conclusions

The Thesis Work will be divided into three phases: RFID Architecture Structure, Software Application Platform and Testing of the RFID Technology in a Controlled Environment.

The first phase is about to be finished and will derive on a RFID Architecture Model. The bibliographic revision has included 113 articles and 11 theses works. By the beginning of 2013 the second phase will be finished with a Software Prototype that will include the communication with SAP System. The final phase will be developed in an RFID Laboratory where real sample products will be tested for applicability and feasibility purposes.

6 References

1. Ostojic, G. Stankovski, S., Vukelic, D., Lazarevic, M., Hodolic, J., Tadic, B. & Odri, S.: Implementation of Automatic Identification. *Journal of Mech. Engineering*, 57-11, 2011.
2. Ilie-Zudor, E., Kemény, Z., Van Blommstein, F., Monostori, L. & Van Der Meulen, A.: A survey of applications and requirements of unique identification systems and RFID techniques. *Computers in Industry* 62, 2011.
3. Byrd, T. A., Lewis, B. R., & Bryan, R. W.: The leveraging influence of strategic alignment on IT investment: An empirical examination. *Information & Management*, 43, 3, 2006
4. Monette, F. & Van Bogart, M.: The business case for Track, Trace, and Control, Microsan Systems, Inc., 2009.
5. Canetta, L., Salvadè, A., Schnegg, Müller, E. & Lanini, M.: RFID-ERP Data Integration Challenges. Springer-Verlag London, 2011.
6. Wu, J., Ranasinghe, D., Sheng, Q., Zeadally, S. & Yu, J.: RFID enabled traceability networks: a survey. *Distributed Parallel Databases* 29, 2011.
7. Kelepouris, T.: Track and Trace Requirements Scoping. Auto-ID Labs., 2006.
8. Rönkkö, M.: A model for item centric material control in manufacturing. Helsinki University of Technology, 2006.
9. Microsan Track, Trace and Control, <http://www.microscan.com/>
10. Ostojic, G., Lazarevic, M., Stankovski, S., Cosic, I. & Radosavljevic, Z.: RFID Technology Application in Disassembly Systems. *Journal of Mech. Engineering* 54-11, 2008.
11. Chiagozie, O. & Nwaji, O.: Radio Frequency Identification (RFID) based Attendance System with Automatic Door Unit. *Academic Research International* 2-2, 2012.
12. Loebbecke, C., Palmer, J., Huyskens, C.: RFID's potential in the fashion industry: a case analysis. In *Proceedings of the 19th Bled eConference*, Slovenia, 2006.
13. Penttilä, K. & Sydänheimo, L.: Radio Frequency Technology for automated manufacturing and logistics control. *Int. Journal of Advanced Manufacturing and Technology*, 2006.
14. Li, Z.: Characterization and Performance Analysis of UHF RFID Tag for Environment Sensing Applications. Waterloo, Ontario, Canada, 2012.
15. Chen, J.L., Chen, M.C., Chen, C.W. & Chang, Y.C.: Architecture design and performance evaluation of RFID object tracking systems. *Computer Communications* 30, 2007.

40 Rodolfo Ramírez-Hernández, M.Sc. Guillermo Cuamea

16. Finkenzeller, K.: RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification. Wiley, New York, 2003.
17. Want, R.: An introduction to RFID technology. IEEE Pervasive Computing. 5-1, 2006.
18. Zebra Technologies: Zebra ® R110Xi4™ RFID Printer/Encoder. Revision 2, 2011.

Caracterización de la utilización de conceptos Lean Manufacturing en diseño

René Cárdenas Beltrán¹, Germán Alonso Ruiz Domínguez¹, Sergio Rodrigo Amparán Martínez².

[1]Departamento de Estudios de Posgrado e Investigación, [2] Departamento de Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico de Hermosillo.
re necb17@hotmail.com, gruiz@ith.mx, s_amparan@yahoo.com

Resumen. El objetivo de esta investigación es que las empresas que manejan diseño para la manufactura incorporen una nueva estructura preponderante para sus estrategias de acción. La metodología que se presenta pretende implementar una serie de herramientas para detectar e implementar oportunidades de mejora en gestión de diseño. La metodología a aplicar se dividirá en secciones de estudio como lo son el diagnóstico integral, asesoría y apoyo, seguimiento, evaluación y de ser necesario una reformulación de la estrategia, las cuales darán como resultado un cambio significativo en las etapas de planeación, organización, proceso y producto a desarrollar.

Palabras clave: Competitividad, PyMEs, *Lean Manufacturing*, diseño y desarrollo de productos, ingeniería concurrente.

1 Introducción

Actualmente el sector productivo enfrenta un gran reto ante los consumidores: la calidad, el costo y el tiempo. Lo anterior exige procesos productivos que puedan adaptarse rápidamente a la demanda, por lo cual las empresas deben ser capaces de iniciar la fabricación de un producto en el mismo momento en que reciben el pedido del cliente y otorgar respuesta en tiempo y forma. Para conseguir esto, es preciso tener un plazo de fabricación muy corto, lo cual a su vez, requiere de técnicas y habilidades tanto de los recursos humanos como de los recursos materiales.

En la actualidad el desarrollo del entorno de competitividad empresarial, obliga a la búsqueda de nuevos métodos de diseño y desarrollo de productos, que permitan maximizar el valor del mismo, así como también, que permitan disminuir su ciclo de diseño y desarrollo [1]. Es por esto, que las empresas dedicadas al ramo metal-mecánico deben realizar un cambio en sus esquemas tradicionales sobre el diseño y desarrollo de productos, manera que lo anterior, genere un impacto directo sobre su competitividad, creando así productos en menor tiempo, con menor costo y mayor calidad.

René Cárdenas Beltrán, Germán Alonso Ruiz Domínguez y Sergio Rodrigo Amparán Martínez, *Caracterización de la utilización de conceptos Lean Manufacturing en diseño* en: Mario Barceló-Valenzuela, Alonso Perez-Soltero, Oscar Mario Rodríguez-Elias, María Trinidad Serna-Encinas (Eds.), Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora, pp. 41- 48, 2012.

El gran inconveniente del esquema tradicional de trabajo, además de la interrelación de las etapas de trabajo, es la falta de comunicación entre las personas que intervienen en dichas etapas. Esto proporciona alteraciones en toda la estructura de trabajo sobre la que se esté realizando el proyecto, de manera que existe un aumento considerable en los tiempos de entrega de los proyectos, así como el costo final del mismo, y aun más importante la calidad con la que se le entrega el producto final al cliente.

El cambio en los esquemas exige procesos que puedan adaptarse rápidamente a la demanda, por lo que las empresas deben ser capaces de iniciar la fabricación de un producto en el mismo momento en que reciben el pedido del cliente. Para conseguirlo, es preciso tener un plazo de fabricación muy corto, lo cual requiere del uso de técnicas para manejar los recursos, así como habilidades de las personas que los manejan.

En los años recientes, los nuevos entornos de competitividad empresarial han obligado a que las organizaciones busquen nuevos métodos de diseño y desarrollo de productos que permitan incorporar el máximo valor al desarrollo de los productos, así como permitan disminuir el ciclo del mismo.

Para dar respuesta a esta problemática, se pretende romper el paradigma existente en los enfoques tradicionalistas de trabajo, se pretende realizar una nueva metodología para el diseño y desarrollo de productos. En dicha metodología, se pretende la realización de ciertas etapas del proceso de manera conjunta, de esta manera reducir considerablemente el tiempo de duración total del proyecto que se esté realizando. Se busca de igual manera que al trabajar de manera conjunta, aumente el flujo de información entre los directamente involucrados en el proceso, de esta manera evitar el retrabajo en ciertas etapas debido a la falta de comunicación entre personas de perfiles diferentes de trabajo.

2 Problemática de las pequeñas y medianas empresas

En la última década, la Organización Mundial de Comercio, reconoce un creciente papel que desempeñan las Pequeñas y Medianas empresas (PyMEs) en México en la creación de empleos y en la promoción del crecimiento del desarrollo [2]. Debido a la poca cantidad de empleados o a la falta de una estructura formal de producción las empresas PyMEs no han podido desarrollar o adoptar una metodología de diseño para sus productos.

Al realizar un análisis del panorama de la región, identificamos deficiencias en algunas empresas PyMEs del ramo metal-mecánico en el área de diseño y desarrollo de productos, esto debido a la falta de una metodología formal sobre algunos de los procesos en diferentes etapas sobre la creación de un producto. Por lo que los clientes de dichas empresas demandan características sobre los proveedores que los abastecerán, y al no cumplirlas en su totalidad, deben mutar para ser más competitivas y permanecer en el mercado.

Diversos estudios han identificado, que el sector metal-mecánico en la región es uno de los ramos que más captación de ingresos tiene, debido a la alza de empresas maquiladoras en los últimos años [3]. Gracias a esto, han nacido muchas empresas del ramo en base a la creciente necesidad de estas grandes empresas, por lo que el diseño y desarrollo de los

diferentes productos maquinados que se requieren, han sido abastecidos por estas nuevas empresas que trabajan en base a la necesidad de sus clientes. Debido a diversos factores como la cantidad y el tiempo, las empresas no tuvieron tiempo de desarrollar o apropiarse de metodologías que ayudaran a realizar sus actividades de una manera más eficiente, que generara menores costos de fabricación, menor tiempo de trabajo y una mejor calidad. Los factores anteriores impactan de gran manera tanto en el proceso de fabricación, como en las inversiones de dichas empresas.

Por tanto, es importante el desarrollo de una metodología del diseño y desarrollo de productos, que optimice muchos de los aspectos del proceso, así como poder implementarla en empresas de dicho ramo en sus diferentes niveles tecnológicos y diversas dimensiones.

2.1 Características del campo de estudio

Para la aplicación de dicha metodología a implementarse, es necesaria la creación de un instrumento para la recolección de información, que determine si la empresa es candidata para el estudio de implementación de la nueva metodología, así como los aspectos más importantes a abordar para la creación de esta nueva metodología. Este instrumento toma la forma de una encuesta, la cual debe enfocarse en tres aspectos fundamentales para la creación de nuevos productos, los cuales son: mercadotecnia, la cual es el contacto directo con el cliente, expresa sus necesidades y organiza acciones conjuntas para la venta del producto. Diseño, que es el centro de creación donde se les da vida a los productos, en éste se detallan especificaciones, formas, usos, formas etc. Y producción, que es donde se manufacturan los productos, se especifican tiempos de producción, formas de trabajo, manejo de materias primas, etc.

2.2 Consulta Externa

Con el fin de aplicar la encuesta anterior, se tomó como referencia, una base de datos proporcionada por el Colegio de Sonora (COLSON). Esta base de datos es tomada de una encuesta realizada a las empresas metalmecánicas del estado de Sonora, para el proyecto "Redes globales de producción y aprendizaje local: la industria automotriz en el Noroeste de México" [4]. En ella se abordan preguntas sobre los diferentes procesos que existen en la empresa con tal de conocer el estado de innovaciones tecnológicas que se tienen.

3 Modelo de la metodología

3.1 Selección del modelo

Haciendo un análisis de la diferente literatura, así como la evaluación de la encuesta realizada a las empresas candidatas a aplicación, se identificaron las fortalezas y

debilidades en las estructuras de trabajo que actualmente se ejecutan en las empresas PyMEs del ramo metal mecánico. Como partes que destacan en el análisis anterior, se observa que partes fundamentales en la creación de productos son la estructuración formal de un sistema de trabajo, que optimice la interacción entre las diferentes personas involucradas en el desarrollo de un producto. La documentación de los diferentes procesos que se llevan a cabo en el proyecto. Los flujos de información que se dan a través de la duración del proyecto.

Para darle una mayor robustez a la metodología, se pretende adaptar los conceptos de *Lean Manufacturing* en la creación de la metodología. Ésta metodología emplea cinco elementos primarios que son flujos de manufactura, organización, control de procesos, métricos y logística [5]. Algunas de sus herramientas se describen en la figura 1, principios de *Lean Manufacturing*.

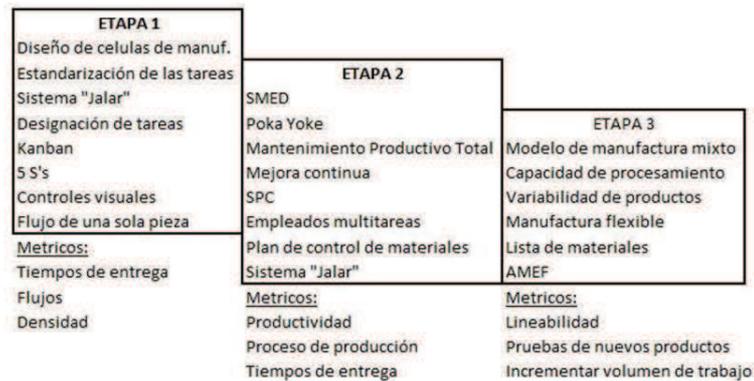


Fig. 1. Principios de *Lean Manufacturing* (pág. 15 [5])

Esta metodología deberá ser lo suficientemente flexible para poder ser aplicada a empresas con diferentes situaciones económicas, tecnológicas y organizativas. Esto contribuye a que cualquier empresa PyMEs del ramo, pueda aplicarla para la mejora de sus procesos. Esta aplicación será realizada especialmente para cada caso, lo que destaca que pueden implementarse todas o algunas de las etapas de la metodología, según sean requeridas para optimizar el diseño y desarrollo de productos.

3.2 Creación del modelo

Basado en el análisis realizado, se procede a realizar una metodología que conjunte los conceptos de *Lean Manufacturing*, ingeniería concurrente y aspectos básicos de diseño y desarrollo de proyectos. Para el desarrollo, se sigue la metodología expuesta en la figura 2

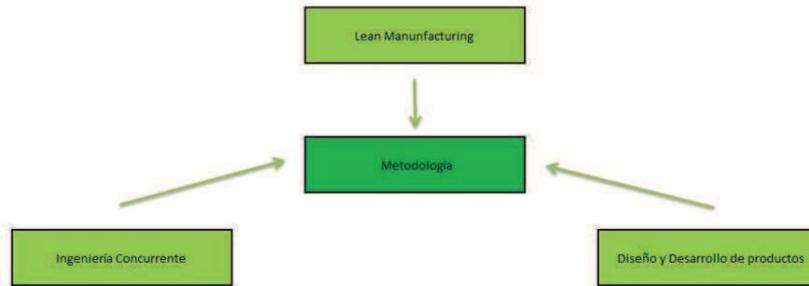


Fig. 2 Composición de la metodología

Esta metodología se apoya en seis etapas, esta son el arranque de proyecto, planeación, desarrollo de la estructura de trabajo, creación y refinación del plan de implementación, implementación y mejora continua, expuesta en la fig. 3, metodología.

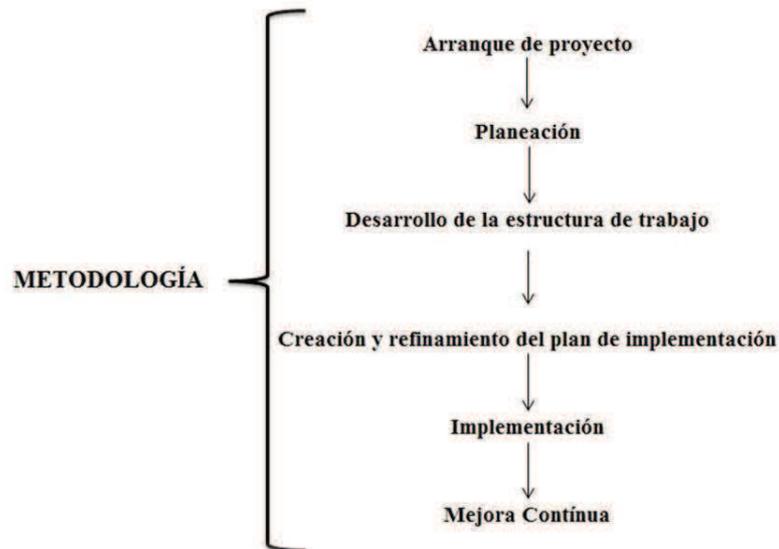


Fig.3 Metodología

El arranque del proyecto, es de las etapas medulares del diseño y desarrollo de proyectos, en ella se recaudan las necesidades del cliente, y el equipo de desarrollo deberá interpretar esas necesidades en especificaciones de diseño. La etapa de planeación es la

que se da dentro del equipo que se encargará de la creación de los productos, establecen las metas a alcanzar en el proyecto, se asignan los recursos y se instauran las estrategias a aplicar. Una vez establecida la planeación del proyecto, se procede a establecer la estructura de trabajo, donde inicia el diseño del producto al concretar las especificaciones del producto en un diseño tangible, así como la organización, la identificación de los puntos clave del proyecto y la adaptación de la nueva estructura de trabajo. En la etapa de creación y refinamiento del plan de trabajo, se presenta la estructura de trabajo a los implicados en el proyecto y se llevan a cabo pruebas para refinar los procesos. Ya establecidas las etapas anteriores, se procede a la etapa de implementación y una vez implementado, mientras el proceso está en curso, se realiza la etapa de mejora continua, la cual afina los procesos en las partes específicas donde se necesiten.

Cada una de estas etapas, está cuidadosamente diseñada para englobar cada uno de los aspectos más importantes en el desarrollo de productos, y que estas optimicen la creación de productos. Estos aspectos son primordialmente, la recopilación de datos de los clientes, interpretación de los datos de los clientes, establecer especificaciones, establecimiento de metas, asignación de recursos, establecimiento de flujos de trabajo, clarificación de las tareas, implementación de diseño, identificación de puntos clave, documentación de procesos y adaptación y refinamiento.

4 Aplicación de la metodología

Una vez establecida la metodología, se procede a implementarla en las empresas para acreditar su validez. Basados en la encuesta realizada anteriormente, se eligieron los casos de estudios basados en la encuesta de diagnóstico para conocer las circunstancias actuales de la empresa. Se eligieron tres casos de estudio, en los cuales cada uno de ellos la metodología será abordada de diferentes aspectos

Como primer caso de estudio se presenta la primera empresa del ramo metalmecánico dedicada a la fabricación de cajeros automáticos. Esta es una empresa que tiene una estructura de trabajo organizada, sin embargo presenta problemas en los flujos de información, entre los departamentos implicados en el diseño del producto, así como faltas en la documentación de los procesos que se llevan a cabo en el diseño y desarrollo de productos. Para este caso en particular, se aplican etapas que involucran la recopilación de datos de los clientes, la planeación estratégica del proyecto, la mejora en los flujos efectivos de información y documentación en la empresa. El estado actual de este caso en particular, se ha llevado a cabo un análisis preliminar en donde se plasman los sitios que requieren apoyos para la mejora del proceso.

El segundo caso de estudio se muestra una empresa del ramo metalmecánico que manufactura sistemas de aire acondicionado industrial. La empresa presenta problemas en la estructura de trabajo, planificación de proyectos y mala comunicación. Para reforzar los procesos de la empresa, se deben implementar etapas de la metodología que comprenden la planeación estratégica de proyecto, desarrollo de la estructura de trabajo, creación y refinamiento de plan de implementación y mejora continua. Actualmente esta empresa se

encuentra en la etapa de implementación. En esta empresa se han realizado mejoras en la comunicación entre las áreas de compras ventas y cobranza, el área de diseño y el área de producción, estas mejoras se llevaron a cabo estableciendo formatos para el control en requerimientos de materiales, entrada y salida de materiales. También se establecieron formas de trabajo para la recolección de información del cliente del área de coordinación para ser transmitida al área de ingeniería. Y por último en el área de coordinación, se establecieron indicadores para la evaluación de la mejora que se va dando en las diferentes áreas, así como el establecimiento de metas a mediano y largo plazo.

Como último caso se muestra una empresa del ramo metalmecánico que aun no inicia sus actividades, la empresa estará dedicada a la fabricación de muebles para cocinas industriales. Para esta empresa, se implementará la metodología completa desde el principio, para que estén bien establecidos los procesos para la creación de sus productos. Actualmente esta empresa está en la etapa de establecimiento de la estructura de trabajo, ya se ha establecido la manera en la cual se tomará la información proveniente de los clientes, como se va a procesar la información, las maneras de asignación de recursos, tanto materiales como humanos, así como los flujos de trabajo e información.

5 Conclusiones

Al aplicar la metodología planteada, se puede tener un reforzamiento en términos de mejoras en las estrategias empresariales para ayudar a la toma de decisiones, así como en estrategias para diseño y producción. También se mejorará la documentación formal e informal para transmitir decisiones o modificar decisiones futuras y así eliminar capas innecesarias de la gestión de toma de decisiones. Se mejorará la planificación en etapas iniciales en los proyectos lo que se reflejará en mejoras en tiempos de terminación y control del proceso. Así también mejorar el aprovechamiento de los recursos existentes en la planta, como la optimización de futuras expansiones o introducción de nueva maquinaria en la empresa.

Los casos de estudio planteados muestran áreas en las que se requiere apoyo para los procesos de desarrollo de productos, dos de ellos ya presentan mejoras significativas en el entorno de organización y planeación de los proyectos. Se pretende que las empresas sometidas como casos de estudio, obtengan una ventaja competitiva sobre las demás empresas del rubro, y así tener una mayor atracción de nuevos clientes.

6 Bibliografía

1. Aguayo González, F., Soltero Sánchez, V.M., *Metodología del diseño industrial, Un enfoque de ingeniería concurrente*, Alfaomega, 1ra edición, México, D.F. 2003.
2. Castaño Garza, R Creación de PyMES: Objetivo Emprendedor, *Ingenierías*, Vol. III, No 9, 2000.

48 René Cárdenas Beltrán, Germán Alonso Ruiz Domínguez, Sergio Rodrigo Amparán Martínez

3. Contreras, O.F., Olea Miranda, J., Capacidades de la Micro, Pequeña y Mediana Industria en Sonora, Reporte interno FUMEC-COLSON, 2005.
4. Contreras, O.F., Bracamonte, A., Carrillo, J., Munguía, L.F., Cadena de suministros y proveedores locales en Ford Hermosillo, Reporte interno FUMEC-COLSON, 2005.
5. Feld, W, *Lean Manufacturing, tools techniques and how to use them*,t Lucie Press St Louis, New York, USA, 2001.

Propuesta de análisis de un sistema para manejo de materiales en una empresa dedicada al transporte de Hermosillo, Sonora.

Luis Felipe Romero Dessens¹, José Luis Verdugo Ríos¹.

¹Universidad de Sonora, Departamento de Ingeniería Industrial, Rosales y Blvd. Luis Encinas S/N, C. P. 83000, Hermosillo, Sonora, México.
lromero@industrial.uson.mx, jose.luis.verdugo@hotmail.com

Resumen. Este documento presenta una propuesta de análisis del sistema para manejo de materiales de una empresa dedicada al transporte en Hermosillo, Sonora. Los procedimientos para el flujo de materiales de la empresa han sido estandarizados, pero aún reciben una cantidad no deseada de quejas y reclamos por parte de los clientes, debido a lo que éstos últimos consideran deficiencias de calidad en el manejo de las cargas. El análisis es requerido para posteriormente proponer un sistema integral de manejo de materiales que incremente la eficiencia y la satisfacción de los involucrados en la prestación de este servicio.

Palabras clave. Sistema de Manejo de materiales, Medidas de desempeño.

1 Introducción

Al hablar de transporte de cargas, las condiciones y tiempos de entrega del producto son una consideración principal del servicio al cliente. De aquí, que el manejo de cargas impacta al usuario, por lo que se afecta negativamente la imagen de la empresa frente al cliente en caso de fallos en esta actividad [1].

El objetivo del presente artículo es proponer estrategias para el desarrollo de un análisis efectivo del sistema para el manejo de materiales de una empresa dedicada al transporte, que permita obtener como resultado los elementos que repercuten en el manejo de cargas, específicamente aquellos que generan reclamos o quejas de los clientes.

En este documento se describe de manera general el proceso de análisis que se llevará a cabo en el estudio. Inicia con el marco teórico, en el cual se abordan los temas de transporte y manejo de materiales. A continuación, se hace una descripción del problema a abordar y se proponen estrategias. Luego, se plantean los resultados esperados y se finaliza con las conclusiones del artículo.

Luis Felipe Romero Dessens , José Luis Verdugo Ríos, Propuesta de análisis de un sistema para manejo de materiales en una empresa dedicada al transporte de Hermosillo, Sonora, en: Mario Barceló-Valenzuela, Alonso Perez-Soltero, Oscar Mario Rodríguez-Elias, Maria Trinidad Serna-Encinas (Eds.), Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora, pp. 49- 53, 2012.

2 Marco teórico y trabajo previo

La globalización ha aumentado la lucha competitiva y permite el éxito sólo de aquellas compañías del sector servicios capaces de responder a las nuevas necesidades y grandes expectativas de los usuarios del transporte, de manera que los clientes puedan recibir precios bajos, seguridad y un transporte limpio [2].

Debido a que los transportistas difieren en su habilidad para desplazar la carga sin pérdida ni daños, la experiencia en pérdidas y daños se vuelve un factor importante para el cliente en la selección de un transportista [3].

En esta sección se abordarán los conceptos y temas que se tratan en el artículo, como son el transporte y el manejo de materiales.

2.1 Transporte

La operación de transporte es el elemento más representativo del costo logístico y determina la eficiencia con la que se mueven los productos [4]. Los problemas de organizar el transporte, en conjunto con los problemas de cargar el vehículo, ubicación de los agentes de transporte, la maximización de la carga, maximización del uso de los vehículos disponibles y la eliminación de daños y robos, constituyen las clases más importantes de problemas de transporte logístico [1],[5].

2.2 Manejo de materiales

El manejo de materiales está definido por la Industria del Manejo de Materiales de América (MHIA, por sus siglas en inglés) como el movimiento, almacenamiento, protección y control de materiales a través de los procesos de manufactura y distribución, incluyendo su consumo y eliminación. El manejo de materiales debe de hacerse de manera segura, eficiente, a bajo costo, puntualmente, precisamente (los materiales correctos en las cantidades correctas en las ubicaciones correctas) y sin daño alguno [6].

El manejo de materiales causa entre el 40 y el 80 % de todos los costos de operación de la empresa, por lo que mientras más eficiente, seguro, puntual, preciso y de bajo costo sea el manejo de materiales, más lo será la operación de la organización [7].

Pancharya [8], aplicó un efectivo análisis y diseño de planta para reducir operaciones de manejo de materiales en su estudio de caso a la planta manufacturera de cemento. Entre sus propuestas se encuentran la disminución de las distancias de viaje de los materiales primos, así como de las bolsas de cemento en los procesos de triturado y empaque. Algunos de los beneficios que se percibieron de la implementación de estas propuestas son:

- Flujo continuo de materiales.
- Eficiente manejo de materiales.
- Actividades no productivas son eliminadas.

- Los tiempos de ciclo se ven reducidos.
- Se reduce el costo de la labor.
- Calendarización de entrega mejorada.

Se dice que si se mejora el flujo del material, de forma automática se reducen los costos de operación [7].

3 Descripción del problema a abordar

La empresa cuenta con diversos procedimientos dentro de su operación, los cuales involucran el movimiento y transporte de cargas de diversos clientes, especie, tamaño y peso. Los procedimientos que se llevan a cabo son embarque, recolección, documentación, carga, descarga, asignación a reparto, excepción de entregas, liquidación de guías y devolución.

Actualmente se registra un índice no deseado de quejas y reclamaciones de los clientes por lo que consideran deficiencias de calidad en el manejo de las cargas. Estas deficiencias son causadas durante el manejo de cargas que se realiza dentro de la empresa y repercuten en la calidad del servicio que se presta a los clientes, en el costo de operación y en la percepción que los clientes tienen de la organización.

4 Desarrollo de la solución

Para elaborar un análisis del sistema de manejo de materiales de la empresa que permita identificar las causas que afectan el flujo de materiales, se proponen tres estrategias a desarrollar de manera secuencial. Primero, recopilar la información histórica de la empresa en lo referente a quejas y reclamaciones y realizar un análisis estadístico de los datos utilizando de apoyo gráficos de Pareto, diagramas causa-efecto para determinar su impacto, la frecuencia de los tipos de reclamo y clasificarlos por tipo de cliente, así como diagramas de recorrido para identificar las frecuencias de los desplazamientos, ocurrencia de traslapes y accidentes durante el transporte.

Una vez obtenidos los resultados, se utilizará la técnica de los cinco porqués, la cual pretende garantizar que la solución de un problema no sea síntoma de éste, sino su causa [7], por ejemplo: si una máquina falló.

1. ¿Por qué?
2. La máquina se atascó. ¿Por qué?
3. La máquina no se limpió. ¿Por qué?
4. El operador no la limpió a intervalos regulares. ¿Por qué?
5. ¿Fue debido a falta de capacitación? ¿Por qué?
6. Los supervisores lo olvidaron. Habían elaborado instrucciones por escrito que debían montarse en la máquina. No volverá a pasar.

De esta manera, se pretende determinar en qué procedimientos que realiza la empresa ocurren más situaciones que afecten el flujo de materiales.

Por último, basándonos en Stephens, usaremos la fórmula de reducción de costos que menciona es valiosa cuando se trabaja en el manejo de materiales [7]. A continuación, en la tabla 1 se presenta un ejemplo de dicha fórmula:

Preguntar	Para cada	Para que podamos
¿Por qué?	Operación	Eliminar
¿Quién?	Transporte	Combinar
¿Qué?	Inspección	Cambiar secuencia
¿Dónde?	Almacenamiento o	Simplificar
¿Cuándo?	Retraso	
¿Cómo?		

Tabla 1. Fórmula de reducción de costos

La pregunta ¿Por qué? Se plantea, en primer lugar, porque si no hay una buena respuesta para ella, el movimiento puede eliminarse. Con la combinación de operaciones se eliminará el movimiento entre ellas.

La pregunta ¿Qué? Se hace porque se requiere conocer el tamaño, la forma, el peso y el número de los objetos, así como el tipo de material.

La tercer pregunta ¿Dónde? Se refiere a de dónde y hacia dónde se mueve el material. Este cuestionamiento se hace porque si el movimiento siempre es el mismo, se recomienda una técnica de trayectoria fija (transportador). Si cambia de una parte a otra, se usa una de trayectoria variable. Si la trayectoria es corta, tal vez se use la gravedad, etc.

La cuarta pregunta ¿Cuándo? Si el movimiento ocurre una vez o dos por día puede requerir el uso de un camión industrial. Si sucede varias veces por minuto se emplea un transportador, etc.

Por último, el ¿Cómo? Se refiere a la manera en que se lleva a cabo el movimiento: ¿A mano, con un transportador o un montacargas? Hay muchas opciones y el objetivo es el método más eficiente en cuanto a costo.

Como se observa, se hacen las 6 preguntas de la primer columna acerca de todo lo que pueda suceder a un elemento que fluya a través de la instalación (columna 2), para eliminar etapas, combinarlas, cambiar su secuencia o simplificarlas [7]. En nuestro estudio, los eventos de la columna 2 serán los procedimientos que se hayan determinado con la aplicación de los cinco por qué, por ser los que afectan directamente al cliente.

5 Resultados

El trabajo de tesis se realizará en 2 fases. La primera, consiste en el análisis del sistema de manejo de materiales de la organización, cuyo objetivo es la identificación de las causas que afectan el flujo de materiales (determinar su frecuencia, clasificarlas por tipo de cliente, etc.), específicamente aquellas que repercuten directamente a los usuarios. Mediante la aplicación de las estrategias propuestas en este documento se espera finalizar con éxito esta primera fase.

La segunda fase se centra en el diseño de un sistema de manejo de materiales que involucre estrategias o prácticas que permitan que el flujo de materiales observe los principios de manejo de materiales haciéndolo más ágil y efectivo, aumentando la eficiencia de la operación y la satisfacción de los clientes.

6 Conclusiones

El desarrollo de un análisis completo y eficiente de los factores que afectan el flujo de materiales, es de vital importancia para un diseño de un sistema que facilite el manejo de materiales y aumente la eficiencia de la operación y la satisfacción de los clientes. Dicho análisis, se encuentra en proceso de elaboración, en la recolección de datos históricos de la empresa.

7 Bibliografía

1. Romero, L.F.: Comentario escrito de análisis de anteproyecto de tesis [email] (Comunicación personal), 2011.
2. Trupac, I., Twrdy, E.: Optimization of existing transport services—case study of the NIKO transport D.O.O. company. 6, 5-12, 2011.
3. Ballou, R.H.: Logística: Administración de la cadena de suministro. México: Pearson Educación, 2004.
4. Bowersox, D. J., Closs, D.J., Cooper, M. B.: Administración y logística en la cadena de suministros. McGraw-Hill, 2007.
5. Brohstein, E. M., Zaiko, T.A.: Deterministic optimizational problems of transportation logistics. Automation & Remote Control, 71, 2132.2144, 2010.
6. Mikell, P.G.: Automation, Production Systems and Computer Integrated Manufacturing. Prentice Hall, 2008.
7. Stephens, M.P., Meyers, F.E.: Manufacturing facilities design and material handling. Pearson Prentice Hall, 2010.
8. Pancharya, A.: Improvements in material handling: A Case Study of Cement Manufacturing Plant. World Academy of Science, Engineering & Technology. 75, 107-111, 2011.

Análisis de la actividad del diseño a distancia.

Silvia Castillo, German Ruiz

División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Hermosillo, Hermosillo, Son., México Ave. Tecnológico y Periférico poniente S/N C.P. 83170 Col. El Sahuaro.
silviacastillo@hotmail.com, gruiz@ith.mx

Resumen. Los equipos colaborativos a distancia, son cada vez más frecuentes debido al gran crecimiento de las empresas. La actividad del diseño a distancia ha ofrecido ventajas competitivas a éstas, sin embargo, es la misma distancia que ha dificultado tener un diseño efectivo. Limitantes como cultura, zonas horarias, lenguaje y distancia geográfica se han buscado combatir, tratando de que los equipos colaborativos se asemejen cada vez más a los equipos colocalizados y así tener un diseño y desarrollo de producto exitoso.

Palabras clave: diseño co localizado, diseño a distancia, diseño, interacción.

1 Introducción

Actualmente las empresas se han convertido en transnacionales por el gran crecimiento de éstas y por estrategias de mercado y de costos. Producto de este crecimiento son las nuevas organizaciones de trabajo que han dado lugar a los equipos virtuales, los cuales trabajan a distancia para un mismo fin. Si bien es cierto que es difícil establecer un entendimiento común en un equipo co-localizado, en un equipo a distancia todo se vuelve más complicado por distintos factores. Para ahondar más en el tema es preciso saber qué es el diseño y cómo se trabaja tanto el diseño co-localizado como el diseño a distancia [4].

2 La actividad del diseño

Los diseñadores son agentes de cambio en la sociedad. Su meta es mejorar la condición humana en todos sus aspectos a través del cambio físico. El diseño existe porque el mundo que nos rodea no se adapta a nosotros, y la meta de los diseñadores es cambiar el mundo a través de la creación de artefactos [2].

Larsson, [4] citando a Buccarelli dice que el diseño es *“tanto una cuestión de hacer que gente diferente comparta una perspectiva común, a ponerse de acuerdo sobre las cuestiones mas importantes, y para dar forma a un consenso sobre lo que se debe hacer a*

continuación, ya que es una cuestión de formación de conceptos, evaluación de alternativas, costos y tamaño".

Trabajar el diseño co-localizado, implica tener a la gente de trabajo en el mismo espacio. Aunque para algunos la sola presencia de otros puede resultar como distracción y estrés en el desarrollo de tareas difíciles, muchos otros factores sociales resultan positivos y se facilitan gracias a la observación y a la familiaridad con los otros integrantes obtenida por solo estar presentes. Por ejemplo, el desarrollo de las tareas mejora, las conductas de imitación y conformidad aumentan, el agrado hacia los demás crece, y una identidad de grupo emerge, dando lugar al compromiso y a mayores contribuciones al grupo [3].

Por otro lado cuando escuchamos del diseño distribuido o a distancia, se nos viene a la mente una imagen de distancia geográfica, sin embargo el diseño distribuido involucra más que solo este tipo de distancia. Ghemawat (2001) citada por MacDuffie[6] provee un marco de las diferentes formas de distancia en el contexto de la globalización. A este marco le llamó CAGE, refiriéndose a la distancia cultural, administrativa/política, geográfica y económica, y argumentó que los diferentes tipos de distancias afectan a diferentes negocios de diferentes maneras. MacDuffie hace un cambio a este marco, reemplazando la distancia económica por "situación laboral" para manejar los retos de administrar el trabajo distribuido a distancia.

Tabla 1. Diferentes tipos de distancia

Distancia	Ghemawat (2001)	MacDuffie (2007)
C: Cultural	Afecta como las personas interactúan, con un lenguaje común como el factor más obvio, sin embargo, las normas sociales y asunciones acerca de "como hacemos las cosas" son sutiles pero poderosas.	Lo mismo, sin embargo considerando ambos niveles de análisis nacional y organizacional.
A: Administrativa/ Política	Asociaciones históricas y políticas, incluidas las relaciones de colonias / colonizador y la presencia (o ausencia) de la moneda actual, bloque comercial, y otros factores que pueden facilitar la interacción	La relación de la organización focal con las otras; por ejemplo ¿Es una organización contratista, proveedora o cliente de otra?

G: Geográfica	Millas/kilómetros que separan aquellos que interactúan; tamaño del país; promedio de distancia de la ubicación con las fronteras; acceso a vías fluviales, infraestructura de comunicaciones y transporte.	Ubicación física, tamaño de ubicación (número de empleados); proximidad o dispersión de otras ubicaciones asociadas con la organización focal, proximidad o dispersión de la ubicación de firmas afiliadas.
E: Económica (modificada por MacDuffie como situación laboral)	La medida en la que un país rico trata con otro país rico, o un país pobre está tratando con otro país pobre, en contra de un país rico tratando con un país pobre, la influencia de las disparidades en la frecuencia e intensidad de la interacción.	La manera en la cual las interacciones involucran a los individuos de la misma o diferente situación laboral en relación a la organización focal; por ejemplo, un empleado de tiempo completo contra un empleado de medio tiempo.

3 Perspectivas del Diseño

Aunque podría pensarse que la actividad del diseño no es materia de examinación científica, hay quienes articulan el diseño como algo sistemático, o de una manera prescriptiva; quienes lo ven desde un modelo descriptivo y otros desde un modelo cognitivo. Veremos las perspectivas de autores que han realizado su investigación en torno al diseño co-localizado y distribuido [2].

Pahl & Beitz [7] proponen una metodología de diseño y desarrollo de productos, aunque este no tiene que ser tomado como dogma. Para Pahl y Beitz un diseño sistemático provee una manera efectiva de racionalizar el diseño y los procesos de producción. Estructurar el problema y tarea hace más fácil establecer las posibles aplicaciones para establecer soluciones de proyectos previos y usar catálogos de diseño.

Etapas de la metodología de Pahl y Beitz:

La planificación y clarificación de las tareas: La tarea de desarrollo de producto es dada al departamento de ingeniería, se aclara a detalle la tarea antes de iniciar el desarrollo del producto, con el fin de recoger información sobre los requisitos que tienen que ser cumplidos por el producto, y también sobre las limitaciones existentes y su importancia. Esta actividad resulta en una lista de requerimientos.

Diseño conceptual: Determina la solución principal; al abstraer los problemas esenciales, estableciendo estructuras de función, buscando principios de trabajo adecuados y después combinando estos principios en una estructura de trabajo. El diseño conceptual resulta en la especificación de la solución principal (concepto).

Realización del diseño: Los diseñadores empiezan del concepto, determinan la estructura de construcción (plan general) de un sistema técnico en línea, con criterios técnicos y económicos. La realización del diseño resulta en la especificación de un plan que provee una manera de revisar la función, fuerza, compatibilidad espacial, etc. En esta etapa, a más tardar, se evalúa la viabilidad financiera del proyecto. Solo hasta entonces debe empezarse a trabajar en la fase de diseño a detalle.

Diseño a detalle: Esta es la fase en la cual las formas, dimensiones y propiedades de la superficie finalmente se establecen, con materiales específicos, posibilidades de producción evaluadas, costos estimados y todos los dibujos y otros documentos de producción elaborados. Esta fase resulta en una documentación de producción.

Pahl & Beitz no mencionan la creación de modelados y prototipos del producto en una cierta fase, ya que pueden realizarse en cualquiera de ellas, para recabar más información sobre el producto. Casi siempre se realizan en la fase de conceptualización ya que dan respuesta a preguntas fundamentales.

Para (Gero, 1990) los diseñadores diseñan al determinar funciones que deben ser logradas y producir descripciones de artefactos capaces de generar éstas funciones. La actividad de diseño se lleva a cabo con la expectativa de que el artefacto diseñado opere en el mundo natural y el mundo social. Estos mundos imponen limitantes en las variables y sus valores. El diseño también involucra exploración, de que variables son las más apropiadas. Con la exploración se aprende de las características que emergen mientras se desarrolla el diseño.

Finalmente, la actividad del diseño ocurre en dos contextos: el contexto dentro del cual el diseñador opera y el contexto producido por el desarrollo del diseño mismo. La percepción del diseñador de lo que es el contexto afecta la implicación del contexto en el diseño. El contexto cambia como la percepción del diseñador cambia. Por lo tanto la actividad del diseño se caracteriza por ser orientada a una meta, limitada, de toma de decisiones, exploratoria y de aprendizaje que opera dentro de un contexto que depende de la percepción del diseñador del contexto [2].

Para otros autores la actividad del diseño es vista desde una perspectiva social, ya que la interacción entre los elementos de un equipo es clave para un diseño exitoso.

“Las organizaciones globales de desarrollo de producto necesitan utilizar mejor el potencial de articulación de la fuerza de trabajo, independientemente de donde se localicen en el mundo, con el establecimiento de una cultura compartida siendo un componente clave de tal estrategia” Viendo cultura como práctica [5].

En su tesis Larsson cree que no solo hay limitantes técnicos, como el ancho de banda, para una colaboración distribuida, sino también en la relación significativa y la interacción entre los aspectos sociales de la colaboración con los aspectos técnicos de las herramientas informáticas.

Por lo que Larsson analiza como el diseño colaborativo funciona en la práctica, como los nuevos productos son creados a través de interacciones sociales de los equipos de diseño ingenieril, y como estos equipos de diseño son capaces de fusionar diferentes entendimientos, puntos de vista y habilidades en un producto final [4],[5].

(Larsson, 2005) cita la observación que hizo Allen con respecto al radio de colaboración en equipos co-localizados, donde nota que la gente tiende a colaborar rara vez, si están separados por más de 50 pies de distancia. Comparado con equipos globales distribuidos esta distancia es muy pequeña. Por lo que el reto de alcanzar una comunicación efectiva se incrementa aún más por diferencias como lengua, cultura, educación, zonas horarias, etc. El éxito en la colaboración dependerá en la habilidad de los miembros del equipo de construir la confianza, las relaciones y el respeto para salvar las diferencias.

Larsson [4],[5] ve el diseño como una actividad social, ya que para llevarse a cabo el proceso de diseño éste tiene mucha interacción social entre el equipo, simplemente para dar a conocer conceptos, ideas, discusiones de cálculos, si se cumplieron o no con las especificaciones, etc, al igual que las interacciones casuales podrían dar solución a algún detalle relacionado con el desarrollo de un producto. Aunado a esto, el producto que se está trabajando es creado de la(s) necesidad(es) de la sociedad y es para la misma.

Analizando a Lindemann [1] nos hace tomar muy en cuenta la complejidad a la hora de diseñar, ya que para él cualquier objeto que se vaya a diseñar tiene un grado de complejidad, no solo en su ensamble, sino también complejidad en producción, para incrementar el mercado y organizacional. El éxito en el producto será saber manejar o administrar de la mejor manera éste grado de complejidad.

Para definir la complejidad en el diseño de productos, nos podemos basar en la definición dada por la cibernética fundamental la cual diferencia entre lo simple, lo complicado y los problemas complejos [1] citando a Gomez y Probst (1997). En cibernética los problemas simples están caracterizados por pocos parámetros que poseen una baja interconexión, mientras que los problemas complicados poseen una multitud de parámetros con una intensa conectividad.

La diferencia entre los problemas complicados y complejos está dada por la dinámica en su sistema. La estructura de un problema complicado, permanece estable durante un periodo particular de tiempo, mientras que los problemas complejos se caracterizan por una alta dinámica de cambios [1].

La complejidad se entiende como la representación de un atributo en los sistemas y puede ser dividido en varios aspectos: complejidad numérica, relacional, de variación, disciplinaria y organizacional. Estos aspectos incluyen el número de componentes, dependencias y variantes como importantes características de la complejidad. Estos aspectos también se dirigen al número de disciplinas involucradas y a la distribución del trabajo para el grado de complejidad. Además, la complejidad puede resultar de fuentes internas o externas, pero solo las internas pueden ser activamente administradas [1].

Resumiendo un poco, para poder controlar la complejidad, es importante entonces conocer el sistema, ya sea el de un objeto o el de una organización, conocer el sistema al

dividirlo nos dará la clave para saber de que está compuesto, como funciona o reacciona y así poder coordinar sus elementos para llegar a un objetivo.

4 Conclusiones

Con la globalización, no solo la distancia geográfica se ha visto como característica y limitante de las empresas transnacionales; por lo que nuestra investigación analizará la actividad del diseño a distancia para que los equipos virtuales reconozcan las actividades o herramientas que ayuden a disminuir las limitantes que se presentan en los equipos colaborativos a distancia y desechen aquellas que no lo hacen.

Las diferentes perspectivas de estos autores que han basado sus investigaciones en torno a la actividad del diseño tanto co- localizado como a distancia, nos ayudan como pilares para nuestra investigación y sus diferentes enfoques enriquecen la actividad del diseño a distancia.

5 Bibliografía

1. Daniilidis, C., Eben, K., & Lindemann, U., A functional analysis approach for product reengineering. *Procedia Engineering*, 9, 270-280. doi:10.1016/j.proeng.2011.03.118, 2011.
2. Gero, J. S., Design Prototypes : A Knowledge Representation Schema for Design, *11(4)*, 1990.
3. Kiesler, S., & Cummings, J. N., *What do we know about proximity and distance in work groups? A legacy of research.* (P. Hinds & S. Kiesler, Eds.)*Distributed Work* (Vol. 1, pp. 57-80). MIT Press., (2002). Retrieved from http://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=3aAwmlgC7YMC&oi=fnd&pg=PA57&dq=What+do+we+know+about+proximity+and+distance+in+work+groups?+A+legacy+of+research&ots=3Of6V1digA&sig=R6Dn71H39exCl9xGXFW_5AAERqA
4. Larsson, A., Making sense of collaboration: the challenge of thinking together in global design teams. *Technology*, 153-160. ACM. doi:10.1145/958160.958184, 2003.
5. Larsson, A., *Engineering Know-Who : Why Social Connectedness Matters to Global Design Teams.* (Tesis Doctoral) Lulea University, 2005.
6. MacDuffie, J. P., Chapter 12: HRM and Distributed Work. *The Academy of Management Annals*, 1(791784088), 549-615. Routledge. doi:10.1080/078559817, 2007.
7. Pahl, G., & Beitz, W., *Engineering design: a systematic approach.* (3 Ed.), Springer. ISBN 1846283191, 9781846283191, 2007.

Modelo de Seguridad Industrial basada en la localización y sensible al contexto utilizando la interfaz Kinect (Poka Yoke Ambiental).

Ana Margarita Cruz Zazueta¹, Jorge David Gutiérrez Cota¹,
Cesar Enrique Rose Gómez¹

¹ División de Estudios de Posgrado del Instituto Tecnológico de Hermosillo,
Av. Tecnológico, Hermosillo, Son., México.
{ing.anmar.cruz@gmail.com, xjorgedavid@gmail.com, crose@ith.mx}

Abstract. La seguridad industrial se puede ver afectada por la tendencia humana a cometer errores, los cuales ocasionan repercusiones de calidad, dinero, esfuerzo y tiempo para las empresas, así como de salud y bienestar para los trabajadores. En el presente trabajo se mencionan los elementos que componen el sistema, así como la forma de capturar y obtener los datos por parte de la interfaz Kinect, considerando la necesidad de monitorizar no solo una posición global sino cada extremidad del cuerpo del operador. Con base en lo anterior, se creará un modelo de seguridad industrial basado en la localización y sensible al contexto, capaz de aumentar la seguridad industrial, adaptando su funcionamiento a cambios inesperados y monitoreando la interacción con el operador humano, por medio de una interfaz inteligente con sensores de movimiento, para lograr imposibilitar el error humano así como resaltar el error cometido en un entorno automatizado o semi-automatizado, dentro de un ambiente de inteligencia ambiental.

Palabras Clave: Seguridad Industrial, Sensible al Contexto, Poka Yoke Ambiental, Seguimiento de Trayectoria, Seguimiento de Extremidades.

1 Introducción

El humano por naturaleza tiende a cometer errores, los cuales generan repercusiones tanto en la calidad de su trabajo así como en su seguridad. En la industria, dichas repercusiones van desde el incremento de pagos por parte de la empresa al Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), hasta la necesidad de contratar y entrenar nuevo personal. Generalmente se cuenta con supervisores, que entre sus múltiples actividades está el cuidado de la seguridad, pero su vigilancia es eventual.

El diseño de un modelo de seguridad industrial basada en la localización y sensible al contexto está orientado al aumento de la seguridad, adaptando su funcionamiento a cambios inesperados y monitoreando, en todo momento, la interacción con el operador humano por medio de una interfaz inteligente con sensores de movimiento. Dicha interfaz

Ana Margarita Cruz Zazueta, Jorge David Gutiérrez Cota, Cesar Enrique Rose Gómez, *Modelo de Seguridad Industrial basada en la localización y sensible al contexto utilizando la interfaz Kinect (Poka Yoke Ambiental)*, en: Mario Barceló-Valenzuela, Alonso Perez-Soltero, Oscar Mario Rodríguez-Elias, Maria Trinidad Serna-Encinas (Eds.), *Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora*, pp. 60- 66, 2012.

se considera dentro de un ambiente de inteligencia ambiental, es decir, se encuentra inmersa u oculta en el entorno, capturando y arrojando datos constantemente.

2 Marco teórico

2.1 Seguridad Industrial

La Seguridad Industrial según el Art. 123 de la Ley Suprema, y en las normas oficiales de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS), busca anticipar, reconocer, evaluar y controlar factores de riesgo que ocasionen accidentes de trabajo en la industria.

Entonces, la seguridad en el lugar de trabajo tiene como objetivo principal reducir el número de accidentes, los cuales dan como resultado la aparición de lesiones y la pérdida de bienes [1].

Los sistemas de seguridad industrial inteligente, monitorizan en todo momento el estado de sus componentes y la interacción con el operador humano. En el caso de que se dé una situación de peligro, el sistema reaccionará adecuadamente para proteger al humano [2].

2.2 Interfaces Humano-Computadora

La Interacción Humano-Computadora (HCI), es el estudio de la interacción entre el humano, las computadoras y las tareas que se desarrollan; principalmente se enfoca a conocer cómo la gente y las computadoras pueden interactuar para llevar a cabo tareas por medio de un sistema y un software [3].

Para dicha interacción se puede utilizar la Interfaz Humano Computadora, que busca que el usuario pueda manejar fácil y efectivamente las funciones que se le presentan; establece funciones y controles adecuados para permitir el uso óptimo del sistema; y establece una apariencia visual y una distribución adecuada de los elementos que forman la aplicación [4].

2.3 Interfaz Kinect

Kinect se puede definir como un controlador de juego libre y entretenimiento desarrollado por Microsoft para la videoconsola Xbox 360, que permite a los usuarios controlar e interactuar con la consola sin necesidad de tener contacto físico con un controlador de videojuegos tradicional, mediante una interfaz natural de usuario que reconoce gestos, comandos de voz, y objetos e imágenes[5].

Esta interfaz se compone principalmente de una cámara RGB tradicional (Resolución 640x480 RGB 30fps VGA), un emisor de infrarrojos, un sensor CMOS monocromático de infrarrojos, 4 micrófonos (16bit velocidad de muestreo: 16Hz) y un motor [6].

Desde su lanzamiento, ingenieros, investigadores y científicos entendieron el potencial de la interfaz, por lo que se le ha ido buscando diversas aplicaciones como en campo de la medicina, el comercio y la industria.

2.4 Inteligencia Ambiental

La inteligencia ambiental (AmI) se define como una área de investigación consistente en la creación de espacios habitables denominados entornos inteligentes donde los usuarios interactúen de manera natural e intuitiva con servicios computacionales que les faciliten la realización de sus tareas diarias, ya sea de diversión o de trabajo [2].

Las ventajas de la inteligencia ambiental son muy interesantes para su aplicación en entornos industriales. La creación de entornos industriales inteligentes capaces de adaptar su funcionamiento a cambios inesperados y a la interacción con los operadores humanos con llevan a ventajas respecto a los sistemas industriales tradicionales, como lo es el aumento de la seguridad [7].

3 Descripción del problema

Debido a las tendencias humanas a cometer errores voluntarios e involuntarios al realizar el trabajo, se pueden producir fallas por descuido, por falta de atención o de memoria, por equivocaciones o por violación de las normas, que al no ser detectados o imposibilitados podrían afectar tanto la calidad del producto como la seguridad del trabajador.

El IMSS resalta que entre los empleos identificados como de mayor riesgo, desde el punto de vista de la prevención, son empleos de apoyo a los servicios de producción como los operadores de máquinas y herramientas. Además, cuando un operador se enferma o accidenta por causas laborales, la empresa tiene repercusiones como el incremento de las cuotas de pago al IMSS, así como la necesidad de cubrir al trabajador o contratar a uno nuevo y entrenarlo.

En el ámbito de la inteligencia ambiental, la mayoría de los sistemas que se han desarrollado han sido de aplicación en entornos domésticos, con menor aplicación en entornos industriales, aun cuando presentan ventajas muy interesantes en áreas como la Seguridad Industrial [8].

4 Desarrollo

A partir de lo anterior, se tiene como objetivo el diseño de un modelo de Seguridad Industrial basado en la localización y sensible al contexto, capaz de aumentar la seguridad industrial, adaptando su funcionamiento a cambios inesperados y monitoreando la interacción con el operador humano por medio de una interfaz inteligente con sensores de movimiento, para lograr imposibilitar el error humano así como resaltar el error cometido, dentro de un ambiente de inteligencia ambiental.

Los diferentes elementos que componen el sistema que forma el modelo de Seguridad Industrial basada en la localización y sensible al contexto, se muestran en Figura 1.

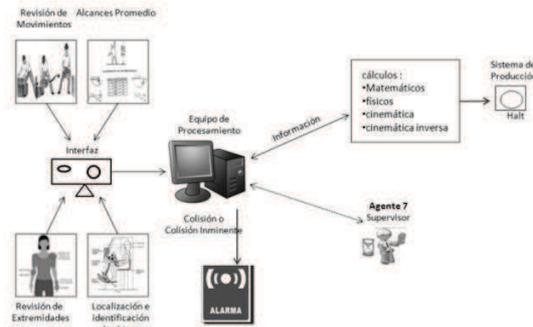


Fig. 1. Diagrama de elementos del sistema.

4.1 Obtención y análisis de la captura de datos

Por medio de las cámaras de video y de profundidad de Kinect es posible realizar un seguimiento del trabajo del operador y capturar las coordenadas de su posición, así como de los movimientos que realiza, como se muestra en la Figura 2.

A partir de dicha información se obtiene una imagen del esqueleto, la cual se muestra en la Figura 3, donde se muestran los diferentes puntos del cuerpo programados para su detección y también se indica que el punto de coordenadas (0,0) se localiza en la parte superior derecha de la imagen.

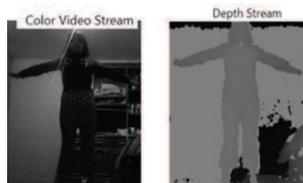


Fig. 2. Imágenes de video y profundidad.



Fig. 3. Imagen del esqueleto.

Respecto al error que existe de un pixel en relación a la distancia que se pueda dar con este tipo de interfaz, las recomendaciones de operación correcta se encuentra entre los 60 cm y los 5 m, siendo la distancia ideal entre los 2 y 2.5 m [5].

En el caso del análisis de la captura de datos con personas sentada, en la Figura 4 se puede observar que al considerar todos los puntos del cuerpo y existir algún objeto entre el operador y la interfaz, se distorsionan los puntos del esqueleto. Esto se puede

solucionar al considerar la obtención de datos únicamente de los puntos superiores del esqueleto.



Fig. 4. Imágenes de análisis con personas sentadas

4.2 Análisis del comportamiento de los movimientos

Al obtener y analizar los datos capturados se empieza a trabajar con la representación gráfica de los mismos, para un análisis del comportamiento del movimiento.

En base a las gráficas obtenidas, de las cuales se pueden ver algunos ejemplos en la Figura 5, se deduce que existe una mayor aceleración en las partes donde los puntos se encuentran con mayor separación, por lo cual es importante analizar estas zonas, ya que podrían llegar a ser el punto en que el operador ya no pueda detener o desviar su movimiento.

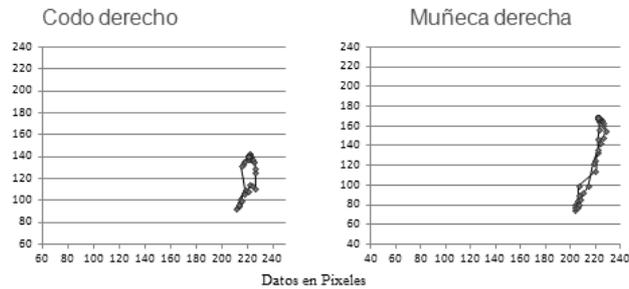


Fig. 5. Gráficas del comportamiento del movimiento

4.3 Modelo

Para la realización del modelo se considera la utilización de cálculos de cinemática y cinemática inversa, así como fórmulas de trayectoria curvilínea para la predicción de movimientos como la que se muestra en la Figura 6, y fórmulas de aceleración para la revisión del disparo de alarmas, como se muestra en la Figura 7.

$$C = (\ddot{x}\dot{y} - \dot{x}\ddot{y}) / ((\dot{x})^2 + (\dot{y})^2)^{3/2}$$

Donde:
 C= Curvatura de la trayectoria
 X y Y = Derivadas del tiempo en el plano
 \ddot{x} y \ddot{y} = Aceleración

$$T = \sqrt{(\dot{x})^2 + (\dot{y})^2}$$

Donde:
 T= Aceleración de la mano
 X y Y = Derivadas del tiempo en el plano

Fig. 6. Fórmula de trayectoria curvilínea **Fig. 7.** Fórmula de aceleración

5 Resultados

Hasta el momento ya se han definido los elementos del sistema y se ha hecho un análisis de la obtención de datos por medio de la interfaz así como del comportamiento de los movimientos. Además se cuenta con información acerca de las fórmulas para la predicción de trayectorias y para el cálculo de la aceleración, las cuales se busca adaptar al modelo. En la figura 8 se muestra una imagen del prototipo del sistema.



Fig. 8. Imagen del prototipo del sistema

6 Conclusiones

En el presente trabajo, se hizo un análisis de la captura de datos así como del comportamiento de los movimientos, además de la mención de las fórmulas matemáticas de cálculo de trayectorias y aceleración para la creación del modelo de Seguridad Industrial.

Hasta el momento ya se ha realizado un avance en el prototipo del sistema, la continuación del trabajo consiste en la creación y programación del modelo, y su integración con las interfaces, además de la realización de pruebas de campo para su evaluación, así como la presentación final de resultados.

7 Agradecimientos

Agradecemos el apoyo de CONACYT con la beca para los estudios de maestría al primer autor.

8 Referencias

1. Niebel, B., & Freivalds, A. Ingeniería Industrial. Métodos, estándares y diseño del trabajo. México: Mc. Graw Hill. 2009
2. Rose Gómez, C. E. ¿Inteligencia Ambiental en Empresas Industriales y de Servicios? Hermosillo, Sonora. VORTEX 2010, Instituto Tecnológico de Hermosillo.2010

3. Martínez de la Teja, G. M. Ergonomía e interfaces de interacción humano-computadora. IX Congreso Internacional de Ergonomía (pp. 1-8). México, D.F.: Sociedad de Ergonomistas de México A.C.2007
4. Abud Figueroa, M. A. Diseño de Interfaces Humano-Computadora en Aplicaciones de Software Educativo. Revista UPIICSA , 41-42. 2006
5. Pfeiffer, S. Guiado gestual de un robot humanoide mediante un sensor Kinect. Proyecto Final de Carrera . Cataluña, España: Universidad Politecnica de Cataluña (UPC). 2011.
6. Legarretaetxebarria, A. Sistema de localización y seguimiento de personas en interiores mediante cámara PTZ basado en las tecnologías Kinect y Ubisense. Tesis de Máster . España: Universidad del País Vasco.2011.
7. Corrales Ramón, J. A. Captura de movimiento y localización en interiores aplicadas a entornos industriales. España: Departamento de Física, Ingeniería de Sistemas y Teoría de la Señal, Universidad de Alicante. (s.f.).
8. Corrales, J. Localización en Entornos Industriales Inteligentes.2007

Revisión de normativas y propuestas de medidas de seguridad ante Riesgos potenciales una Instalación de Torre Central.

Danyela Samaniego- Rascón^{1*}, Jaime Alfonso León-Duarte¹, Camilo C. Arancibia-Bulnes²

¹ Universidad de Sonora, Departamento de Ingeniería Industrial, Rosales y Blvd. Luis Encinas S/N, C. P. 83000, Hermosillo, Sonora, México.

danyela.samaniego@gmail.com, jleond@industrial.uson.mx

² Universidad Autónoma de México, Centro de investigación en Energía, Temixco, México.
caab@cie.unam.mx

Resumen. Se realizó una estimación de riesgos oculares por radiación solar concentrada en una instalación de tipo torre central destinada al aprovechamiento de energía solar, la cual es llamada CPH o bien Campo de Prueba de Helióstatos, operado conjuntamente por la Universidad Nacional Autónoma de México y la Universidad de Sonora, y recientemente inaugurado, en Hermosillo, México. En esta investigación efectuó un análisis representativo que muestra la situación actual de la instalación, basado en los límites máximos permisibles propuestos en estudios anteriores y posteriormente en revisión de ciertas normativas, se proponen medidas de seguridad para contrarrestar los riesgos potenciales a la salud humana.

Palabras Clave: Radiación solar concentrada; Brillo y Resplandor; Riesgos oculares, normatividad.

1 Introducción

Hoy en día las plantas termosolares se encuentran en constante crecimiento, ya que surge el interés por parte de los comerciantes, así como la sociedad científica, el encontrar un tipo de recurso renovable que produzca energía eléctrica y así reducir los impactos ambientales de la utilización de combustibles fósiles, la respuesta energía solar.

Este tipo de plantas utilizan la energía solar, para después mediante el calentamiento de agua o sales generar vapor, y después mediante una turbina, generar energía eléctrica. Este proceso se lleva a cabo mediante concentradores y un receptor, donde los concentradores son espejos gigantes distribuidos en un campo, los cuales se encuentran reflejando la luz solar semiconcentrada en el blanco (receptor), y así todos los rayos del campo se encuentran concentrados en un solo punto.

Danyela Samaniego- Rascón, Jaime Alfonso León-Duarte, Camilo C. Arancibia-Bulnes, *Revisión de normativas y propuestas de medidas de seguridad ante Riesgos potenciales una Instalación de Torre Central.*, en: Mario Barceló-Valenzuela, Alonso Perez-Soltero, Oscar Mario Rodríguez-Elias, Maria Trinidad Serna-Encinas (Eds.), Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora, pp. 67- 80, 2012.

La presencia de luz solar concentrada puede implicar ciertos riesgos oculares, ya sea de quemaduras en la retina, en un caso extremo, o de deslumbramiento momentáneo (post imagen), que puede causar distracciones, por lo que en este tipo de instalaciones de concentradores solares, se vuelve necesaria la evaluación de riesgos potenciales debido a la exposición a radiación solar concentrada. Esto eventualmente debe permitir llegar a la elaboración de procedimientos estándar y normas para garantizar la seguridad laboral del personal que labora en las plantas termosolares.

El propósito de este documento es tomar como base la aplicación del método recientemente propuesto por Ho y colaboradores [1-3], para evaluar los riesgos oculares potenciales debido a brillo y el resplandor en una instalación de experimental de energía solar, y así utilizar los resultados de la aplicación de este método, para proponer las medidas de seguridad mediante las normativas correspondientes [4-7]. Dicha instalación, conocida como Campo de Pruebas de Helióstatos (CPH) [8-9], se ubica a 10 Km de la Ciudad de Hermosillo, en Sonora, México y fue desarrollada conjuntamente por Universidad de Sonora y la Universidad Nacional Autónoma de México.

La institución donde se realizó la investigación en el campo de prueba de heliostatos (CPH) en Sonora, México, este campo es un proyecto llevado a cabo por las instituciones de educación superior UNIVERSIDAD DE SONORA y UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO a las afueras de la ciudad.

El CPH consiste de un conjunto de heliostatos desplegados sobre el terreno, una torre con cabina de experimentación y de una sala de control. Los heliostatos instalados en el campo tienen un tamaño mediano (36 m²) y permiten alcanzar un factor de concentración de la radiación solar de 25. La potencia térmica de diseño se fijó en 2 MWt. Esto determinó las características finales de la instalación, con torre en 36 m de altura y un total de 82 heliostatos. En la primera etapa, finalizada en diciembre de 2010, se instalaron 15 heliostatos con variantes en el diseño y en la segunda etapa del CPH se llegara al total de heliostatos previstos.

2 Análisis Previo

Debido a que las exposiciones prolongadas a las radiaciones tienen como consecuencia efectos biológicos en el ser humano, y puesto que hoy en día las situaciones que propician este tipo de exposiciones son más cotidianas, investigadores como Sliney D.H. [10] se han preocupado por realizar una búsqueda de los límites de exposición (LE) a radiaciones que pueden producir riesgos oculares.

Este mismo autor en 1994, logra encontrar un solo grupo enfocado a los LE de radiación visible, es decir, radiaciones que recaen en la región del espectro solar entre 380 a 800 nm. Este grupo conocido en el campo de la salud como “The American Conference of Governmental Hygienists (ACGIH)” [11], se refiere a estos LE como TLV’s, los cuales se basan en datos obtenidos de estudios de lesiones oculares en personas por ver

directamente al sol o bien por exposición a ambientes a energía radiante visible al aire libre, como desiertos. Estos TLV's fueron resumidos por el Instituto Nacional de seguridad e Higiene en el trabajo (INSHT) [12] en España, a su vez estos, fueron publicados por el Boletín oficial del estado español BOE [13].

Unos años atrás este mismo autor en conjunto con Freasier B.C. [14], recopilaron información en un concentrado sobre la situación de estar viendo una superficie que emita radiación visible de manera difusa, donde se relaciona la longitud de onda, la duración de la exposición en tiempo y la dosis que se recibe por una persona.

Por otro lado Frecker, Eizenman y MacLean en 1989 en su trabajo "An evaluation of optical radiation hazards associated with infrared corneal", sugieren en el rango de la Radiación infrarroja (IR-A) en la región espectral de 700 a 1400nm, las radiaciones a o debajo de 0.96 W/cm², es un rango de exposición continua segura por un promedio de 8 hr de jornada laboral.

Existen también otras instituciones internacionales como nacionales dedicadas al tema de riesgos oculares por exposición a radiaciones contenidas en el espectro solar, como lo son la Comisión Internacional sobre protección de radiaciones no ionizantes (ICNIRP) [16-18], International Non-Ionizing Radiation Committee (IRPA) [19].

Dentro del país se encuentra la Norma oficial mexicana referente a las condiciones de seguridad e Higiene en los centros de trabajo donde se generen radiaciones electromagnéticas No ionizantes, publicada en el diario oficial de la federación en 1993, se exponen los niveles máximos de exposición, así como los límites máximos permisibles expresados en tiempo ante la presencia de radiaciones no ionizantes (NOM-013-STPS, 1993) [20]. También nos encontramos con las normativas mexicanas NOM-017-STPS-2001[21] (Equipo de protección personal) y la NOM-113-STPS-1994 [22] (Calzado de protección), que brindan sugerencias para este tipo de ambiente laboral, así como las Normativas europeas como lo son la UNE-EN 172 [23] (protección para el ojo) y UNE-EN 166 y 165 [24-25].

Ho y colaboradores en el 2010 [1] en su trabajo "Methodology to Assess Potential Glint and Glare Hazards from Concentrating Solar Power Plants: Analytical Models and Experimental Validation" definen Brillo como un destello momentáneo de la luz, mientras que el resplandor se refiere aquí a una fuente más constante de luz excesiva en relación con la iluminación ambiental. El primero correspondería, por ejemplo, a una situación en que se recibe en los ojos un destello proveniente directamente de un concentrador solar. Mientras que el segundo se podría asociar más bien a la observación sostenida de alguna superficie donde incide la luz solar concentrada, por ejemplo un receptor. Ambos efectos en principio pueden implicar riesgos oculares, en el mismo trabajo propone una metodología para evaluar los riesgos oculares potenciales que se pueden presentar ante la exposición a radiación solar.

3 Descripción Del Problema Abordar

En las instalaciones de concentradores de torre central, en este caso en el CHP, se emplea una tecnología que permite utilizar los rayos de sol concentrados para producir energía eléctrica limpia. Esto se hace mediante heliostatos dirigidos hacia un receptor que se encuentra en lo alto de la torre. El receptor puede llegar a alcanzar altas temperaturas (de 750° C a 1000° C). Las personas que operan en la planta se encuentran en constante exposición a radiación solar concentrada.

En el CPH, no se tienen puntualmente identificados los posibles riesgos potenciales y los niveles de radiación solar concentrada, por lo que se desconoce si estas constantes exposiciones sin contar con las medidas de mitigación adecuadas pueden tener efectos negativos en la salud de una persona.

Por lo anterior existe muy poca experiencia en cómo evaluar los riesgos de una instalación de este tipo y no hay aún, normas específicas de seguridad. Se pretende, dilucidar cuáles son los aspectos principales en los que hay que prestar atención, evaluar qué tanto riesgo real existe y ver si las normas que existen sobre radiaciones no ionizantes cumplen con las necesidades de este tipo de industria.

Se consideran dos situaciones a evaluar, que serán representativas para el análisis, la primera es la reflexión directa de las superficies totalmente planas de los heliostatos (figura 1) y la segunda el resplandor de los haces de luz en el receptor (figura 2).

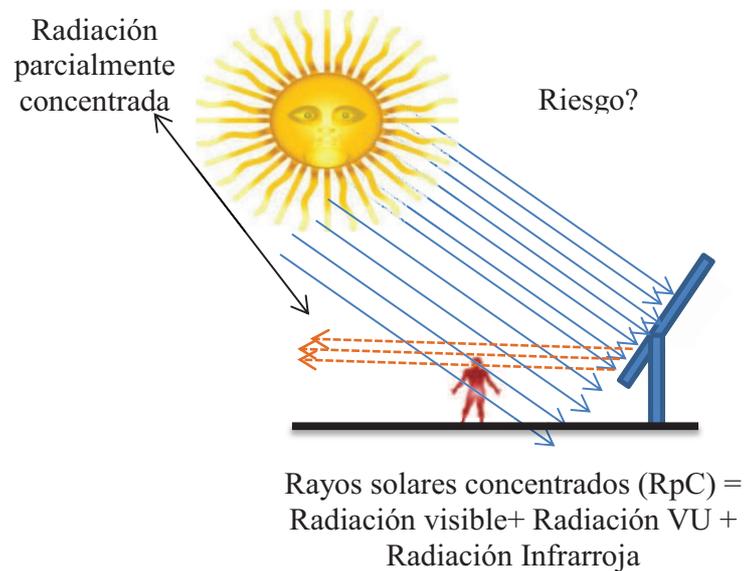


Fig. 1. Reflexión directa sobre la superficie de los heliostatos (elaboración propia).

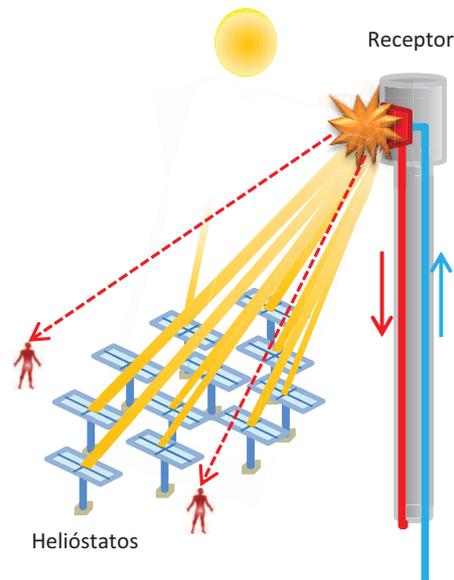


Fig. 2. Resplandor de varios haz de luz en el receptor (elaboración propia).

4 Método Y Resultados

El modelo de aplicación se realizó en el Campo de Prueba de Heliostatos (CPH), donde con la ayuda del software para trazo de rayos "solTRACE", se simuló el flujo de la irradiancia en el sistema, para heliostatos situados a diferentes distancias del receptor. La simulación se lleva a cabo con las características ópticas y dimensión ideales de los colectores, las cuales fueron 25 facetas de 1.20 x 1.20 m para cada superficie plana que conforma a un heliostato.

Dos situaciones fueron analizadas mediante las simulaciones: en la primera, se simuló una persona ubicada a diferentes distancias, mirando directamente la radiación reflejada por un heliostato con concentración. En la segunda se analizó el efecto de observar el reflejo de la radiación que pega en el receptor de la torre. Aquí se toman en cuenta 3 casos: el primero, es cuando se encuentran las imágenes de cinco heliostatos sobrepuestas en el blanco, el segundo, es cuando las cinco imágenes de los heliostatos están sobre diferentes puntos del blanco y por último, el tercer caso, donde la irradiancia equivalente se refiere a la irradiancia acumulada de las 82 imágenes de heliostatos sobrepuestas en el receptor, se definen grupos de heliostatos y se toma la irradiancia promedio de cada uno de los grupos.

H4, a 41 m, representa a 7 heliostatos (grupo 1)

- H15, a 70 m, representa a 25 helióstatos (grupo 2)
- H45, a 121 m, representa a 25 helióstatos (grupo 3)
- H60, a 150 m, representa a 19 helióstatos (grupo 4)
- H80, a 207 m, representa a 6 helióstatos (grupo 5)

Posteriormente se realizó una comparación entre los resultados de las simulaciones y las métricas de seguridad establecidas por Ho y colaboradores en el 2010 entre otros autores de la literatura revisada y se definieron las zonas de riesgo en función de la distancia, ver figura 3.

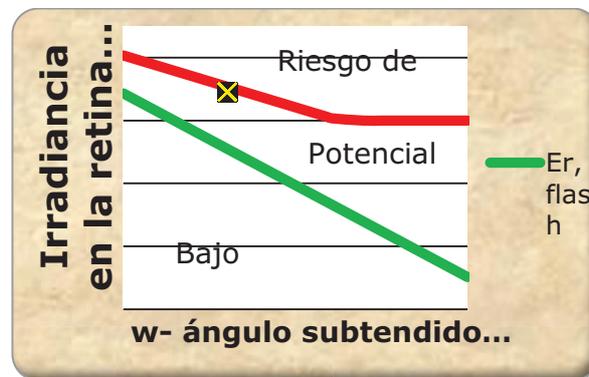


Figura 3. Impactos potenciales producidos por la irradiancia en la retina en función del ángulo subtendido. [1] Adaptación a la gráfica de Ho, Ghanbari y Diver, 2011.

En la figura 4, la irradiancia en la retina de los helióstatos, ubicados en su punto focal a distancias de 41, 70, 141 y 207 metros, comparada con la $E_{r, flash}$, que representa el límite del potencial para producir un efecto post- imagen y la $E_{r, burn}$, que define el límite del potencial para producir un daño permanente en el ojo. Se puede notar, que existe irradiancia con una potencia suficientemente considerable para causar un efecto de daño permanente en el ojo, mientras que en la figura 5 se define la zona de riesgo de este posible efecto.

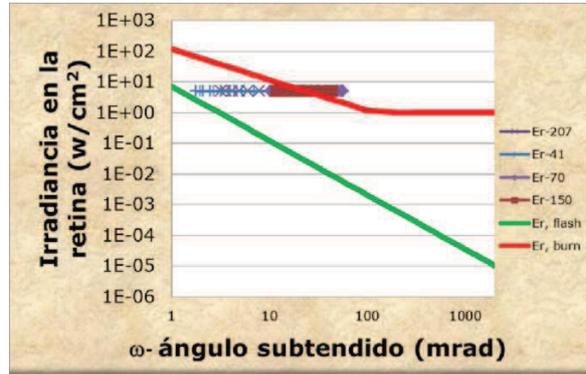


Fig. 4. Resultados de ver directamente a los heliostatos.



Fig. 5. Zona de riesgo de ver directamente a los heliostatos.

Por otra parte en la figura 6, que representa el análisis de los 3 casos acerca de la reflexión de la luz del sol sobre la superficie del receptor, donde realizo una comparación entre la irradiancia en la retina y los límites de $E_{r, burn}$ y $E_{r, flash}$ fijados por distintos autores, donde se puede notar que la irradiancia cuenta con la suficiente potencia para crear un efecto post-imagen. Por otra parte las zonas de riesgo donde se produce un efecto post imagen se muestran en la figura 7.

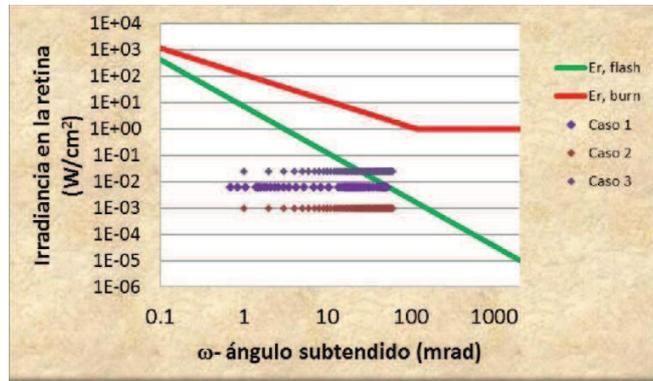


Fig. 6. Resultados de ver directamente al receptor.

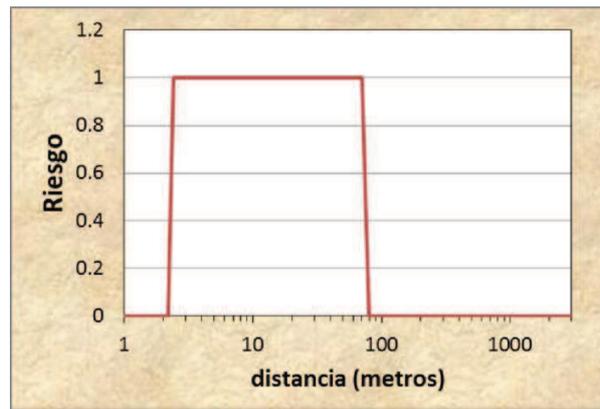


Fig. 7. Zona de riesgo de ver directamente al receptor.

Con la ayuda de los indicadores de los límites máximos permisibles ante la irradiancia que tiene potencial para producir un daño permanente en el ojo y un efecto post-imagen, en función del tamaño de imagen que se produce en la retina, nos podemos percatar de que cuando se está cuando una persona se ve directamente a un solo heliostato concentrador (25soles), la irradiancia proveniente de la reflectancia de este, tiene el suficiente potencial para causar daños en la retina en un rango de 300mts. La primera situación puede tener implicaciones para los trabajadores de la planta, donde el uso de protección ocular debe ser requerido. Por otro lado, cuando se observa el receptor de la

torre a la distancia (factores de concentración solar cercanos a 1000), potencialmente puede producirse un efecto post-imagen similar al de observar directamente al sol.

5 Medidas De Prevención A Riesgos Oculares Y De La Piel Ante Exposición A Radiación Solar Concentrada.

Es importante para toda institución, ya sea de investigación o bien comercial, contar con las medidas de seguridad adecuadas en caso de exposiciones a agentes biológicos o bien a condiciones ambientales que puedan producir un riesgo potenciales en la salud, es por eso que en esta sección se sugieren medidas que servirán para prevenir o disminuir la presencia de los riesgos potencialmente analizados en una instalación de concentración solar de torre central.

Básicamente las medidas se basan en cubrir las zonas vulnerables u órganos que pueden ser afectados o que pueden sufrir algún riesgo, en este caso los ojos y la piel.

5.1 Protección para la piel.

En el caso de la piel es importante que la prenda que servirá como protección contra el sol sea específicamente diseñada para este tipo de exposición a radiación solar, las características deberán de cubrir con las necesidades concretas de las actividades del puesto de trabajo.

En las notas técnicas de prevención: Ropa de protección: Requisitos generales, propuestas por el INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO (INSHT) [12], se describen tres categorías sobre protección de ropa, donde la Categoría I sobre “ropa contra los efectos atmosféricos que no sean excepcionales ni extremos, delantales de protección térmica para temperaturas inferiores a los 50°C y ropa de protección frente a soluciones diluidas de detergentes”, puede ser aplicada al proyecto.

La ropa de trabajo debe ser diseñada de acuerdo a las actividades que se realicen en el puesto de trabajo, donde se facilite la movilidad, flexibilidad y comodidad. También es importante que los materiales proporcionen baja resistencia al vapor de agua, alta permeabilidad al aire para minimizar la falta de confort debida al estrés térmico.

Todo el personal que utilice este tipo de protección para trabajar bajo el sol en el campo, debe de saber la importancia de su uso durante el periodo de una jornada laboral, así como también las especificaciones del uso.

Además de utilizar ropa de protección para el sol, el personal debe utilizar crema protectora contra los rayos UV resistente al sudor, con un factor de protección de más de

50, en 2 periodos de aplicación, el primero 30 min., antes de realizar labores y el segundo entre las 11 y las 15 horas (periodo con máxima radiación ultravioleta).

Se debe de tomar en cuenta que el factor de protección solar (SPF) es clasificación ultra, donde se supone que una persona empieza a desarrollar un eritema a los 10 min., de exposición al sol y utilizando la crema protectora, este periodo de tiempo se multiplica por el SPF, dando como resultado un rango más amplio de exposición al sol. Es necesario aplicar las cremas protectoras aun cuando se encuentre un día con cielo nublado.

Se debe de tomar en cuenta que existen sustancias que son fotosensibilizantes, como ciertos tipos de perfumes y medicamentos, por lo que se debe de revisar las fichas técnicas de los medicamentos y evitar los perfumes durante la jornada laboral.

Cabe mencionar que al no quemarse debido a los rayos solares no es equivalente a ausentar el riesgo de cáncer en la piel.

5.2 Protección para los ojos.

El objetivo de la designación de un filtro de solar es proteger el órgano que provee la visión contra la radiación solar excesiva, al fin de mejorar la percepción visual, así como también disminuir el efecto del deslumbramiento o el brillo de la reflexión de la luz solar, para lo cual se tomaran en cuenta algunas normativas europeas que brindan las clasificaciones de filtros oculares.

La norma Europea UNE-EN 172 [23] sobre protección individual del ojo, filtros de protección solar de uso laboral validada en el 95, propone el uso de filtros solares para puestos laborales con exposición a Radiaciones no ionizantes como la UV, IR y Visible, y la norma Europea UNE-EN 166 sobre protección individual del ojo, en su capítulo 4 y 5 propone la clasificación de los filtros solares según el área de trabajo.

Para este tipo de instalación la protección ocular debe ser de clasificación contra radiaciones ópticas, y si es de este tipo de clasificación la normativa UNE-EN 166 [24] especifica en su tabla numero 12 acerca de la aplicación de los tipos de protección se los ojos según los distintos campos de uso, de ser así la montadura óptica debe cumplir con las especificaciones de uso general y de ser gafas integrales o pantallas faciales deben cumplir con la clasificación más alta para el tipo de filtro compatible con la instalación.

En la norma UNE-EN 165 [25] se describe la clasificación de estos filtros como:

Gafas integrales: protector ocular de malla, que se ajusta sobre el rostro, encierran de forma estanca la zona orbital y se sujetan con patillas.

Gafas universal de malla: protector de ojos con oculares de malla acoplados en una montura de tipo universal con o sin laterales y se sujetan con patillas.

Pantalla facial de malla: protector de los ojos con malla protegiendo el rostro que puede usarse con un soporte directamente sobre la cabeza o acoplado a un casco de protección.

En el apartado 7.2.1 de la misma normativa, la especificación sugerida para contrarrestar la radiación óptica son los filtros solares para uso laboral (UNE-EN 172, 1995).

Se recomienda el uso de gafas con un filtro solar contra radiaciones ópticas debe ser una clasificación código numérico 5-4,1 o 6-41, lo que quiere decir, que se necesita un filtro solar sin especificaciones para infrarrojo, utilizadas para radiaciones intensas, según el Anexo A utilización de filtros solares de la normativa europea UNE-EN -172 [23].

Además, para reducir el efecto de reflexión de la luz en las superficies de los espejos y del receptor en este tipo de instalación, se recomienda darles un efecto anti- reflexión a los filtros.

5.3 Equipos De Protección Individual

El equipo de protección individual (EPI) es un requisito en el área de trabajo y ninguna persona debe de transitar por el área donde se encuentran instalados los heliostatos y la torre.

Los EPI deben de permitir realizar con destreza las actividades del puesto de trabajo, para que estas sean una medida de prevención o disminución en lugar de propiciar el aumento de un riesgo.

En la instalación se debe de contar con el número suficiente de EPI para abarcar el total del personal que labore en la misma. Durante la entrega de cada equipo, el personal debe recibir información de la forma correcta en la que se debe de utilizar y la importancia en la prevención de riesgos, así mismo los EPI deben de cumplir con las normativa NOM-017-STPS-2001, Equipo de protección personal [21].

Estrictamente se deben de sustituir el equipo que se encuentre dañado o que ya se encuentre en el declive de su periodo de vida.

El EPI debe incluir protección para extremidades inferiores, como calzado y este debe cumplir con la NOM-113-STPS-1994, Calzado de protección [22]. El trabajador, por su parte, debe utilizar a conciencia el equipo de protección.

6 Discusión

Las instalaciones encargadas de utilizar la energía solar para su aprovechamiento para la producción de energía eléctrica, utilizan grandes cantidades de espejos para concentrar la radiación solar, con el fin de alcanzar las altas temperaturas requeridas para su operación.

Por lo tanto una parte considerable de personas en esta nueva industria, desarrolla su jornada laboral a la interperie estando expuesta a radiación solar, donde la presencia de luz solar concentrada puede implicar riesgos oculares, ya sea de quemaduras en la retina

en un caso extremo o de deslumbramiento momentáneo (post imagen), que puede causar distracciones.

Con la ayuda de este análisis pudimos detectar las situaciones que sobrepasan los límites máximos permisibles ante la irradiancia o bien las situaciones que tiene potencial para producir un daño permanente en el ojo y un efecto post-imagen, en función del tamaño de imagen que se produce en la retina, así como las zonas de riesgo en base a la distancia en la cual se encuentra ubicado el ser humano que ve directamente la superficie de los heliostatos, tanto como ver directamente el resplandor del receptor.

Por lo que ante el aumento de la instalación de plantas solares de concentración, se vuelve necesaria la evaluación de riesgos potenciales debido a la exposición a radiación solar concentrada. Esto eventualmente debe permitir llegar a la elaboración de procedimientos estándar y normas para garantizar la seguridad laboral del personal que labora en las plantas termosolares.

Actualmente existe un aumento en los artículos que son publicados estudios sobre los daños derivados de la exposición al sol en este tipo de instalaciones con el objetivo de sacar estos datos a la luz y crear la conciencia de seguridad en este ambiente laboral de la nueva industria.

No es una cuestión alarmante, si no una cuestión que comience por hacer conciencia y trabajo en equipo, donde existe la motivación por cuidar al personal que conforma a la empresa y disminuir los riesgos de los factores ambientales en este tipo de instalaciones, se puede lograr disminuir el puente entre el riesgo y la consecuencia, con el seguimiento de un protocolo.

7 Bibliografía

1. Ho, C. K.; Ghanbari, C. M.; Diver, R.B: Methodology to Assess Potential Glint and Glare Hazards From Concentrating Solar Power Plants: Analytical Models and Experimental Validation. *Journal of Solar Energy Engineering* 133, 031021-1, 2011.
2. Ho, C.K.: Observations and Assessments of Glare from Heliostats and Trough Collectors: Helicopter Flyover and Drive-By Sightings: SolarPACES, Cantabria, España, septiembre, 2010.
3. Ho, C. K.; Ghanbari, C. M.; Diver, R. B.: Hazard Analyses of Glint and Glare From Concentrating Solar Power Plants, in *Proceedings of SolarPACES*, Berlin, Germany, 2009.
4. Norma Española UNE-EN 172: Protección individual de los ojos, Filtros de protección solar para uso laboral: Asociación Española De Normalización Y Certificación (AENOR): Madrid, España, 1995.
5. Norma Española. UNE-EN 166: Protección individual de los ojos, Especificaciones: Asociación Española De Normalización Y Certificación (AENOR): Madrid, España, 2002.

6. Norma Española UNE-EN 165: Protección individual de los ojos, Vocabulario: Asociación Española De Normalización Y Certificación (AENOR): Madrid, España, 2006.
7. Norma oficial Mexicana NOM-013-STPS-1993: Condiciones de seguridad e Higiene en los centros de trabajo donde se generen radiaciones electromagnéticas No ionizantes: Diario Oficial de la Federación: México, 1993.
8. Arancibia-Bulnes, C. A.; Peña-Cruz, M. I.; Marroquín-García, D.; Cabanillas, R. E.; Pérez-Rábago, C. A.; Riveros-Rosas, D.; Hinojosa, J. F.; Estrada, C. A.: Heliostat Testing at a New Facility in Sonora, Mexico. Proceedings of the SolarPACES Conference, September 20-23th, Granada, Spain. Paper 23489, 2011.
9. Riveros, D.; Perez-Rábago, C. A.; Arancibia-Bulnes, C. A.; Romero, M. E.; Regalado, R.; Cabanillas, R.E.; Estrada C. A.: Sizing and performance analysis of a 2 MWth experimental solar heliostat field in Sonora. Proceedings of the Solar PACES symposium, Berlin, Germany. Paper 16329, 2009.
10. Sliney D.H: Ocular hazards of light, 1994. Available at: http://www.controlledenvironments.org/Light1994Conf/4_2_Sliney/Sliney%20Text.htm.
11. American conference of governmental Industrial hygienists: Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices for 1993-1994. American conference of governmental Industrial hygienists, Cincinnati, OH, 1993.
12. Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo (INSHT): Notas técnicas de prevención 755, Radiaciones ópticas: metodología de evaluación de la exposición laboral, pp. 4. España: INSTH, (s.d.).
13. Boletín Oficial del Estado: Real Decreto 486/2010, de 23 de abril, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a radiaciones ópticas artificiales. Sec. I. pag.36110 – 36114, Núm. 99, España: BOE, 2010.
14. Sliney D.H.; Freasier B.C.: Evaluation of Optical Radiation Hazards. Applied Optics 12, 1, 1, 1973.
15. Frecker R.C.; Eizenman M.; MacLean W. J.: An evaluation of optical radiation hazards associated with infrared corneal, CMBEC-15-CCGB, Toronto, Ontario, Canada, 1989.
16. ICRNIRP: BfS ICNIRP statement on far infrared radiation exposure, Matthes, Ingolstaedter Landstr. 1, 85764 Oberschleissheim, Germany, 2006.
17. ICRNIRP: BfS- R, Guidelines on limits of exposure to ultraviolet radiation of wavelengths between 180 nm and 400 nm (incoherent optical radiation), Matthes, Ingolstaedter Landstr. 1, 85764 Oberschleissheim, Germany, 2004.
18. ICRNIRP: Guidelines on limits of exposure to broad-band incoherent optical radiation (0.38 to 3 μm), Matthes, Ingolstaedter Landstr. 1, 85764 Oberschleissheim, Germany, 1997.
19. IRPA (International Non-Ionizing Radiation Committee): Guidelines for Limits of Human Exposure to Non-Ionizing Radiation. MacMillan. New York, 1991.
20. Norma oficial mexicana NOM-013-STPS-1993: Condiciones de seguridad e Higiene en los centros de trabajo donde se generen radiaciones electromagnéticas No ionizantes: Diario Oficial de la Federación: México, 1993.

21. Norma oficial mexicana NOM-017-STPS-200: Calzado de protección: Diario Oficial de la Federación: México, 2001.
22. Norma oficial mexicana NOM-113-STPS-1994: Equipo de protección personal: Diario Oficial de la Federación: México, 1994.
23. Norma Española UNE-EN 172: Protección individual de los ojos, Filtros de protección solar para uso laboral: Asociación Española De Normalización Y Certificación (AENOR): Madrid, España, 1995.
24. Norma Española UNE-EN 166: Protección individual de los ojos, Especificaciones: Asociación Española De Normalización Y Certificación (AENOR): Madrid, España, 2002.
25. Norma Española UNE-EN 165: Protección individual de los ojos, Vocabulario: Asociación Española De Normalización Y Certificación (AENOR): Madrid, España, 2006.

Aplicabilidad de la Norma Oficial Mexicana 024 de la Secretaría de Trabajo y Prevención Social (NOM-024-STPS) de Vibración en la Empresa Automotriz del Noroeste de Hermosillo, Sonora

Pedro Ibarra¹, Enrique De La Vega², Jaime Leon³

¹ Universidad de Sonora, Departamento de Ingeniería Industrial, Rosales y Blvd. Luis Encinas S/N, C. P. 83000, Hermosillo, Sonora, México.
pedroibarra21@hotmail.com

² Departamento de Ingeniería Industrial. Instituto Tecnológico de Hermosillo. Sonora, México.
en_vega@ith.mx

³ Departamento de Ingeniería Industrial. Universidad de Sonora. Sonora, México.
jleon@industrial.uson.mx

Resumen. El siguiente documento muestra las pautas a seguir para realizar el análisis estadístico de los datos obtenidos del área de pintura de la Empresa Automotriz del Noroeste de Hermosillo, ya que se utiliza una gran variedad de herramientas de mano, las cuales generan vibración, en donde los trabajadores están expuestos a ella. Se procedió a la toma de mediciones, con la finalidad de ver el tiempo de exposición, la frecuencia y la aceleración a la que dichos operadores están expuestos a la vibración y así comprobar si dichas mediciones están dentro de lo permitido por la NOM-024-STPS de Vibración.

Palabras clave: Factores de riesgo ergonómico, Vibración, Extremidades superiores, herramientas vibrantes.

1 Introducción

La humanidad siempre ha tenido el deseo de construir, crear y explorar. Cada una de estas actividades ha sufrido las repercusiones de someterse a la exposición de la vibración, la fuente de esta situación física proviene de la conducción de ondas elásticas a través de los cuerpos, dándose esta conducción desde el uso de la primitiva hacha, sierras de mano, el uso de herramientas eléctricas, máquinas industriales, aviones, trenes y automóviles.

Con el paso del tiempo, el hombre moderno ha aprovechado las fuentes de energía de manera más eficiente, los aparatos utilizados para construir, crear, y explorar han utilizado más energía y, en consecuencia, una mayor cantidad de energía se han disipado en forma de vibraciones, algunas de las cuales se ha transmitido a la gente. Esto sucediendo y explicándose con la pérdida de energía en los procesos y entendiéndose en el cambio de tipos de energía [1].

Pedro Ibarra, Enrique De La Vega, Jaime Leon, *Aplicabilidad de la Norma Oficial Mexicana 024 de la Secretaría de Trabajo y Prevención Social (NOM-024-STPS) de Vibración en la Empresa Automotriz del Noroeste de Hermosillo, Sonora*, en: Mario Barceló-Valenzuela, Alonso Perez-Soltero, Oscar Mario Rodríguez-Elias, María Trinidad Serna-Encinas (Eds.), *Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora*, pp. 81- 86, 2012.

En relación a los factores de riesgo ergonómicos físicos, las vibraciones ocupan un primer lugar como causa de lesiones musculoesqueléticas en extremidades superiores y columna. La mayoría de la evidencia científica establece una fuerte relación causa-efecto entre la exposición a vibraciones y la aparición de lesiones [2].

2 Marco Teórico

2.1 Síndrome de vibración

A la luz de un reciente estudio exhaustivo, realizado por el Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH), el Instituto concluye que las herramientas de mano pueden causar el síndrome de la vibración, una condición también conocida como el dedo blanco y el fenómeno de Raynaud de origen ocupacional. El síndrome de la vibración ha causado efectos adversos en los nervios de los dedos. Los signos y síntomas incluyen entumecimiento, dolor y palidez. Es de particular preocupación la evidencia de los estudios avanzados del síndrome de la vibración después de una exposición tan breve como un año. NIOSH recomienda que los trabajos deben ser rediseñados para minimizar el uso de herramientas de mano y que las herramientas de mano sean impulsadas a ser rediseñadas para minimizar la vibración. Donde los trabajos no pueden ser rediseñados para eliminar las herramientas que vibran, como martillos neumáticos, sierras de gasolina de la cadena, y otras herramientas de mano. Los controles de ingeniería, prácticas de trabajo y controles administrativos deben ser empleados para minimizar la exposición [3].

La gravedad del síndrome de vibración se puede medir con un sistema de clasificación desarrollado por Taylor. Después de una observación clínica y una entrevista, un trabajador puede ser colocado en una de las categorías en la Tabla 2.1. Aspectos clínicos del síndrome de la vibración se discuten en el Apéndice [4].

Tabla 2.1 Etapas del síndrome de vibración

Etapa	Condición de los dedos	Trabajo y la interferencia social
0	No hormigueo, entumecimiento, o la palidez de los dedos	No hay quejas
OT	hormigueo intermitente	No interfiere con las actividades
ON	Entumecimiento intermitente	"
TN	Intermitente sensación de hormigueo y adormecimiento	"
1	Palidez de los dedos, con o sin sensación de hormigueo y / o entumecimiento	"
2	El blanqueo de uno o más dedos más allá de consejos, por lo general durante el invierno	Posibles interferencias con las actividades fuera del trabajo, sin interferencias en el trabajo
3	Escaldado extensivo de los dedos, durante el verano y el invierno	Interferencias definido en el trabajo, en casa, y con las actividades sociales, la restricción de las aficiones
4	Escaldado extensivo de la mayoría de los dedos, durante el verano y el invierno	Ocupación por lo general cambiado debido a la gravedad de los signos y síntomas

Fuente: Millar (1983)

3 Descripción del Problema a abordar

El sector manufacturero automotriz de Hermosillo, Sonora, está manifestando problemas en la salud de sus trabajadores, ya que estos de manera constante utilizan en sus procedimientos herramientas manuales que generan vibración. Este último factor, ocasiona pérdidas en la producción ya sea por disminución en la capacidad de producción del empleado o por sus incapacidades médicas. Es por esto que es necesario la evaluación y prevención de riesgos laborales en los trabajadores expuestos a vibración, sustentándonos en la NOM-024-STPS-2001, Vibración.

Las estadísticas generadas por instituciones gubernamentales en el país, proporcionan información relevante sobre la problemática de las enfermedades que surgen en las empresas que están operando con herramientas manuales y que afectan considerablemente la salud de sus trabajadores. Esto se minimizaría si se tuviera amplio conocimiento y aplicación efectiva de la NOM-024-STPS-2001, Vibración, la cual contiene la información necesaria para evaluar y definir acciones para la corrección de la problemática generada [5].

Así el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), en sus estadísticas del año 2010 (02 de Julio), informa que en México ocurrieron 412 defunciones por riesgos laborales y 411 mil accidentes de trabajo, los cuales son la primera causa de incapacidad temporal en el país y representan el 81% de los riesgos registrados por el IMSS del cual el 2.3% son por causa de vibración. Aunque dicho porcentaje pareciera ser insignificante en personas representa un gran número y es por eso que le queremos dar principal atención a este agente físico que es la vibración.

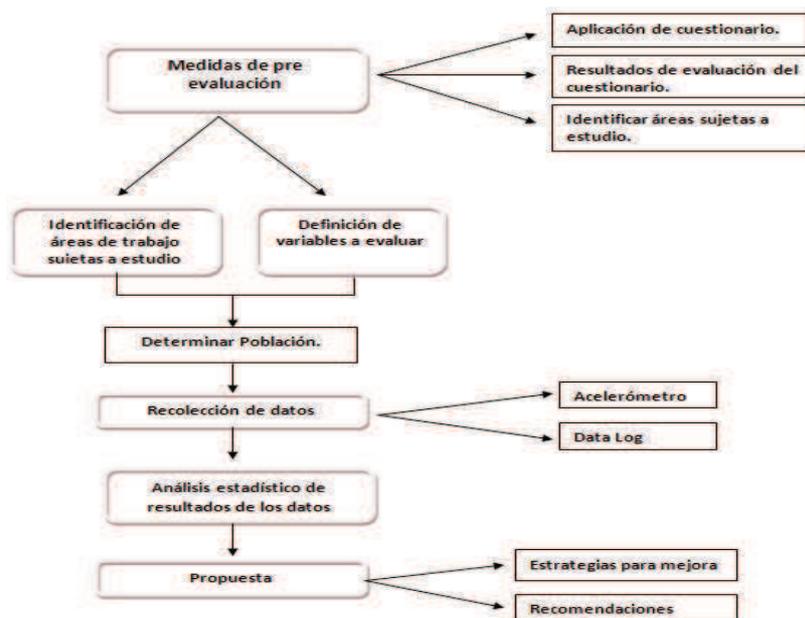
4 Desarrollo de la solución

Esta investigación pretende apoyar a la empresa manufacturera automotriz, a establecer un sistema de prevención de riesgos laborales, lo cual redundaría en una disminución de accidentes y por ende en un incremento en la producción.

Se pueden prevenir riesgos de salud mediante, la realización de evaluaciones periódicas, adecuando el área de trabajo de pintura de la empresa manufacturera automotriz de Hermosillo y utilizando equipo de seguridad adecuado.

A continuación en la figura 4.1 se presenta un diagrama de flujo con la metodología a desarrollar en esta investigación.

Fig. 4.1 Metodología



Fuente: Elaboración Propia

Una vez definida la muestra de las estaciones a evaluar, estableceremos las variables a medir para la realización del programa para la prevención de alteraciones a la salud del trabajador, identificando los siguientes factores:

1. Las operaciones que causan las exposiciones a las vibraciones.
2. Las herramientas guiadas a motor, herramientas insertadas y/o piezas de trabajo implicadas y hacer un conteo de las mismas.
3. Discernir las herramientas entre las de mayor impacto en el Personal expuesto.
4. Raíz cuadrática media individual y las aceleraciones medias de un solo eje ponderadas en frecuencia.
5. Valor total de las vibraciones por cada operación.
6. Evaluar los NEV en cada uno de los diferentes ciclos de exposición del trabajador, de acuerdo al reconocimiento en una jornada laboral bajo condiciones normales de operación.
7. Duración diaria total para cada operación.
8. Exposición diaria del operador a las vibraciones.
9. Condiciones de seguridad seguidas por los operadores en cada estación.

5 Resultados

A continuación se presentan el método de evaluación de resultados obtenidos para las mediciones realizadas en una de las estaciones de trabajo como ejemplo a seguir para las demás estaciones de trabajo.

Promedio de duración de lijado y pulido Estación. 1	Duración del turno del operador	Tiempo real de exposición a la herramienta vibrante	Limite permisible de exposición (menos de una hora)
0.11 HR	7.67 HR	0.8437 HR	1.22 HR

Según los datos obtenidos de las mediciones de la Estación 1, se puede observar que dicha estación está dentro de los límites permisibles de exposición a la vibración ya que el tiempo de exposición fue de 0.8437 hr (50.4 minutos) por lo que no excede el límite permisible de exposición según lo muestra la tabla 5.1 de la NOM 024. Este fue el procedimiento que se utilizó en cada una de las estaciones analizadas.

Tabla 5.1 Límites Permisibles de Vibración

DURACION DE LA EXPOSICION TOTAL DIARIA	Valores cuadráticos medios dominantes de la componente de las aceleraciones de frecuencia ponderada que no deben excederse	
	m/seg ²	g
4 horas y menos de 8	4	0,40
2 horas y menos de 4	6	0,61
1 hora y menos de 2	8	0,81
menos de 1 hora	12	1,22

Fuente: NOM-024-STPS-2001

6 Conclusiones

En base a estos datos es conveniente para la empresa manufacturera automotriz de Hermosillo, el que realice periódicamente evaluaciones y estudios en el área de pintura de dicha empresa en donde los trabajadores estén expuestos a vibración, para implementar un plan de acción y así poder prevenir lesiones o daños en la salud del trabajador en caso de no cumplir con los límites permisibles de exposición a vibración de la NOM-024.

7 Bibliografía

1. Mansfield, N.: Human response to vibration. CRC PRESS, 2005.
2. Rehn, B.: Musculoskeletal disorders and whole-body vibration exposure. Umeå university medical dissertations from the department of public health and clinical medicine, occupational medicine, umeå university, umeå, sweden new series no. 852., 2004.
3. Millar, J.: Current Intelligence Bulletin 38, Vibration Syndrome, march 29, 1983.
4. Pelmeur, P; Taylor, W; Wasserman, D.: Hand-arm vibration, a comprehensive guide for occupational health professionals. Editorial Van Nostrand, 1992.
5. Secretaria de Trabajo y Prevención: Norma Oficial Mexicana NOM-024-STPS-2001, Vibraciones-Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo, 2001.

Salud Ocupacional en un Laboratorio de Residuos Tóxicos

Amina Marín Martínez, Laura Elena López-Imperial

Universidad de Sonora, Posgrado en Ingeniería, Hermosillo, México.
amarin@industrial.uson.mx, lauralopezimperial@gmail.com

Resumen. El presente trabajo muestra revisión bibliográfica en materia de salud ocupacional sobre la temática, normativa y características relativas a los riesgos en un laboratorio de residuos tóxicos, representando un marco de referencia para la realización del diagnóstico de las condiciones de trabajo en materia de salud ocupacional de un laboratorio que brinda servicios de análisis de residuos tóxicos en alimentos. De esta manera, este artículo establece una pauta para el conocimiento del campo. Este estudio constituye una parte base de una tesis de maestría encaminada a la mejora de la productividad de un laboratorio desde el enfoque de salud ocupacional.

Palabras clave: Salud Ocupacional, Riegos, Laboratorio, Residuos Tóxicos.

1 Introducción

Actualmente, el crecimiento de la población mundial ha dado lugar a la diversidad e incremento de centros de trabajo, los cuales condicionan a los trabajadores a determinado ambiente laboral, llevándolo en muchas ocasiones a condiciones de riesgo.

El hecho de estar ubicado dentro de un centro de trabajo, implica estar sujeto a riesgos físicos, químicos, biológicos psicosociales o ergonómicos de dicho ambiente, o bien, a una combinación de ellos, siendo esto aún más perjudicial para la salud.

Las condiciones de riesgo existentes en los centros de trabajo derivados de la falta del cuidado en el diseño de los centros de trabajo, pueden conducir desde un accidente de trabajo hasta a muertes de los involucrados; por ello es importante conocer el riesgo que implica el manejo de productos o la realización de ciertas actividades laborales, para hacer posible la consideración de manejo correcto y la adecuación de condiciones de trabajo, utilización de equipo y el establecimiento de lineamientos o cualquier estrategia para la mejora de las condiciones de trabajo.

El desconocer las condiciones de trabajo imposibilita una administración eficiente de riesgos cuando se pretende el cuidado de la salud ocupacional, ya que es importante tener acciones encaminadas a reducir el riesgo de que ocurran accidentes o enfermedades. Es por ello que se tiene la necesidad de conocer el estado de las áreas de trabajo.

Amina Marín Martínez, Laura Elena López-Imperial, *Salud Ocupacional en un Laboratorio de Residuos Tóxicos*, en: Mario Barceló-Valenzuela, Alonso Perez-Soltero, Oscar Mario Rodríguez-Elias, María Trinidad Serna-Encinas (Eds.), *Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora*, pp. 87- 92, 2012.

Los laboratorios, son considerados como ambientes de trabajo altamente especializados y peligrosos [1]. En ellos, la probabilidad de sufrir un daño, una lesión o incluso la muerte siempre está presente. Existen múltiples riesgos para la salud derivados del trabajo en estas áreas, entre los que se distinguen los riesgos por exposición a agentes biológicos, a sustancias químicas y a agentes físicos, sin dejar por un lado, factores psicosociales como la conducta del hombre y la deficiente organización laboral, los cuales son determinantes ya que las personas son quienes realizan las tareas en los centros de trabajo.

2 Marco Teórico

2.1 Salud Ocupacional

La salud debe entenderse como un estado que siempre es posible de mejorar y que implica considerar la totalidad de los individuos, relacionados entre sí y con el medio ambiental en que viven y trabajan [2].

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define la salud como “un completo estado de bienestar en los aspectos físicos, mentales y sociales” y no solamente la ausencia de enfermedad. Esta definición forma parte de la Declaración de Principios de la OMS desde su fundación en 1948. En la misma declaración se reconoce que la salud es uno de los derechos fundamentales de los seres humanos, y que lograr el más alto grado de bienestar depende de la cooperación de individuos y naciones y de la aplicación de medidas sociales y sanitarias [2].

Según Parra [2], un país o una comunidad mejoran el nivel de salud de su población cuando aseguran que todas las personas en condiciones de trabajar puedan acceder a un empleo que satisfaga, no sólo sus necesidades económicas básicas, sino que llene también los otros aspectos positivos del trabajo.

La salud ocupacional debe tener como objetivo la promoción y mantenimiento del más alto grado de bienestar físico, mental y el bienestar social de los trabajadores en todas las ocupaciones, la prevención entre los trabajadores de las desviaciones de salud causados por sus condiciones de trabajo, la protección de los trabajadores en su empleo contra los riesgos resultantes de factores adversos a la salud; la colocación y el mantenimiento del trabajador en un entorno de trabajo adaptado a sus capacidades fisiológicas y psicológicas y, para resumir: la adaptación del trabajo al hombre y cada hombre a su puesto de trabajo [3].

El foco principal de la salud ocupacional está orientado a tres objetivos: (i) el mantenimiento y promoción de la salud y la capacidad de trabajo, (ii) la mejora del entorno de trabajo y del trabajo a ser conducente a la seguridad y la salud y (iii) el desarrollo de organización del trabajo y las culturas de trabajo en el sentido de que apoya la salud y la seguridad en el trabajo y, al hacerlo, también promueve un clima social positivo y el buen funcionamiento y puede mejorar la productividad de las empresas. El concepto de cultura de trabajo que se pretende en este contexto en el sentido de una reflexión de los sistemas de valores esenciales adoptados por la empresa en cuestión. Esta

cultura se refleja en la práctica en los sistemas de gestión, política de personal, los principios de las políticas de participación, formación y gestión de calidad de la empresa [3].

Las condiciones sociales y materiales en que se realiza el trabajo pueden afectar el estado de bienestar de las personas en forma negativa. Los daños a la salud más evidentes y visibles son los accidentes del trabajo. Los daños a la salud por efecto del trabajo resultan de la combinación de diversos factores y mecanismos [2].

Sin embargo Parra [2], dice que el trabajo también puede agravar un problema de salud previamente existente y que existen muchas enfermedades causadas por más de un agente directo.

2.2 Temática Normativa

La seguridad y salud en el trabajo se encuentra regulada por diversos preceptos contenidos en nuestra Constitución Política, la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, la Ley Federal del Trabajo, la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, el Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo, así como por las normas oficiales mexicanas de la materia, entre otros ordenamientos [4].

Por otra parte, la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal faculta a la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, en su artículo 40, fracción XI, para estudiar y ordenar las medidas de seguridad e higiene industriales para la protección de los trabajadores [4].

La Secretaría del Trabajo y Previsión Social, muestra cinco grandes categorías para las normas en materia de seguridad y salud en el trabajo: seguridad, salud, organización, específicas y de producto.

Por la competencia de esta investigación se abordarán principalmente aspectos de seguridad, salud y organización.

La categoría de seguridad habla sobre edificios e instalaciones, manejo de materiales y sustancias peligrosas, prevención y protección contra incendios, entre otros.

La categoría de salud aborda aspectos precisos que condicionan a la salud como ruido vibraciones, iluminación, condiciones térmicas y otras más.

La categoría de organización aborda los temas en que la organización administra y controla seguridad, aborda temas como equipo de protección personal, comisiones de seguridad e higiene e informes sobre riesgos de trabajo, entre otros.

2.3 Riesgos en laboratorios

Los riesgos se clasifican según su carácter u origen en físicos, químicos, biológicos y aquellos dependientes de factores humanos [1]. La existencia de uno de ellos y/o la convergencia de varios pueden ocasionar accidentes de diversa magnitud.

De acuerdo con Weng [5], el calor, las radiaciones, la electricidad, los objetos en movimiento que interfieren con éste, los traumatismos, así como, las condiciones ambientales de trabajo, entre otros, son agentes físicos a los que están expuestos los trabajadores en los laboratorios y a ellos se debe la presencia del riesgo físico en estas áreas.

Respecto a riesgos físicos, el conocimiento apropiado de los efectos tóxicos de las sustancias químicas, las rutas de exposición y los riesgos asociados a su manipulación y transporte es vital para el personal que trabaja en estas áreas [6].

Por otra parte, Fernández [1], habla de riesgos psicosociales como los riesgos dependientes de factores humanos que pueden acrecentar considerablemente el riesgo de los otros factores e involucran las aptitudes y habilidades para el trabajo, el estado físico y psicológico del trabajador, su capacidad intelectual y entrenamiento laboral, entre otros.

En los últimos años se ha ido demostrando que el ambiente que rodea a las personas, no sólo es lo físico o biológico, sino que debe incluir también el aspecto social y cultural del mismo, y dentro de esto, lo espiritual, ya que unos y otros son precisamente los que crean ese ambiente, que en última instancia, es inherente a su propia existencia [7].

Existe también el riesgo derivado de la manipulación o exposición a los agentes biológicos, que trae como consecuencia la infección del personal expuesto con o sin manifestación de la enfermedad [1], [8]. Para el hombre, el riesgo de contagio es el más significativo (por la frecuencia e importancia) y el más antiguo de los reconocidos por los profesionales de la salud.

En las infecciones del personal de laboratorio, se destacan las siguientes causas: el uso de objetos punzo-cortantes contaminados, los derrames o salpicaduras, el trabajo con animales de laboratorio, sin tomar las medidas de protección reglamentadas en este caso, y que son procedimientos que se van haciendo habituales que generan aerosoles, siendo estos últimos, la causa más frecuente de este fenómeno, como demuestran los estudios de CNB [8] y Sewell [10], entre otros.

3 Problemática y propuesta de solución

La investigación que parte del análisis bibliográfico en materia de salud ocupacional, y el marco normativo de la misma, será realizada en un laboratorio de análisis de residuos tóxicos, en donde se abordarán las problemáticas respecto a salud ocupacional, evaluando las áreas de trabajo, para diagnosticar el estado actual de las mismas e identificar oportunidades de mejora, las cuales reduzcan la exposición a riesgos y daños a la salud.

Por la naturaleza de un laboratorio de análisis de residuos tóxicos se está condicionado a riesgos por el manejo de sustancias peligrosas, así como también por las condiciones de sus instalaciones y sus procesos.

Este estudio se realiza para abrir un marco de apoyo en materia de salud ocupacional para un laboratorio de residuos tóxicos, en donde es necesario conocer conceptos y elementos de salud ocupacional, la normativa y métodos de evaluación para estos centros de trabajo.

En el laboratorio se desconoce el nivel de seguridad en el centro de trabajo, actualmente se están consultando metodologías para determinar cuáles son las más adecuadas para la evaluación de seguridad del laboratorio, como las hechas en riesgos químicos en otros laboratorios por los autores Leggett [11], Hassim [12], entre otros.

4 Conclusiones

Los factores de riesgo en Salud Ocupacional deben ser contemplados de forma sistematizada y constante en laboratorios, debido a su naturaleza por la realización de tareas especializadas y peligrosas. Existe una gran variedad de riesgos en ellos.

Mediante las revisiones periódicas de los trabajadores, las condiciones de las instalaciones, equipo y el diseño de tareas, así como mediante el cumplimiento de lo regulado en relación a salud ocupacional, se pueden generar ambientes adecuados y amigables que reduzcan las consecuencias negativas en la salud.

Es recomendable brindar educación a los trabajadores de centros laborales, en relación con los cambios de estilo de trabajo en sus puestos laborales, de esta forma se evita la aparición de enfermedades y accidentes.

5 Bibliografía

1. Fernández R.J. Bioseguridad. En: Llop A., Valdés da Pena M., Zuazo JL. Microbiología y Parasitología Médicas. Tomo III. Sección VIII. Capítulo 148. La Habana: ECIMED; 581-588, 2001.
2. Parra, M. Conceptos básicos en salud laboral. Santiago de Chile, OIT, 2003.
3. Coppee, G. *Occupational Health Services and Practice*. [Internet] (consultado 22 Agosto 2012). Disponible en: http://www.ilo.org/safework_bookshelf/english?content&nd=857170174.
4. Secretaría del Trabajo y Previsión Social. *Marco normativo de seguridad y salud en el trabajo*. [Internet] (Consultado 22 Agosto 2012). Disponible en: <http://asinom.stps.gob.mx:8145/Centro/CentroMarcoNormativo.aspx>, 2012.
5. Weng, Z., Riesgos en los laboratorios: consideraciones para su prevención. *Higiene y Sanidad Ambiental*. 5, pp.132-137, 2005.
6. World Health Organization. *Laboratory Biosafety Manual*. 2nd ed. (revised). Geneva: OMS; p:109, 2003.
7. Fuillerat R. Riesgos psicosociales y su repercusión en el estado de salud. En: Memorias del Congreso Panamericano de Salud Mental Infante Juvenil. La Habana: Cuba, 2004.
8. Curso Nacional sobre Bioseguridad. Taller Análisis de Riesgos. Conferencias. La Habana: PNUMA-FMAMCSB; p:116, 2004.
9. National Institute of Health. *Biosafety in microbiological and biomedical laboratories*. 4th ed. US Government Printing Office: US Department of Health and Human services, Public Health Services, Center for Disease Control and national Institute of Health,

Washington D.C.; p:196. [Internet]. (Consultado 22 Agosto 2012); (3P). Disponible en: [http://www.cdc.gov/od/ohs/pdffiles/4th%20BMB L.pdf](http://www.cdc.gov/od/ohs/pdffiles/4th%20BMBL.pdf), 1999.

10. Sewell D. Laboratory associated infections and biosafety. *Clinical Microbiology Reviews* 1995;8(3):389-405, 1995.
11. David J. Leggett. Lab-HIRA: Hazard identification and risk analysis for the chemical research laboratory: Part 1. Preliminary hazard evaluation. *J. Chem. Health Safety* 2012, doi:10.1016/j.jchas.2012.01.012, 2012.
12. Hassim, M., & Hurme, M. Occupational chemical exposure and risk estimation in process development and design. *Process Safety and Environmental Protection*. 88, 225-235, 2010.

Desarrollo de un Modelo basado en el Estudio de Tiempos Predeterminado MODAPTS y una Evaluación Ergonómica SUSAN RODGERS, llamado “ERGO-MODAPTS”

Deyanire Uribe Lam, Enrique de la Vega Bustillos.

Instituto Tecnológico de Hermosillo, Departamento de Posgrado, Ave. Tecnológico y Periférico
Poniente S/N C.P. 83170 Colonia Sahuaro., Hermosillo, Sonora, México.
deyanireuribe@gmail.com, en_vega@ith.mx

Resumen. Este documento proporciona la información necesaria para la realización de un análisis ergonómico basado en el método de estudio de tiempos predeterminados MODAPTS, el cual se combina con la evaluación ergonómica SUSAN RODGERS dando así como resultado un análisis completo ergonómico.

El objetivo de esta investigación es diseñar un modelo de evaluación ergonómico utilizando el método de tiempo predeterminados MODAPTS y método de evaluación ergonómico SUSAN RODGERS (Método de Predicción de la Fatiga Muscular) uniéndolos entre sí, para conseguir un análisis completo de ergonomía, al momento de realizar la evaluación de MODAPTS también se analice ergonómicamente y defina el riesgo del operador.

Palabras clave: Ergonomía, Modapts, Susan Rodgers.

1 Introducción

Los términos de ergonomía y factores humanos a veces se utilizan como sinónimos, ambos describen la interacción entre el operador y las exigencias de la tarea a ejecutar y los dos tienen que ver con tratar de reducir el estrés innecesario en estas interacciones. Se ha hecho hincapié en los métodos para reducir la fatiga mediante el diseño de tareas para que estén dentro de las capacidades de las personas. [1].

Así mismo los tiempos predeterminados son herramienta utilizada principalmente para evaluar el tiempo necesario para realizar algunas tareas, en base a la actividad, requisitos y duraciones estándar estipuladas en una tabla de tiempos predeterminados para dar movimientos. Estos sistemas son especialmente útiles para evaluar y establecer las cargas de trabajo (línea equilibrio) en tareas de montaje. Ejemplos de tiempos predeterminados son los métodos Tiempo Medición (MTM), la Operación Maynard Técnica de Secuencia (MOST), Modular Arrangement of Predetermined Time Standards (MODAPTS). [2].

Deyanire Uribe Lam, Enrique de la Vega Bustillos, *Desarrollo de un Modelo basado en el Estudio de Tiempos Predeterminado MODAPTS y una Evaluación Ergonómica SUSAN RODGERS, llamado “ERGO-MODAPTS”*, en: Mario Barceló-Valenzuela, Alonso Perez-Soltero, Oscar Mario Rodríguez-Elias, María Trinidad Serna-Encinas (Eds.), *Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora*, pp. 93-97, 2012.

2 Marco Teórico

Las empresas en la actualidad se preocupan por la seguridad y ergonomía en el trabajo, por eso se ve la necesidad de realizar estudios integrales de clasificación y análisis de los puestos de trabajo atendiendo a la fatiga muscular de los operarios. [3].

Dada la importancia con la que se cuenta en las empresas de la industria el aprovechar el máximo de capacidad de sus trabajadores es esencial para todo tipo de industria. Es importante señalar que se pretende realizar una innovación a los métodos ya existentes de toma de tiempos y análisis ergonómico, ya que la ergonomía es una de las partes más sobresalientes e interesantes con las que debe contar toda empresa industrial. [3].

Desde los tiempos de Frederick W. Taylor la administración ha comenzado a asignar tiempos estándar a los elementos básicos de trabajo. A estos tiempos se le conoce como Tiempos predeterminados, se asignan a los movimientos fundamentales y a grupos de movimientos que no es posible evaluar con precisión mediante los procedimientos normales de estudio de tiempos con cronometro. [4].

En la actualidad existen métodos para el análisis ergonómico de las estaciones como son el análisis del método SUSAN ROGERS (Método de Predicción de la Fatiga Muscular), método RULA, Método REBA, entre otros, también existen los métodos de tiempos predeterminados como son el MTM, MOST, los cuales te dan los resultados necesarios para analizar el tiempo que tarda el trabajador en realizar su tarea. [4].

2.1 Características del campo de estudio

Se utiliza el método de análisis de tiempo MODAPTS (Modular Arrangement of Predetermined Time Standards) que es un sistema que relaciona los tiempos de ejecución de los movimientos que ejecuta el cuerpo humano cuando se está realizando actividades laborales. [5].

Así mismo se utiliza el método de la Dr. Suzanne Rodgers llamado Método SUSAN RODGERS (Rodgers Muscle Fatigue Analysis), el cual se analizó y se encontró que era el más adecuado ya que este método mide la mayor parte del cuerpo ya que permite predecir la fatiga muscular provocada por la interacción del nivel de esfuerzo, la duración del esfuerzo antes de la relajación y la frecuencia de activación de los músculos por minuto para cada grupo muscular. [1].

2.2 Método de Tiempos Predeterminados (MODAPTS)

El sistema MODAPTS mide el tiempo que toma hacer un trabajo sin medir cada movimiento individual, con tanta fuerza que en la actualidad se impone en las industrias, oficinas y hospitales. [5].

En MODAPTS todo el sistema está basado en el simple hecho que todos los movimientos del cuerpo pueden ser expresados en términos múltiples de una sola unidad llamada MOD. Esta unidad 0.129 segundos. [5].

Los códigos MODAPTS han sido mantenidos simples con el propósito de que puedan ser aprendidos y recordados fácilmente, a la vez para que mantengan un uso universal lo que implica que puedan ser aplicados en cualquier lugar. [5].

Las letras utilizadas por MODAPTS están directamente relacionadas con las acciones que describen por lo que son más fáciles de recordar que las equivalentes en sistemas comparables y retienen el mismo nivel de precisión. Los números utilizados en los códigos MODAPTS indican el tiempo que necesita la parte del cuerpo que realiza la acción para ejecutarla a un ritmo confortable que podrá mantenerse durante una jornada laboral completa como parte de un ciclo de trabajo. [6].

Este método de tiempo predeterminado es utilizado para el cálculo de los estándares fiables de producción, eliminando los residuos, mejorando la productividad de una organización, análisis de la eficiencia del departamento y la mejora de relaciones con los empleados. [7].

2.3 Método de Evaluación Ergonómica SUSAN RODGERS

El análisis de la fatiga muscular fue propuesto por la Dr. Suzanne Rodgers como un medio para evaluar la cantidad de la fatiga que se acumula en los músculos durante los patrones de trabajo diferentes dentro de los 5 minutos de trabajar. La hipótesis era que un músculo rápidamente su fatiga es más susceptible a las lesiones y la inflamación. El formato y el método de SUSAN RODGERS facilitan la valoración sistemática de funciones permitiendo la identificación de labores que presentan posibilidades de riesgo ergonómico, señalando la urgencia de cambio del componente respectivo respecto a la función. [1].

Cada uno de los parámetros: esfuerzo, duración y la frecuencia, se evalúan individualmente, en una escala del 1 al 4, para cada parte del cuerpo. [3].

Los niveles de esfuerzo se valoran como Ligeros (1), Moderados (2), Fuertes (3), muy Fuerte (4) basándonos en descripciones cualitativas para las distintas partes del cuerpo. La duración es el tiempo que un músculo permanece activo de manera continua. La duración se valora con 1, 2, 3, 4 para cada grupo de músculos. La duración del esfuerzo debe ser medida sólo para el nivel de esfuerzo que está siendo evaluado. Si el nivel de esfuerzo cambia, se considerará sólo la duración del nivel de esfuerzo original. Se analiza el trabajo para ver a cuál de estas categorías corresponde el estrés muscular habitual para cada uno de los grupos de músculos. Si los valores están cerca de la frontera de una categoría, se tomará la categoría más alta. La frecuencia se mide para un grupo de músculos dado y para un nivel de esfuerzo específico. Este método no es apropiado para evaluar tareas de alta frecuencia (más de 15 esfuerzos por minuto). Para trabajos en los que los músculos están activos varias veces por minuto debido a una tarea muy repetitiva, incluso esfuerzos de corta duración puede ser un problema. [3].

Por consiguiente si el nivel de esfuerzo es lo suficientemente alto que la mayoría de trabajadores no lo pueden lograr, si la duración esfuerzo continuo es mayor que 30

segundos, o si la frecuencia es superior a 15 / min, entonces hay razón suficiente para asignar una muy alta prioridad para el cambio. [1].

Así mismo el método para el análisis de trabajo es más apropiado para evaluar el riesgo para la acumulación de la fatiga en tareas que se realizan durante una hora o más y donde las posturas forzadas o esfuerzos frecuentes están presentes. Con base en el riesgo de la fatiga, una prioridad para el cambio puede ser asignado a la tarea. [1].

El formato y el método de SUSAN RODGERS facilitan la valoración sistemática de funciones permitiendo la identificación de labores que presentan posibilidades de riesgo ergonómico, señalando la urgencia de cambio del componente respectivo respecto a la función. [1].

El método de evaluación ergonómica identifica las tareas que conllevan riesgo ergonómico para los distintos grupos musculares y establece la urgencia (baja, moderada, alta, muy alta) de la acción correctiva para situar al puesto en niveles ergonómicamente aceptables. A partir de la valoración del riesgo para cada grupo muscular el evaluador podrá determinar las acciones correctivas más adecuadas, prestando especial atención a la corrección de la actividad de los grupos musculares para los que se haya obtenido una prioridad de cambio alta. [3].

3 Selección del modelo

Se decidió trabajar con MODAPTS porque a través de este método, se puede estudiar los movimientos del cuerpo, para encontrar el movimiento inútil de los trabajadores, simplificar los métodos de trabajo, reducir la fatiga de trabajo y la intensidad del trabajo, ahorro de tiempo y movimientos seguros. [8].

El método SUSAN RODGERS es apropiado para la evaluación puestos caracterizados por la repetitividad cuando la frecuencia del esfuerzo observado se encuentra entre 1 y 15 esfuerzos por minuto, llegando a su mayor precisión en el establecimiento de probabilidades de fatiga en esfuerzos que se realizan entre 1 a 10 por minutos. [9].

Ya que no se cuenta en la actualidad con un Método que evalúe MODAPTS junto al Método SUSAN RODGERS, ya que los elementos que analiza MODAPTS cuentan con bastante similitud con los factores que analiza la evaluación ergonómica.

4 Conclusiones

Esta combinación se ha realizado con la metodología ERGOMOST ya que esto consiste en una innovación al método MOST el cual usa un modelo biomecánico para calcular el estrés de empujar/ jalar y levantar, para resaltar las posturas incómodas y movimientos repetitivos del cuerpo y para cuantificar el riesgo relativo en el trabajo, mediante índices de estrés ergonómico. [4]. Se ha realizado una serie de investigaciones basados en estudio de tiempos predeterminados como son cuales existen, así como también un estudio principalmente del método a utilizar MODAPTS.

Así mismo se ha realizado un estudio de los métodos de evaluación ergonómica dando como resultado el más adecuado para la fusión de esta investigación el método SUSAN RODGERS, ya que este es el más adecuado ya que se encontró con una similitud con el método predeterminado mencionado. La etapa de aplicación de la metodología a utilizar está en proceso, así como la experimentación.

5 Bibliografía

1. Chengalur, S. E., Rodgers, S. H., & Bernard, T. E. Kodak's Ergonomic Design for People at Work. Canada: Wiley. 2004.
2. Perez, J.. Virtual Human Factors Tools for Proactive Ergonomics: Qualitative Exploration And Method Development. Digital Commons @ Ryerson, 2011
3. Villalobos, A. R., & Ripoll, F. S. Clasificación y Analisis de Puestos de Trabajo atendiendo a la Fatiga Muscular en una línea de montaje de atomoviles. V Congreso de Ingenieria de Organizacion. Valladolid, 2003.
4. Niebel, B. W., & Freivalds, A. Ingenieria Industrial Metodos, Estandares y Diseño del Trabajo. Mexico: Alfaomega, 2007.
5. Criollo, R. G. Estudio del Trabajo: Ingenieria de Métodos y Medicion del Trabajo. Mexico: Mc Graw Hill, 2005.
6. Heyde, C. Modular Arrangement of Predetermined Time Standards. MODAPTS Manual, 1990.
7. Sun, X. F., Cheng, G., & Li, W. Study on Work Improvement in a Packaging Machine Manufacturing Company. School of Mechanical and Electronic Engineering , 1155-1159, 2009.
8. Dong, Q., Kan, S., & Huang, Z. (The Assembly Task Man-Hour Estimate Model Based on Primitives and Work Study. Chinese Control and Decision Conference., Shanghai China. (pág. 6), 2008.
9. Asensio-Cuesta, S. Metodología para la generación de agendas de rotación de puestos de trabajo desde un enfoque ergonómico mediante algoritmos evolutivos. Universidad Politecnica de Valencia , Valencia, 2009.

Vibraciones en Extremidades Superiores: Aplicación de la Norma Oficial Mexicana NOM-024-STPS-2001

Yoselinda López Montiel¹, Enrique Javier De la Vega Bustillos¹

¹Instituto Tecnológico de Hermosillo
División de Estudios de Posgrado e Investigación
yoselindalm@gmail.com, en_vega@ith.mx

Resumen. La exposición ocupacional a las vibraciones es común, particularmente cuando se está en contacto con máquinas, vehículos y equipo que producen vibraciones en el lugar de trabajo. Una persona está expuesta a la vibración cuando entra en contacto con la fuente directa, la cual usualmente transmite la energía al cuerpo humano a través de las manos o los pies. La importancia de la vibración en términos de exposición ocupacional, es porque es capaz de causar enfermedades musculoesqueléticas, en la medida en que la vibración se pueda controlar la enfermedad podrá ser prevenida.

Palabras clave: Vibración, herramientas, extremidades superiores, acelerómetro

1 Introducción

La vibración es un movimiento oscilatorio simple o complejo. La exposición ocupacional a las vibraciones es común, particularmente cuando se está en contacto con máquinas, vehículos y equipo que producen vibraciones en el lugar de trabajo. Una persona está expuesta a la vibración cuando entra en contacto con la fuente directa, la cual usualmente transmite la energía al cuerpo humano a través de las manos o los pies. La vibración en manos y los brazos es transmitida por las manos a través del contacto directo con la fuente de vibración [1].

1.1 Planteamiento del problema

Se sabe con base en estudios realizados en Estados Unidos [2], que el síndrome de vibraciones en manos y brazos es una enfermedad ocupacional común. En México no existen informes por parte de la Secretaría de Trabajo y Previsión Social (STPS) acerca de reportes de este tipo de síndrome en años anteriores [3].

1.2 Objetivo

El objetivo de esta investigación es el de aplicar la Norma Oficial Mexicana NOM-024-STPS-2001, la cual establece los límites máximos permisibles de exposición así como las condiciones mínimas de seguridad con las que deben de contar los centros de trabajo donde se generen vibraciones en extremidades superiores.

1.3 Justificación

Conocer los efectos que ocasiona en las extremidades superiores la exposición a herramientas o trabajos que generen vibraciones excesivas o fuera de lo que se establece en la Norma Oficial Mexicana NOM-024-STPS-2001, ayudará a prevenir enfermedades tales como el HAVS, así como la pérdida de destreza y coordinación al desempeñar tareas

2 Marco teórico

Según la NOM-024-STPS las vibraciones son movimientos periódicos u oscilatorios de un cuerpo rígido o elástico desde una posición de equilibrio. Las vibraciones en extremidades superiores son el fenómeno físico que se manifiesta por la transmisión de energía mecánica por vía sólida, en el intervalo de frecuencias desde 8 hasta 1600 Hz, a las extremidades superiores del personal ocupacionalmente expuesto. De acuerdo con la NOM-024-STPS-2001 dependiendo del tiempo de exposición, se establecen los valores máximos permitidos de aceleración ponderada, mismos que deben calcularse [4].

Tabla 1. Límites permisibles de vibración

Tiempo total de exposición a vibraciones, en horas	Valores cuadráticos medios dominantes de la componente de las aceleraciones de frecuencia ponderada que no deben excederse (*)
	a_k , en m/s^2
De 4 a 8	hasta 4
De 2 a 4	hasta 6
De 1 a 2	hasta 8

Menor de 1	hasta 12
------------	----------

2.1 Procedimientos de evaluación de las vibraciones

De acuerdo con lo establecido en NOM-024-STPS-2001, además de los instrumentos de medición, se requiere que los instrumentos de medición cuenten con documentación de calibración por parte de un laboratorio certificado. La norma también indica que los puntos de medición se deben localizar en las asas o manerales de las herramientas y equipo. En cada punto de medición, se

localizan tres ejes ortogonales, cercanos al punto de contacto de las vibraciones con la mano, de acuerdo a los sistemas de coordenadas biodinámicas y basicéntricas, en los que se realizan las mediciones continuas de la aceleración y se registran al menos durante un minuto, en cada una de las bandas de tercios de octava [4].

3 Metodología

El experimento se llevó a cabo en el campo y no en un laboratorio debido a que el objetivo de esta investigación es la aplicación de la Norma Oficial Mexicana. El objetivo de la norma es establecer los límites máximos permisibles de exposición y las condiciones mínimas de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se generen vibraciones que, por sus características y tiempo de exposición, sean capaces de alterar la salud de los trabajadores. Debido a esto, se siguió el programa para la prevención de alteraciones a la salud del personal ocupacionalmente expuesto [4].

Se tomaron las mediciones en el departamento de pintura de la industria automotriz, en cuatro áreas en las que se utilizan herramientas neumáticas manuales (lijadora y pulidora) que generan vibraciones y las transmiten al cuerpo humano mediante el uso de las mismas. En las operaciones analizadas el técnico de producción inspecciona la unidad visualmente y marca con cinta adhesiva los defectos, después procede a la reparación de los mismos mediante el uso de la herramienta. Para tomar las mediciones se utilizó un acelerómetro, el cual se colocó debajo del guante que el técnico utiliza para trabajar y sobre la mano, en el nudillo del dedo medio, se tomaron mediciones de tres unidades, el operador no utiliza las herramientas en todas las unidades, únicamente en las que puede reparar, por lo que se tomó medición de estas unidades, de tal manera que el estudio se realizará bajo las condiciones normales de operación.

Se realizó un muestreo de trabajo para saber el tiempo real de uso de la lijadora y la pulidora, una vez determinado esto, se calculó el tiempo real de operación de la siguiente forma: el acelerómetro arroja las mediciones en g, por lo que los datos que se tomaron se multiplicaron por el valor de la gravedad, una vez obtenidos estos valores para cada una de las estaciones, se tomaron los datos del muestreo de trabajo para obtener el valor real de la aceleración de un turno completo. Una vez obtenidos esta información se comparó

contra los límites permisibles que establece la norma. En la siguiente tabla se muestran los resultados del análisis de una de las estaciones.

Tabla 1. Análisis para la estación 66A RH

Estación 66A RH			
Promedio de la aceleración en 9 minutos	Horas por turno	Utilización de la herramienta por turno	Total de la aceleración en el turno completo
10.34	7.67	1.03	1.054027

El tiempo que utiliza las herramientas por turno está entre 1 hora y menos de dos horas y el límite permisible para ese rango en m/seg^2 es de 8, y de 0.81 en g, por lo que, el resultado de 1.05 g excede la aceleración permitida por la Norma Oficial

4 Conclusiones

Las mediciones arrojaron datos de los tres ejes mismos que se multiplicaron por la aceleración para obtener el componente de aceleración, dichos resultados fueron analizados estación por estación tomando en cuenta el tiempo real de exposición mediante el muestreo de trabajo. Algunas de las estaciones presentan límites superiores a lo establecido por la Norma Oficial Mexicana, por lo que la empresa debe seguir el programa de vigilancia a la salud.

6 Referencias

- 1 S. H. R. T. E. B. Somadepati N. Chengalur, Kodak's Ergonomic Design for People at Work, New Jersey: Eastman Kodak Company, 2004.
- 2 NIOSH, «Criteria for a Recommended Standard: Occupational Exposure to Hand-Arm Vibration,» NIOSH, Cincinnati, Ohio, 1989.
- 3 IMSS, «Memorias estadísticas del IMSS,» 2007.
- 4 STPS, «Norma Oficial Mexicana NOM-024-STPS-2001,» Diario Oficial de la Federación, Mexico, D.F., 2002.

Propuesta de una estrategia basada en la salud ocupacional para el mejoramiento de la productividad en un taller de carrocería.

Amina Marín Martínez, Alvin Castro Estrada

Universidad de Sonora, Departamento de Ingeniería Industrial, Rosales y Blvd. Luis Encinas S/N,
C. P. 83000, Hermosillo, Sonora, México.
amarin@industrial.uson.mx, kastro_e@hotmail.com

Resumen. El contenido de este trabajo pretende mostrar la necesidad de generar y evaluar propuestas que permitan reducir o eliminar factores de riesgo relacionados con las características físicas, funcionales y organizacionales de los puestos de trabajo, de forma que las actividades que se lleven a cabo en el taller de carrocería sean más eficientes, seguras y productivas, promoviendo mantener un alto grado de bienestar físico, mental y social en el trabajador.

Palabras clave: Salud ocupacional, ergonomía, productividad.

1 Introducción

Las condiciones de trabajo son uno de los indicadores más importantes para medir el nivel de salud, bienestar y satisfacción además de colaborar en el incremento de la productividad en el campo de trabajo. El desarrollo de la actividad laboral en condiciones adecuadas es una de las prioridades que nuestra sociedad debe considerar si quiere llamarse avanzada, entendiéndose por esto, ser una sociedad que ha alcanzado un alto grado de desarrollo social, económico, cultural y político.

Aun cuando la seguridad y la higiene en los centros de trabajo han sido abordadas de manera más notable en los últimos años, los problemas asociados a condiciones ergonómicas inadecuadas en el trabajo han adquirido mayor importancia debido al incremento en las estadísticas sobre riesgos laborales. De acuerdo a las memorias estadísticas del Instituto Mexicano del Seguro Social, IMSS, en el estado de Sonora se ha generado un aumento del trece por ciento en el número de trastornos de tipo músculo-esqueléticos entre los trabajadores, al pasar de un total de 18,065 casos en el año 2009 a 20,456 sucesos en el año 2011[1-2].

La ocurrencia de este tipo de riesgos se asocia principalmente a las condiciones no ergonómicas en los centros de trabajo, situación que pudiera estar presentándose también en los talleres de reparación de automóviles.

Amina Marín Martínez, Alvin Castro Estrada, *Propuesta de una estrategia basada en la salud ocupacional para el mejoramiento de la productividad en un taller de carrocería*, en: Mario Barceló-Valenzuela, Alonso Pérez-Soltero, Oscar Mario Rodríguez-Eliás, María Trinidad Serna-Encinas (Eds.), *Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora*, pp.102 - 107, 2012.

La mejora de las condiciones de trabajo, no debe considerarse como una cuestión de poca importancia. La adecuación del espacio donde labora la persona debe ser un factor esencial de la organización, que asocia un mejor trabajo (mayor productividad, mejor competitividad) y una sustancial reducción en costos por incapacidades y accidentes laborales [3].

2 Marco Teórico

2.1 Salud ocupacional

El tema de la salud ocupacional, aborda la identificación, evaluación, y control de los riesgos de trabajo que pueden causar enfermedades o accidentes entre los empleados y tiene como finalidad promover y mantener el más alto grado de bienestar físico, mental y social [4].

La Organización Mundial de la Salud aprobó el Plan Global de Acción Sobre la Salud de los Trabajadores (GPA, por sus siglas en inglés) para el período 2008-2017, tomando como base la estrategia mundial de salud ocupacional para todos y reconociendo las recomendaciones de la Cumbre de Johannesburgo, en 2002, sobre el refuerzo de la labor de la OMS en el ámbito de la salud ocupacional y su vinculación con la salud pública, así como, el Marco Promocional para la Seguridad y Salud en el Trabajo 2006, y otros instrumentos internacionales relativos a la seguridad y salud en el trabajo, adoptados por la Conferencia General de la Organización Internacional del Trabajo OIT, en este documento, se incluyen la prevención primaria de riesgos ocupacionales y la protección y promoción de la salud en el trabajo, los cuales considera determinantes sociales y propone para la mejora en el desempeño de los sistemas de salud, colocando entre sus objetivos principales el de proteger y promover la salud en el lugar de trabajo [5]. Todo lo anterior teniendo siempre presente lo importante que es destacar que la salud de los trabajadores es un requisito fundamental para la productividad y el desarrollo económico de nuestra sociedad.

2.2 Ergonomía y productividad

El objetivo de la ergonomía es principalmente optimizar condiciones de trabajo, la salud, la seguridad y la eficacia del trabajador. La aplicación de principios ergonómicos sin embargo, no sólo es beneficiosa para los trabajadores. Los beneficios para los empresarios son igualmente importantes y son visibles y medibles en términos de una mayor eficiencia, mayor productividad, reducción de horas de trabajo perdidas por enfermedad o lesión y la disminución de los costos de seguro contra riesgos de trabajo [4].

Un aspecto muy importante de la ergonomía es que está centrada en las personas. Por ello, la ergonomía estudia las reacciones, capacidades y habilidades de los trabajadores, de manera que se pueda diseñar su entorno y elementos de trabajo ajustados a estas

capacidades y que se consigan condiciones óptimas de confort y eficacia productiva. Una de las consecuencias más visibles de la falta de condiciones ergonómicas en el puesto de trabajo son las lesiones músculo-esqueléticas, las cuales suelen ser de carácter progresivo, manifestándose al principio como molestias o dolor en ciertas partes del cuerpo (espalda, cuello, brazos, etc.) y evolucionando posteriormente hacia lesiones como tendinitis, túnel carpiano, entre otras, si no se mejoran las condiciones ergonómicas del trabajo [3].

2.3 Pymes

De acuerdo al Instituto Nacional de Estadística y Geografía, las micro, pequeñas y medianas empresas, tienen una gran importancia en la economía, en el empleo a nivel nacional y regional. En México, las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas representan más del 95% del total de las empresas del país y en ellas laboran aproximadamente el 90% de los trabajadores [6].

Con base en investigaciones previas, se encontró que en este tipo de empresas (PyMES) no se le ha dado la suficiente importancia a la implementación de programas formales para el cuidado de la salud y la seguridad de los empleados [7].

2.4 Riesgos ocupacionales en talleres de carrocería

De acuerdo con el Centro de Experimentación y Seguridad Vial, un taller de carrocería es el lugar donde se reparan los daños o desperfectos que pueden presentar los elementos que componen la carrocería de un automóvil, así como de sus accesorios [8]. Las operaciones para corregir los desperfectos están basadas principalmente, en procesos de reparación y pintado de las piezas afectadas y en la sustitución de aquellas que no pueden ser reparadas.

En México, una gran cantidad de trabajadores está expuesto a riesgos físicos, químicos, biológicos, psicosociales y ergonómicos en el lugar de trabajo. Para muchas de esas personas, a menudo existe la posibilidad de efectos combinados al coincidir dos o más factores de riesgo en una situación de trabajo [9].

En una investigación realizada por Zavala, se demostró que en el sistema conformado por los talleres de carrocería de la ciudad de Hermosillo, Sonora, se generan este tipo de factores los cuales pueden llegar a tener un efecto adverso en la salud del trabajador [10].

3 Descripción del problema

En los talleres de carrocería, los trabajadores están expuestos a riesgos físicos, químicos, biológicos, psicosociales y ergonómicos, los cuales generan riesgo de exposición combinada y pueden perjudicar su salud, disminuir su productividad, o generar un incremento de horas de trabajo perdidas por enfermedades o lesiones, además de

incrementar los costos involucrados en el logro de espacios saludables entre otros aspectos económicos y afectar la calidad del servicio brindado al cliente.

4 Desarrollo de la solución

La investigación se enfocará principalmente en los riesgos ergonómicos de acuerdo al modelo conceptual para implementar estrategias de producción sustentable con énfasis en la salud ocupacional planteado por Marín [7]. Este modelo se compone de dos dimensiones, la externa y la interna, planteándose en la última entre otros aspectos, el abordaje de las condiciones de trabajo, en un nivel primordial del modelo.

En la figura 1 se muestra el rubro correspondiente a las condiciones de trabajo que pertenecen a la dimensión interna del modelo que se aplicará.

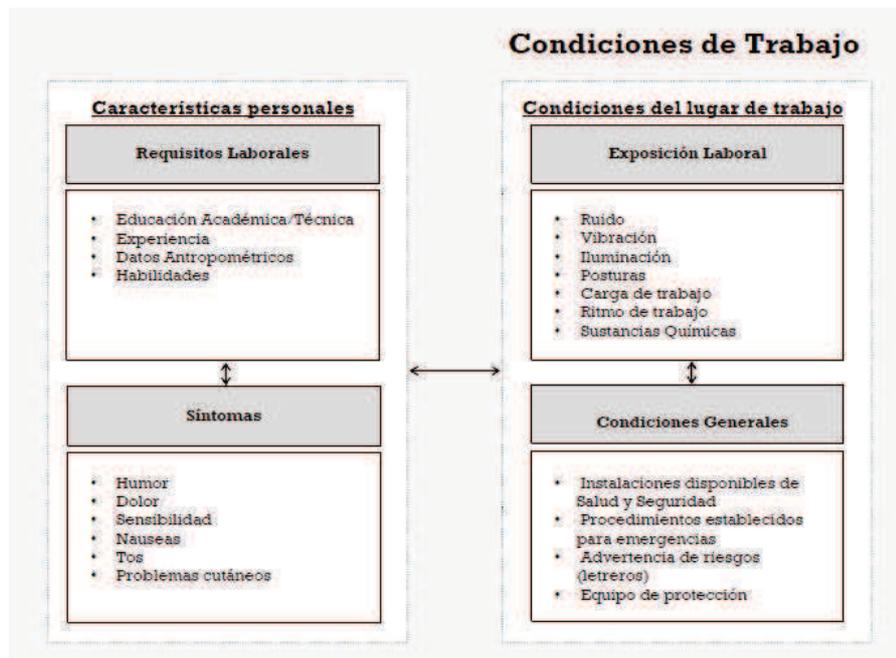


Fig. 1. Condiciones de trabajo del modelo conceptual de producción sustentable.

En las condiciones de trabajo contempla los principales aspectos que pueden alterar las condiciones de salud y seguridad adecuadas en la empresa, en donde destacan: las características personales del empleado que labora o que laborará en el área y las condiciones de la estación de trabajo donde se realiza la tarea.

Debemos tener en cuenta que el objetivo principal en este modelo es la reducción o eliminación de riesgos, lo cual también trae como consecuencia un incremento de la eficiencia y la satisfacción del trabajador.

Para lograr lo anterior es necesario recolectar información que sea útil, considerando:

- Percepción de los trabajadores implicados: conocer sus puntos de vista (quejas, sugerencias, aportaciones, etc.)
- Explorar el estado del arte sobre problemas relacionados con los riesgos existentes en el taller.

Posteriormente será necesario establecer si existe relación entre los problemas detectados y puestos de trabajo en específico, de ser así, se iniciará una evaluación a detalle.

Uno de los pasos más importantes es la elección de los métodos o técnicas que permitan realizar la evaluación de los puestos de trabajo. Se empieza realizando listas de comprobación sencillas y si es necesario se procede a implementar metodologías específicas.

Para realizar una evaluación efectiva es necesario el apoyo del director del taller y el involucramiento de los trabajadores en el proceso, lo cual permite identificar problemas existentes, buscar e implementar soluciones razonables en cuanto a costos y compatibilidad con la actividad y evaluar los resultados de todo el proceso.

La evaluación de los aspectos ergonómicos del trabajo es el paso necesario para que las modificaciones que se realicen sean efectivas, permitan la reducción de los riesgos existentes, mejoren el desempeño e incrementen la satisfacción y motivación de los trabajadores [3].

Para la evaluación de las propuestas se contemplarán indicadores ergonómicos de impacto en la salud, área afectada, costo y tiempo de implementación, por mencionar algunos.

5 Resultados

Se pretende llegar a generar propuestas de mejora para la organización, las cuales, por razones de costos y tiempos involucrados en la implementación de las mismas, no necesariamente se podrán aplicar el total de ellas, sin embargo, serán evaluadas para demostrar su efectividad y se generará un comparativo entre la situación actual y las propuestas planteadas para mejorar la condición actual.

6 Conclusiones

La implementación de soluciones basadas en un modelo conceptual con enfoque en la salud ocupacional buscará ser una herramienta que permita detectar riesgos para el

trabajador y realizar propuestas para reducirlos o eliminarlos con la finalidad de mejorar las condiciones productivas dentro del taller de carrocería.

7 Bibliografía

1. IMSS, <http://www.imss.gob.mx/estadisticas/Pages/memoriaestadistica2009.aspx>
2. IMSS, <http://www.imss.gob.mx/estadisticas/financieras/Pages/memoriaestadistica.aspx>
3. Ferreras, A., López, A., Piedrabuena, A., Oltra, A., Ruiz, R.: Ergonomía y PYMES especial referencia al sector de talleres de reparación de automóviles. Secretaría de Salud Laboral de la UGT-CEC, Madrid 2011.
4. OMS.: Entornos laborales saludables: Fundamentos y modelo de la OMS. Organización Mundial de la Salud, Ginebra 2010.
5. OMS.: Worker's health: global plan of action. In: 60th World Health Assembly. Geneva, 2007.
6. INEGI.: Micro, Pequeña, Mediana y Gran Empresa Estratificación de los establecimientos. INEGI, México 2011.
7. Marín, A.: Producción sustentable: un enfoque de salud ocupacional para la productividad en la industria de autopartes en la ciudad de Hermosillo, Sonora. Universidad Autónoma de Baja California 2010.
8. CESVI.: Manual de prevención de riesgos en las carrocerías, México 2010.
9. COFEPRIS, <http://www.cofepris.gob.mx/cofepris/Documents/QueEsCOFEPRIS/prgacion.pdf>
10. Zavala, A.: Diseño de un sistema de servicios sustentables para los talleres de carrocería en México. Universidad Autónoma de Baja California 2012.

El Burnout de los estudiantes de posgrado: Enfermedades que se reflejan por sus consecuencias

Carlos Aarón Reyes Ortega, Jaime A. León Duarte

Universidad de Sonora, Departamento de Ingeniería Industrial, Rosales y Blvd. Luis Encinas S/N,
C. P. 83000, Hermosillo, Sonora, México.
Carlos.a_reyes.o@hotmail.com, jleond@industrial.uson.mx

Resumen. La globalización ha obligado a las organizaciones a mejorar sus servicios motivándolas a identificar los mejores candidatos de trabajo que, en condiciones adecuadas pueden dar lo mejor de sí en sus actividades. En 1986 el Burnout fue expuesto como un síndrome de agotamiento emocional, cinismo e ineficacia. Los dos primeros mencionados surgen por sobrecarga de trabajo y conflictos sociales relacionándose con el abandono o bajo rendimiento en estudiantes que realizan un posgrado. El presente estudio se realizó en una universidad de Hermosillo Sonora México, bajo una muestra estratificada de 49 estudiantes de maestría y doctorado de las Divisiones de Ciencias de Ingeniería y la División de Ciencias Exactas Y Naturales. Se realizó un análisis factorial exploratorio por componentes principales y rotación Varimax determinando la validez de un constructo y posteriormente un estudio de niveles de Burnout y su relación con enfermedades en estudiantes obteniendo resultados sobre las condiciones en que terminan.

Palabras clave: Burnout, Validación, análisis factorial, estrés, Maslach Burnout Inventory.

1 Introducción

[1] El síndrome Burnout como un estado en el que se combinan la fatiga emocional, física y mental, sentimientos de impotencia e inutilidad, sensaciones de sentirse atrapado, falta de entusiasmo por el trabajo y una baja autoestima.

La idea del presente estudio es aplicar el modelo de Maslach y Jackson MBI-GS, (Maslach Burnout Inventory-General Survey) en estudiantes de posgrado para conocer los efectos que el Burnout que conllevan a otras enfermedades dejando un desgaste en los sujetos que provoca consecuencias negativas tanto para ellos como para la organización en que desarrolla sus estudios e incluso, posiblemente para la organización en que laborará al terminar su posgrado.

Carlos Aarón Reyes Ortega, Jaime A. León Duarte, *El Burnout de los estudiantes de posgrado: Enfermedades que se reflejan por sus consecuencias*, en: Mario Barceló-Valenzuela, Alonso Perez-Soltero, Oscar Mario Rodríguez-Eliás, María Trinidad Serna-Encinas (Eds.), Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora, pp.108 - 115, 2012.

Es importante enfatizar que un estudio de Burnout puede incluso detectar en los sujetos la buena intención de cumplir con sus actividades o posiblemente la intención de abandonar sus trabajos o estudios.

2 Marco Teórico

El Burnout es un proceso en el que las actitudes y conductas profesionales cambian de forma negativa dado al estrés laboral. Este síndrome se relaciona con enfermedades físicas que disminuyen el desempeño en las personas, éstas son más comunes en los sujetos con Burnout, a lo que la prevalencia de esas enfermedades aumenta si los síntomas del síndrome se vuelven más severos. Este artículo presenta una validación por medio de un análisis factorial, su objetivo es simplificar la información que nos da una matriz de correlaciones para hacerla más fácilmente interpretable. Se pretende encontrar una respuesta a esta pregunta: ¿Por qué unas variables se relacionan más entre sí y menos con otras? La respuesta hipotética es porque existen otras variables, otras dimensiones o factores que explican por qué unos ítems se relacionan más con unos que con otros. Se trata en definitiva de un análisis de la estructura subyacente a una serie de variables de un constructo. Éste último, es una construcción teórica que se desarrolla para resolver un cierto problema científico.

2.1 Que es el Burnout?

La propuesta conceptual [2] y [3] se ha consolidado como la definición clásica del síndrome de Burnout considerándose como un síndrome integrado por tres síntomas:

- A. Cansancio emocional: ya que la persona se siente emocionalmente exhausta, agotada en sus esfuerzos por hacer frente a la situación.
- B. Cinismo o despersonalización: dimensión caracterizada por una respuesta impersonal, fría y cínica hacia los beneficiarios que reciben un servicio o hacia la actividad que se realiza.
- C. Ineficacia profesional: en la que el profesional experimenta sentimientos de incompetencia y fracaso en el desarrollo del trabajo.

El síndrome de Burnout aparece en individuos normales y se caracteriza por agotamiento emocional, acompañado de distrés¹, sentimientos de reducida competencia y poca motivación.

¹ Es El distrés hace referencia a dichos resultados y/o consecuencias del estrés y sus efectos a largo plazo, considerado distintos niveles, como son el fisiológico, el psicológico, el comportamental y el organizacional [9].

2.2 Burnout en estudiantes

Las investigaciones y trabajos que desarrollan a menudo los estudiantes de niveles como maestrías y doctorados son mucho muy importantes. Sin embargo, una pregunta a analizar es: ¿han recibido estos estudiantes la suficiente atención relacionada con sus niveles de Burnout?, ¿Cuanto perturban los efectos de Burnout a su desempeño profesional?, ¿Se han utilizado indicadores para predecir el desgaste profesional para conocer las condiciones en las que llegan a sus campos de trabajo después de graduarse y convertirse en profesionales según sus especialidades?

Como hemos mencionado, el Burnout es un estado negativo de agotamiento físico, emocional y mental que se acompaña de un profundo sentimiento de fracaso [2], y que tiene consecuencias muy negativas tanto para la persona como para la organización en la que desempeña su rol profesional [4]. Algunas investigaciones argumentan que los estudiantes universitarios están del nivel medio hacia arriba en los niveles superiores de Burnout [1]. Incluso, Existen de investigación han mostrado que si hay resultados en el medio ambiente de Burnout tras esperar el ofrecimiento de valiosos premios u oportunidades, los estudiantes y sus profesores pueden terminar quemados [5].

En otras investigaciones también se señalaban que los estudiantes con Burnout a menudo carecían de atención y se aburrían por la rutina de las clases. El agotamiento en los estudiantes puede llevar a un mayor ausentismo, una baja motivación para hacer los cursos requeridos, un porcentaje más alto de abandono en la universidad y así sucesivamente [6].

3 Descripción del problema

Las actitudes y conductas en el nivel profesional de estudios influyen de forma negativa cuando hay efectos del Burnout, distorsionan el esfuerzo esperado provocando la tendencia al abandono de los estudios y bajo rendimiento al realizar investigaciones que se requieren para la conclusión de un nivel de posgrado.

4 Medición de Burnout

El concepto “Burnout” se ha desarrollado en todo tipo de profesionistas y grupos ocupacionales, profesionistas de la salud, educación y trabajadores sociales, todos estos de cualquier organización, además de considerar también al pre-ocupacional Burnout académico. La publicación del MBI-SS, creado por Maslach y Jackson en 1981 (Burnout Inventory-Student Survey) de Schaufeli expuesta por: [7] según cita [8], hizo posible estudiar el Burnout fuera del ámbito ocupacional al definir sus dimensiones en referencia al “estudio” y han puesto de manifiesto la necesidad de estudiar el Burnout académico. Este cuestionario mide la frecuencia e intensidad del Burnout.

Este sistema de evaluación ha demostrado cumplir adecuadamente los criterios sobre validez divergente exigidos a los instrumentos de evaluación adaptada por [10] según cita [8]. La forma más actualizada del MBI y la más utilizada es empleando un sistema de respuestas que registra la frecuencia que el sujeto experimenta los sentimientos expresados en cada artículo. Cabe señalar que en muchos estudios han apreciado reflexiones y críticas acerca del concepto de Burnout que repercute, lógicamente, en la validez del MBI como instrumento adecuado de medida [10] citado en [8].

5 Análisis factorial

La validez del constructo se puede verificar mediante el análisis factorial, que es una técnica cuyo propósito es definir la estructura subyacente de un conjunto de datos, de tal manera que analiza la estructura de correlación entre las variables a través de la definición de una serie de dimensiones subyacentes llamadas factores. Esto se realiza con un doble fin: el resumen y la reducción de los datos. A la hora de resumir se obtienen unas dimensiones que cuando son interpretadas describen los datos de una manera más sencilla; con respecto a la reducción, se pueden obtener los cálculos de las puntuaciones para cada dimensión y sustituirlos por las variables originales. Al aplicar un análisis factorial a las respuestas de los sujetos, permite encontrar posiblemente grupos de variables con significado común, reduciendo de ésta manera el número de indicadores necesarios para explicar las respuestas de los sujetos [11].

Las correlaciones parciales son estimaciones de la correlación entre los factores únicos y deberían ser próximos a cero cuando el análisis factorial es adecuado, ya que estos factores se supone que están intercorrelacionados entre sí. Una forma de evaluar este hecho es mediante la Medida de Adecuación de la Muestra KMO propuesta por Kaiser, Meyer y Olkin, quienes aconsejan que si el índice $KMO \geq 0.75$ la idea de realizar un análisis factorial es buena, si $0.75 > KMO \geq 0.5$ la idea es aceptable y si $KMO < 0.5$ es inaceptable. Para nuestro caso se presentó el presente resultado:

KMO y prueba de Bartlett		
Medida de adecuación		0.690
Prueba de esfericidad de Bartlett	Chi-cuadrado aproximado	404.812
	gl	120.000
	Sig.	0.000

Fig. 1. KMO en Burnout

Al desarrollar el análisis factorial exploratorio por componentes principales y rotación Varimax con los datos obtenidos de Burnout expuestos por una muestra de 49 estudiantes

de una universidad de la ciudad de Hermosillo, en la estado de Sonora, en las Divisiones de Ingeniería y Ciencias Exactas y Naturales, mediante el paquete estadístico SPSS Statistics 20, se encontró que las variables o ítems se distribuyeron como lo muestra la figura 2 en cada uno de los factores.

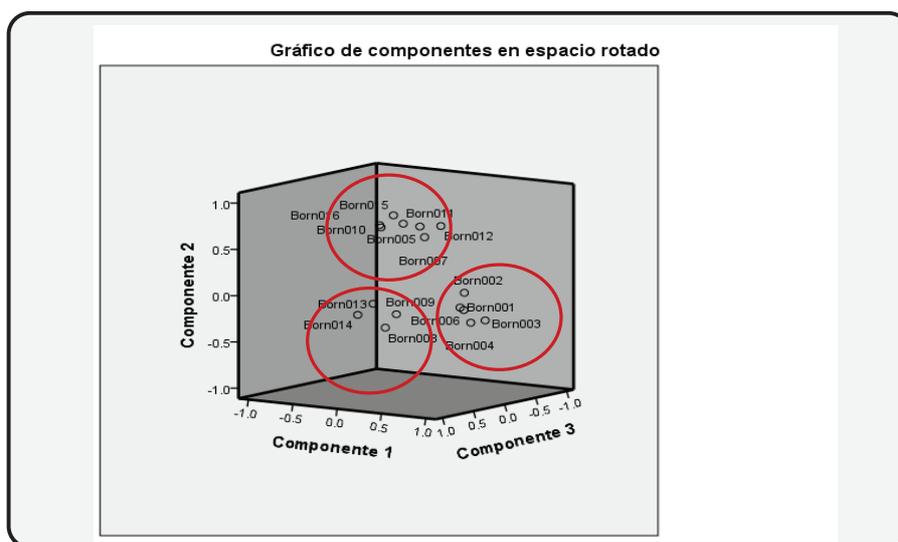


Fig. 2. Componentes Rotados A 3 Factores De Burnout

Una vez hecho el ajuste factorial, en conclusión el primer factor está compuesto por los ítems 1, 2, 3, 4, y 6, que corresponden a la dimensión de Agotamiento Emocional (AE). En el segundo factor correspondientes a la dimensión de Cinismo (CI se observa que está compuesto por los ítems 5, 7, 10, 11, 12, 15, y 16. En la dimensión de la ineficacia profesional también conocida como Realización Personal (RP) y finalmente siendo el tercer Factor contiene los ítems, 8, 9, 13 y 14,).

6 Resultados

Tal evaluación muestra que en los niveles de Burnout existe un alto nivel en el porcentaje, [12] citados por [13] consideran las dimensiones centrales expuestas, como “el corazón” del Burnout mencionadas como el agotamiento y el cinismo, presentando un nivel del 57.14% en los índices medio y alto de la primer dimensión mencionada y un 40.82% en lo que respecta a la despersonalización o cinismo. Sin embargo los niveles de eficacia profesional presenta un 61.22% en nivel medio alto, esto debido las exigencias que tiene un estudiante de nivel de posgrado en sus actividades y trabajo profesional por ejemplo de tesis.

Porcentajes De Burnout Y Engagement					
BURNOUT	Bajo	Medio Bajo	Medio Alto	Alto	Sumas Altas
AGOTAMIENTO	14.29%	28.57%	30.61%	26.53%	57.14%
DESPERSONALIZACION	28.57%	30.61%	20.41%	20.41%	40.82%
REALIZACIÓN PERSONAL	22.45%	16.33%	61.22%	0.00%	61.22%

Fig. 3. Niveles De Burnout

6.1 Estudiantes con alto nivel de Burnout y otras enfermedades.

Para poner de manifiesto la relación que existe entre los efectos del Burnout para con otras enfermedades, se realizó mediante X² y con un .05 % de significancia un breve resumen para hacer posible la exposición de una tabla en la que se observan las relaciones significativas encontradas en los estudiantes de posgrado. Las enfermedades que se exponen son: Fatiga, dolores de musculares, dolores de cabeza Alteraciones digestivas, hipertensión, problemas en las vías respiratorias y se presenta una columna, como otras enfermedades expuestas por los mismos estudiantes. La siguiente presenta que existe relación significativa en los siguientes casos:

- En relación con la dimensión del agotamiento se encontró que en la división de Ciencias Exactas Y Naturales, dicha dimensión provocaba problemas digestivos en los hombres de ambos posgrados.
- Mientras que tanto en los hombres y mujeres por igual, en el posgrado de doctorado de la misma división, los problemas digestivos e incluso otras enfermedades distintas a las aquí expuestas eran provocadas por la ineficacia profesional.
- Se encontró que los hombres de los posgrados del área de Ingeniería presentaban fatiga por causas también de ineficacia profesional o baja realización como también

se le conoce a esta dimensión. A su vez estos mismos estudiantes presentaron una relación significativa entre la ineficacia y problemas de vías respiratorias. La siguiente figura muestra los resultados significativos antes redactados y la no relación entre las 3 dimensiones y las otras enfermedades.

		F		D.M		D.C.		A.D.		H		PVR		O.T.		
		X ²	gl													
Agotamiento	ING	H	0.282	24	0.445	24	0.552	24	0.148	32	0.482	24	0.347	24	0.461	16
		M	0.176	12	0.167	8	0.339	12	0.082	8	0.292	4	0.292	4	-	0
	CEN	H	0.636	21	0.302	28	0.521	21	0.046	14	0.493	21	0.439	21	0.241	21
		M	0.350	9	0.587	6	0.062	6	0.469	9	0.392	3	0.062	6	0.112	3
Cinismo	ING	H	0.301	21	0.117	21	0.096	21	0.591	28	0.310	21	0.400	21	0.778	14
		M	0.399	15	0.501	10	0.399	15	0.173	10	0.221	5	0.421	5	-	0
	CEN	H	0.475	27	0.378	36	0.232	27	0.620	18	0.345	27	0.115	27	0.503	27
		M	0.312	9	0.321	6	0.277	6	0.534	9	0.290	3	0.062	6	0.494	3
Eficacia	ING	H	0.046	21	0.348	21	0.226	21	0.722	28	0.499	21	0.046	21	0.461	14
		M	0.279	18	0.301	12	0.279	18	0.301	12	0.321	6	0.321	6	-	0
	CEN	H	0.432	27	0.378	36	0.411	27			0.345	27	0.503	27		
		M	0.263	15	0.285	10	0.285	10	0.020	12	0.306	5	0.285	10	0.013	24

A.D. = Alteraciones Digestivas H = Hipertensión PVR = Problemas Vías Respiratorias
D.C. = Dolores Cabeza F = Fatiga D.M = Dolores Musculares

Fig. 4. Burnout Relacionado Con Otras Enfermedades

7 Conclusión

Según los resultados encontrados puede concluirse que además de conocer los índices de Burnout en que los estudiantes de posgrado se encuentran, también como anteriores autores han encontrado fue posible encontrar relaciones significativas con enfermedades provocadas por el síndrome de Burnout. Esto anuncia en qué condiciones un estudiante de posgrado llega posteriormente a su campo de trabajo reflejando un fuerte desgaste al estar en contacto tanto con sus actividades como con su nuevo entorno social. El presente estudio mostro niveles de eficacia aceptables aunque solamente en el nivel medio alto, posiblemente esto se suscita dado que al no poder controlar la situación, se generan momentos de ansiedad y se reducen los niveles de rendimiento, por lo que los estudiantes miran las amenazas como retos o sucesos subjetivamente incontrolables [14] y [15]. Conocer los índices de Burnout, como se expuso al principio de éste artículo, puede ayudar a identificar en los sujetos la buena intención de cumplir con sus actividades o posiblemente la intención de abandonar sus trabajos o estudios. Además es necesario saber que la principal motivación en las personas es creer que lo que hacen tiene sentido y

que el esfuerzo es útil y que si se expone al estudiante a una carga de trabajo más equilibrada los factores de estrés pueden disminuir.

8 Bibliografía

1. Pines, A., Aronson, E., Kafry, D.: Burnout: From tedium to personal growth. Free Press, New York 1981.
2. Maslach, C., Jackson, S. E.: The Maslach burnout inventory. Consulting Psychological Press, Palo Alto, Ca 1986.
3. Extremera, N., Durán, A., Rey, L.: inteligencia emocional y su relación con los niveles de Burnout, Engagement y estrés en estudiantes universitarios. *Revista de Educación*. 342, 239-256, 2006.
4. Ramos, F.: El síndrome de Burnout. UNED, Madrid 1999.
5. Meier, S. T., Schmeck, R. R.: The burned-out college student: A descriptive profile. *Journal of College Student Personnel*. 25, 63-69, 1985.
6. Ramist, L.: College student attrition and retention. *Findings (ETs)*. 6, 1-4, 1981.
7. Salanova; González, Romá, Bakker: The measurement of burnout and engagement: A confirmatory factor analytic approach. *Journal of Happiness Studies*. 3, 71-92, 2002a.
8. Gil-Monte, P. R.: Validez factorial de la adaptación al español del Maslach Burnout Inventory General Survey. *Salud Publica de Mex*. 44, 33-40 2002.
9. González, M.G.: Estrés laboral, afrontamiento y sus consecuencias: el papel del género. Tesis doctoral. Valencia, España 2006.
10. Schaufeli, W.B., et al: Burnout and engagement in university students. A cross-national study. Manuscrito sometido a revisión 2001.
11. Rencher, A. C.: *Methods of Multivariate Analysis*. Wiley-Interscience publication. John Wiley & Sons, Inc: New York 2002.
12. Green, D. E., Walkey, F. H., Taylor, A. J. W.: The three-factor structure of the Maslach Burnout Inventory. *Journal of Social Behavior and Personality*. 6, 453-472, 1991.
13. Salanova, M., Bresó, E., Schaufeli, W.B.: Hacia un modelo espiral de las creencias de eficacia en el estudio del Burnout y del Engagement. *Ansiedad y Estrés*, 11, 215-231, 2005.
14. Bandura, A.: Social cognitive theory of personality. *Handbook of Personality*, 2, 154-196, 1999.
15. Bandura, A.: Social cognitive theory: An agentic perspective. *Annual Review of Psychology*. 52, 1-26, 2001.

Análisis y evaluación de las actividades involucradas en las fases de recibo y almacenamiento de un almacén del noroeste de México dedicado a proveer autopartes

Jesús Noel Valenzuela Leyva, Luis Felipe Romero Dessens
Universidad de Sonora, Departamento de Ingeniería Industrial, Rosales y Blvd. Luis Encinas S/N,
C. P. 83000, Hermosillo, Sonora, México.
jesusnoel.938@yahoo.com.mx, lromero@industrial.uson.mx

Resumen

Se presentan los aspectos más relevantes de un estudio realizado para analizar y evaluar las operaciones involucradas en las fases de recibo y ubicación, así como recomendaciones que podrían contribuir a mejorar el desempeño y a mantener el inventario en los niveles de inventario dentro de los impuestos por el cliente. Se demuestra la necesidad de una clasificación para los artículos que forman parte del inventario así como reconsiderar algunas de las políticas de administración y control del almacén.

Palabras clave: Almacén, fases en los almacenes, control de inventario, clasificación ABC.

Abstract

We present the most relevant aspects of a study to analyze and evaluate the operations involved in the phases of receipt and location, as well as recommendations that could help improve the performance and maintain inventory levels of inventory kept by the customer. We also demonstrate the need for a classification of the inventory and rethink some of the policies of the warehouse management and control.

Key Words: Warehouses, warehouse phases, inventory control, ABC classification

Jesús Noel Valenzuela Leyva, Luis Felipe Romero Dessens, *Análisis y evaluación de las actividades involucradas en las fases de recibo y almacenamiento de un almacén del noroeste de México dedicado a proveer autopartes*, en: Mario Barceló-Valenzuela, Alonso Perez-Soltero, Oscar Mario Rodríguez-Elias, María Trinidad Serna-Encinas (Eds.), *Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora*, pp.116 - 128, 2012.

1. Introducción

Hoy en día los almacenes se enfrentan a retos como la reducción en los tiempos de entrega, lidiar con pedidos que incluyen una gran variedad de productos, actividades de ensamble, re-empaque, etc.

Nuevos intereses de calidad han forzado a re examinar las operaciones con vistas a minimizar el daño al producto, las operaciones dentro del almacén, estas últimas se han visto afectadas de manera significativa por el mercado; ya que por un lado se demanda mayor productividad y por el otro los rápidos cambios han impuesto riesgos financieros al momento de invertir en equipo para el almacén, mismo que podría ser difícil de reconfigurar e incluso obsoleto en caso de introducir nuevos productos.

En la sección dos se provee el sustento teórico referente a las fases en que se distribuyen las operaciones en los almacenes, los tipos de almacenes así como las definiciones básicas en lo referente a inventarios y la clasificación ABC para los artículos de un inventario.

La sección tres describe la metodología utilizada para resolver el problema que se plantea en la sección uno, proporcionan al lector una selección de las herramientas y técnicas descritas en el capítulo dos que se aplicarán para lograr los objetivos parte. La sección cuatro presenta los resultados de un análisis de las operaciones que se realizan en las fases de recibo y almacenamiento. En la sección cinco se muestran las conclusiones y las líneas futuras de investigación así como una serie de propuestas obtenidas a partir de la revisión de casos similares en la literatura y que han tenido éxito.

2. Marco Teórico

2.1 El almacén y sus fases

Los almacenes, son espacios asignados por la organización para el resguardo de bienes y que igual que los centros de distribución son absolutamente necesarios para una operación óptica y continua de los procesos de distribución. El desempeño de un almacén implica criterios como el diseño apropiado de las instalaciones y del sistema de manejo de materiales aunque regularmente es medido en términos de la proporción de entradas/salidas [1-3].

Gran parte de la investigación relacionada con los almacenes se concentra en la fase de recuperación prestando menos atención a la ubicación de los artículos, en [4] se muestra un modelo de simulación de eventos discretos en el cual considera las dos fases mencionas anteriormente y discute el impacto que tienen en el desempeño las ubicaciones en que el material es almacenado, a partir de cuatro reglas de almacenamiento y una simulación de ocho semanas de trabajo concluye que cuando la variabilidad es demasiado alta no es posible identificar una regla dominante para el almacenamiento.

Por otra parte [5] presenta una propuesta en la cual se muestra una metodología para la planificación de inventarios, la cual indica que es necesario tomar en cuenta aspectos como la rotación del inventario, niveles, consumo de los artículos, identificación de actividades críticas, etc. los resultados mostrados es que se logró determinar los niveles máximos y mínimos del inventario así como el de seguridad.

El caso de estudio se realiza en un almacén del noroeste de México dedicado a proveer autopartes, en el cual se trabaja bajo un conjunto de políticas no solo administrativas sino también de control, cuyo objetivo principal es asegurar cumplir siempre con la demanda y mantener ciertos niveles de inventario; en varias ocasiones no ha logrado este objetivo teniendo como consecuencia paros en la línea de producción del cliente y sanciones para la organización por parte del mismo.

Algunas restricciones a la que se enfrenta el personal del almacén es que las ubicaciones en donde el material es almacenado son fijas además de que carece de control sobre las fases de recuperación y embarque. Todo lo anterior lleva a plantearse interrogantes sobre el desempeño, sobre si este puede ser mejorado y de ser así, que elementos podrían ser necesarios para lograrlo. Por lo que el alcance de este artículo se limita a demostrar que la planeación y control tanto del inventario como de las actividades realizadas, pueden tener un impacto significativo en el desempeño del almacén y de esta forma ofrecer un mejor servicio al cliente.

2.1.1 Las fases en los almacenes

La principal actividad dentro de un almacén es mantener los bienes durante cierto tiempo [6]. Las fases básicas de un almacén son recibir los bienes, enviarlos a una ubicación determinada dentro del almacén en donde esperaran hasta ser requeridos, recuperarlos, y finalmente preparar y enviar dichos pedidos [7-8].

- **Recepción:** Es el primer proceso con el que se encuentra un artículo cuando llega al almacén, durante esta etapa, los artículos son inspeccionados y esperan a ser transportados a la siguiente etapa. El objetivo principal de esta etapa es asegurar que el material cumple con los requisitos que fue solicitado, para ello se coteja la orden de compra con la orden de recibo y de esta manera asegurar que se recibe lo que se compró tanto en cantidad como en condiciones físicas [7], [9].
- **Ubicación:** Una vez que el material ha sido aceptado, es destinado a una ubicación específica dentro del almacén en la cual permanecerá según las políticas de la organización hasta ser requerido por un cliente. Tres decisiones fundamentales conforman esta etapa: cuanto inventario debe ser mantenido, cada que tanto tiempo debe ser reemplazado el inventario y donde deben ser almacenados los artículos [8].
- **Recuperación:** Es la fase más costosa en un almacén, por lo que no es de extrañar que algunas personas consideran a esta fase como la de mayor prioridad a la hora de buscar mejoras en los niveles de productividad en un almacén. Esta fase

consiste básicamente en adquirir el artículo solicitado por el cliente, es recuperado de su ubicación dentro del almacén y llevado hasta la salida del almacén, el material abandonará el almacén una vez que se registre la salida y se coteje la requisición del cliente con el contenido que se le envía [7], [10-12].

- Envío: Ya que se ha corroborado que lo que se recuperó del almacén es lo que se le envía al cliente, el material abandona el almacén; a partir de esta etapa es responsabilidad de quien transporta el material, asegurar que llegue al cliente en las condiciones que el material le fue entregado en el almacén [9].

A las fases anteriores se puede agregar una quinta fase: el seguimiento, la cual mediante el uso de sistemas de información (SI), el cual proporciona información en tiempo real sobre la ubicación, estado, etc. en que se encuentra el artículo que ingresa al almacén, además una de la ventajas de la sistemas de información es que pueden mejorar la competitividad, reducir los costos, disminución en los tiempos de respuesta y se pueden enlazar tanto con el cliente como con el proveedor, para el intercambio de información [13-14].

En la fig. 2.4 se muestran las fases en que se pueden distribuir las operaciones dentro de los almacenes y por consiguiente el manejo de materiales, esas fases son en las que se trabajarán en el presente trabajo, la figura fue obtenida a partir del modelo de evaluación de desempeño propuesto por [8].



Fig. 1. Fases dentro de un almacén según [8]

2.2 Inventario

El término inventario se aplica a las existencias de artículos tales como: productos, trabajo en proceso, materiales, insumos y repuestos mantenidos por una organización con el fin de llevar a cabo sus funciones de negocio. En los almacenes, el término inventario generalmente se utiliza para referirse a los productos, trabajo en proceso e insumos. Un sistema de inventario se refiere al conjunto de políticas y controles que monitorea los niveles de inventario y determina que niveles deben ser mantenidos, cuando las reservas deben ser remplazadas y que tan grandes deben ser las ordenes, en otras palabras cuanto y cuando ordenar; por convención, en los sistemas de manufactura, el inventario se refiere por lo general a los artículos que contribuyen o son parte del producto y típicamente es

clasificado como inventario de: material, productos, material en proceso, componentes y repuestos [15-17].

En las empresas de servicios, los inventarios hacen referencia a los bienes tangibles a ser vendidos y a los elementos necesarios para proveer el servicio. El propósito de control de inventarios es asegurar un balance entre el costo de adquisición y el costo por mantener, el desempeño del sistema que se use para controlar el inventario, puede ser medido a través del servicio que se ofrece y el costo total que se genera [18]. Estos sistemas, deben tener en cuenta las características de los artículos, sobre todo cuando se presenta una variabilidad tanto en el tamaño como en la ocurrencia de la demanda [19].

El primer paso para determinar la situación de un inventario en las organizaciones es uso de la técnica llamada análisis ABC [20]. Este método se basa en el principio de Pareto clasificación generalmente es el costo anual que representa un artículo; sin embargo también se ha demostrado que pueden usarse otros criterios de clasificación como tiempos de entrega, demanda, utilidad, etc. [21-24].

En [23] se sugiere el siguiente procedimiento para llevar a cabo una clasificación ABC del inventario en una organización.

1. Seleccionar la variable o parámetro base en función del objetivo que se persiga.
2. Establecer el rango de clasificación por zonas.
3. Ordenar los productos según los valores de la variable o parámetro base de mayor a menor.
4. Determinar la participación de cada elemento en el valor total, ventas o consumo, y sobre el total del producto.
5. Calcular los porcentajes.
6. Determinar las diferentes zonas.

En ocasiones es necesario ampliar y/o reducir los rangos de las clasificaciones, en ocasiones la clasificación A oscila toma valores de 80% ± 5 siempre y cuando a criterio de los expertos estos ajustes sean necesarios [20].

Luego de clasificar el inventario el siguiente paso son los conteos cíclicos, los cuales se refieren a un proceso utilizado para verificar la exactitud de los datos que muestran la cantidad de artículos en inventario mediante el conteo permanente de porciones del inventario total, sin embargo para que tenga los resultados esperados debe convertirse en parte de la cultura organizacional [25-26].

3. Metodología

Para identificar las causas de problema el primer paso es realizar una descripción detallada de las operaciones, esto con la finalidad de conocer mas a fondo cada actividad, también se describirán las rutas y ubicaciones en las que se puede encontrar el material,

3.1 Obtener las causas del problema

El siguiente paso es obtener información sobre los paros en la línea de producción del cliente y de ser posible, obtener la causa específica con información contenida en actas, reportes, informes, correos electrónicos, etc.

La información que se obtenga servirá para construir un diagrama causa-efecto y un gráfico de Pareto mediante los cuales se delimitará el turno y los números de parte sobre los que se trabajará.

3.3 Análisis del flujo de material y desplazamientos

La siguiente será realizar un diagrama de recorrido en el cual se describirán las actividades que se realizan desde que el material llega al almacén hasta que es enviado al cliente.

3.4 Análisis de estándares de trabajo

La organización cuenta con estándares de trabajo a partir de los cuales evalúa el desempeño de algunos de sus trabajadores, para determinar si son los adecuados, se realizará un comparativo entre el desempeño real y el esperado, en este caso interesa saber “cuántas veces cumple el trabajador con el estándar”. En esta etapa se procederá a realizar un muestreo aleatorio por proporciones, considerando que p es el número de veces que los trabajadores cumplen con el estándar de trabajo 400 cajas/turno y con un nivel de confianza de 95% y un error de 3%, una vez que se obtengan los datos se proporcionará un estimador para el parámetro de interés. El tamaño de la muestra será determinado a partir de la de la ecuación 1.

$$n = \frac{z_{\alpha/2}^2 \hat{p}\hat{q}}{e^2} \quad (1)$$

3.5 Métodos para el control de inventario

En este punto se revisan los métodos que utiliza el almacén para para administrar y controlar el inventario el uso de sistemas de información, pronósticos, conteos cíclicos y clasificación del inventario, para lo anterior se trabaja a partir de los datos obtenidos en el periodo enero-marzo del presente.

4. Resultados

4.1 Causas del problema

El material que ingresa al almacén puede ser distribuido a lo largo de 1224 estantes divididos en 8 secciones de la A a la H y 4 rutas: azul, amarilla, naranja y verde. Es en estas cuatro rutas en las que se ubica el material traspaleado y que ha causado paros en la línea de producción del cliente. Entiéndase por material traspaleado como aquel que ha sido distribuido de un contenedor a cajas azules unitizadoras.

De la revisión de correos electrónicos, actas administrativas y reportes se construyó la tabla 1 en donde se resumen las causas específicas de los paros en la línea de producción del cliente.

Causa		Frecuencia	% acumulado
Falta de material traspaleado		10	62.50%
Material mezclado		3	81.25%
Ubicación errónea		1	87.50%
Inventario mal ajustado		1	93.75%
Calidad		1	100.00%

Tabla 1. Causas de paro en la línea de producción del cliente

También se obtuvo la ubicación en el almacén de los números de parte que han causado paro, en la fig. 2 se muestra el histograma y el gráfico de Pareto.

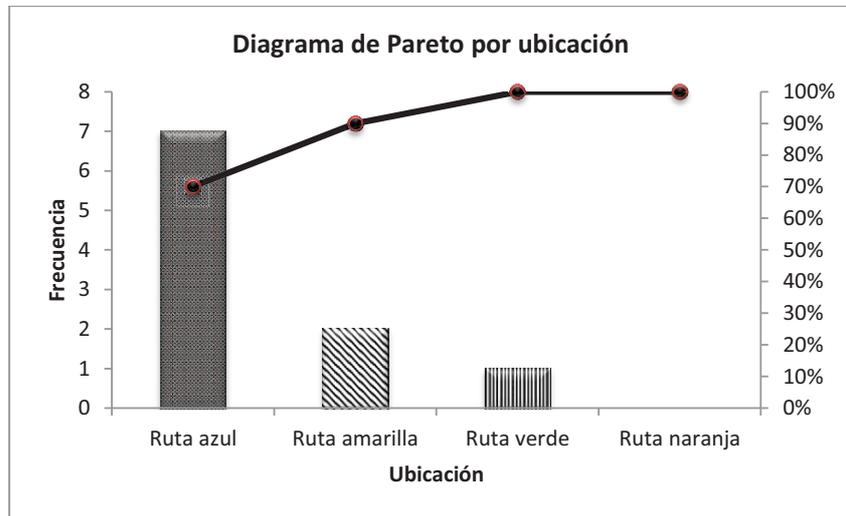


Fig. 1. Diagrama de Pareto por ubicación

4.2 Indicadores de desempeño

La tabla 2 muestra los indicadores de desempeño que utilizan en la organización, la información que se muestra fue obtenida de entrevistas realizadas a los supervisores de cada turno.

4.3 Flujo del material

Los desplazamientos que se realizan para asegurar que el material llegara a su destino se muestran en la figura 3 al igual que el tiempo que le lleva al operador del montacargas recorrer la distancia, en la tabla 3 se puede apreciar de manera más detallada los tiempos. En la figura 3 se hace evidente la cantidad de intersecciones que hay entre los montacargas, las líneas continuas corresponden al montacargas 1 (M1) y punteadas corresponden al montacargas 2 (M2).

Operación	Empleados por turno	Indicador de desempeño	Observaciones
Montacargas	2	No tiene	Uno de los operadores esta encargado del área de recibo y el otro de surtir material al traspaleador.
Traspaleo de cajas/tubos	3	Cantidad de cajas/tubos traspaleados	La cantidad de cajas es comparada con un estándar de 400 cajas/trabajador.
Captura	1	No tiene	
Supervisión	1	No tiene	
Embarque	1	No tiene	A pesar de que esta fase es controlada por el cliente, el almacén tiene un trabajador para llevar el conteo de material que es extraído del almacén.

Tabla 2. Indicadores de desempeño utilizados en el almacén

El tamaño de la muestra fue de 79 observaciones para la cantidad de cajas azules y de 92 para la cantidad de carros traspaleados con tubos. Los intervalos de confianza muestran de que la proporción en que el trabajador cumple con los estándares de trabajo son:

- Para la cantidad de cajas azules

$$0.47 < p < 0.68$$

- Para los tubos

$$0.085 < p < 0.234$$

Con lo anterior se tiene que para la cantidad de cajas azules el trabajador cumplirá con el estándar establecido entre el 47% y el 68% de las ocasiones, mientras que para la cantidad de carros en los que se traspaleen tubos solo se cumplirá con el estándar entre el 0.085% y el 0.234% de las ocasiones-

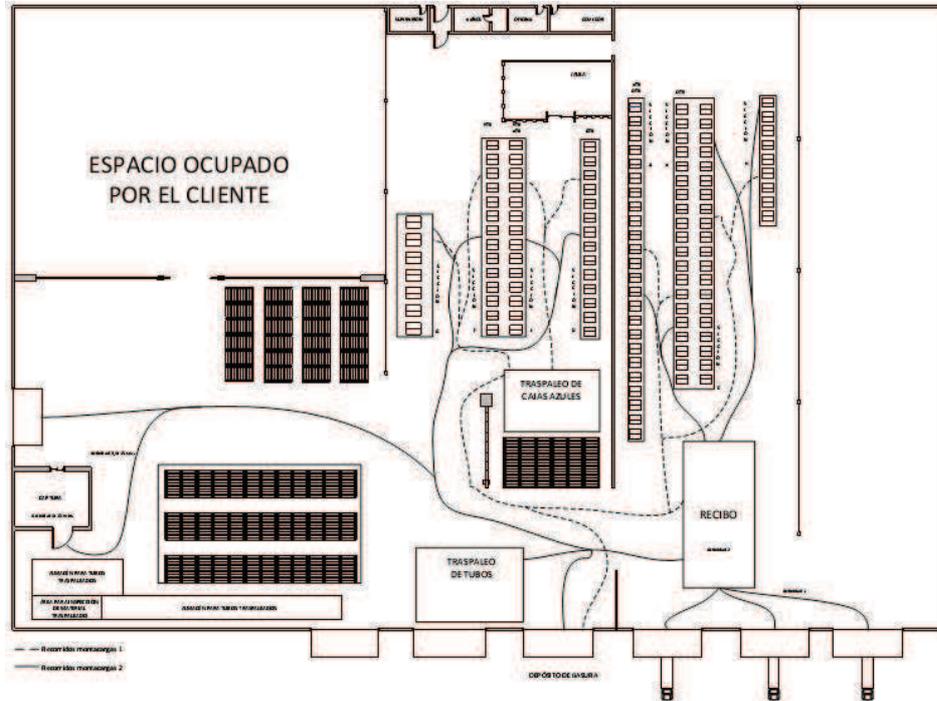


Fig. 3. Desplazamientos realizados por los montacargas

La tabla 3 muestra la proporción de la demanda total de cajas azules correspondientes a cada ruta, así como la tasa de llegada para la ruta azul como para el material que es recibido en el almacén.

Demanda diaria	Proporción	Tasa de llegada
Ruta Azul	3 / 332	Camiones / clientes/hr
Ruta Naranja	3 / 986	Ruta Azul
Ruta Verde	2 / 389	
Ruta Amarilla	3 / 294	

Tabla 3. Demanda diaria de cajas azules para cada ruta y tasas de llegada

En la tabla 4 se muestran los tiempos que permanece el material en cada actividad, las actividades 1 a la 8 son realizadas exclusivamente por el operador de M2, mientras que la 9 y la 12 por el operador de M1, la actividad 10 es realizada por dos trabajadores.

4.4 Control de inventario

La siguiente clasificación ABC esta toma como criterio la demanda de cada número de parte, se revisó la salida de material durante tres meses. Los artículos de la categoría A fueron requeridos por el cliente en promedio siete ocasiones, los de la clasificación B en una ocasión y los de la clasificación C no fueron requeridos por el cliente durante el periodo de observación.

Clasificación	Números de parte			
A	1060307X	15-09660-7	15-09677-6	25-07585-0
	15-09615-2	1057326X	15-09588-7	DL180-003740
	15-05700-0	1099158X	15-10048-0	1059256X
	15-06914-6	15-07580-0	15-10504-0	1099163X
	15-09661-9	3120169000	15-07854-0	15-07730-0
	DL186-009500	3120180000	15-06363-4	
	1099164X	15-06386-9	15-09827-8	
B	15-07853-8	15-08105-3	DL186-009870	15-09823-9
	15-08987-7	15-08777-5	15-08985-3	1080631X
	DL180-002283	DL241-009764	15-02401-4	15-20474-4
	15-08184-5	WW04544	3120180100	15-06267-8
		HT		15-07236-0
C	3120192800	15-07581-1	15-09287-8	
	15-06269-1	15-07582-3		

Tabla 4. Clasificación ABC para los números de parte de la ruta azul

5. Conclusiones y trabajos futuros

En los resultados se mencionó que es posible mejorar el desempeño del almacén, a partir de la clasificación de los artículos en el inventario pueden ayudar a la planeación de las actividades, todo el material que ha causado paro en la línea de producción del cliente esta en la categoría A, de manera que una programación adecuada de conteos cíclicos no solo de la ruta azul sino de todos los números de parte podría contribuir de manera significativa a mejorar el servicio y a mantener balanceado el inventario, que es la segunda causa de paros.

En lo que se refiere a estándares de trabajo, se puede notar la necesidad de re considerar los que se utilizan actualmente, ya que no describen de manera adecuada lo que realmente sucede con los trabajadores, además de que se hizo evidente la falta de indicadores de desempeño para el resto de las actividades.

La cantidad de desplazamientos así como las intersecciones que realizan los operadores de montacargas, sugieren una revisión mas profunda del arreglo que hay dentro del almacén, dejando en evidencia que no se cumple con varios de los objetivos de la manufactura esbelta.

Aunado a lo anterior, la falta de control de algunas de las actividades así como la evidente falta de planeación de las mismas, sugiere que en la organización aun queda mucho trabajo por hacer y así como varios aspectos a considerar si se desea cumplir con las expectativas del cliente y convertirse en una organización esbelta.

En el siguiente párrafo se muestran algunas de las áreas en las cuales el presente trabajo podría ser un punto de partida y en las que la organización podría interesarse.

- a. Reconsiderar el diseño de la instalación.
- b. Clasificar del inventario de manera que abarque todas las posibles restricciones, un enfoque multi criterio con ubicaciones fijas sería una buena opción.
- c. La restructuración de las políticas bajo las cuales opera el almacén.

8.1 6. Referencias

1. Correa E., Gómez R., Cano J.: Gestión de almacenes y tecnologías de la información y comunicación (TIC). SciELO. 26, 145-172, 2011.
2. Khojasteh-Ghamari, Y.: Warehousing in the Global Supply Chain. Springer Londres, 2012.
3. Arriaga, J.: Aspectos a considerar para una buena gestión en los almacenes de las empresas (Centros de Distribución, CEDIS). SciELO. 16, 83-96, 2011.
4. Gagliardi, J.P., Renaud, J., Ruiz, A.: A simulation model to improve warehouse operations. En: Winter Simulation Conference, pp. 2012-2018. Québec, Canada, 2007.
5. Dickinson, G. Y., Espinoza, C. D., Ripoll, F. V.: Propuesta de un procedimiento para el proceso de planificación del inventario en el hotel La Herradura. CONCYTEC. 4, 5-17, 2009.

6. Dolgui, A. & Proth, J. M.: Supply Chain Engineering, Springer, Londres, 2010.
7. Berg J.P.V.D., Zijm W.H.M.: Models for warehouse management: Classification and examples. ELSEVIER. 59, 519-528, 1999.
8. Gu, J., Goetschalckx, M., McGinnis, L.F.: Research on warehouse operation: A comprehensive review. ELSEVIER. 177, 1-21, 2007.
9. Rouwenhorst, B., Reuter, B., Stokrahm, V., van Houtum, G., Mantel, R., Zijm, W.: Warehouse design and control: framework and literature review. ELSEVIER. 122, 515-533, 2000.
10. Arango, M. D., Zapata, J. A., Pemberthy, J. I.: Reestructuración del layout de la zona de picking en una bodega industrial. *Revista de Ingeniería*, 54-61, 2010.
11. Dallari, F., Marchet, G., Melacini, M.: Design of order picking system. Springer. 42, 1-12, 2008.
12. Ene, S., Öztürk, N.: Storage location assignment and order picking optimization in the automotive industry. Springer 60, 787-797, 2012.
13. McLaren, T., Head, M., Yuan, Y.: Supply chain management information systems capabilities: an exploratory study of electronics manufacturers. Springer. 2, 207-222, 2004.
14. Mariancas, D.: Information system for the supply chain management. The logistics of merchandise. 24, 236-253, 2008.
15. Chase, R. B., Jacobs, F. R., Aquilano, N. J.: Administración de operaciones: producción y cadena de suministros. McGraw-Hill, México, 2010.
16. Hastings, N.: Physical Asset Management. Inventory. Springer Londres (2010).
17. Render, B., Hanna, M., Stair, R.: Quantitative analysis for management. 11th Ed. Pearson Education, New Jersey, 2012.
18. Hedenstierna, P., Hilletoft, P., Hilmola, O.: Rapid Modelling for Increasing Competitiveness. Springer, Londres, 2009.
19. Babiloni, E., Cardós, M., Albarracín, J.M., Palmer, M.E.: Demand categorization, forecasting, and inventory control for intermittent demand items. SAJIE. 21, 115-130, 2010.
20. APICS, <http://www.apics-redwood.org/articles/art0302BCW.htm>
21. Ling, E.: Spare parts inventory management in Malaysia: a case of study. Malaysia University of Science and Technology, 2009.
22. Mpwanya, M.F.: Inventory management as a determinant for improvement of customer service. University of Pretoria, 2005.
23. Parada, G. O.: Un enfoque multicriterio para la toma de decisiones en la gestión de inventarios. Redalyc. 22, 169-187, 2009.
24. Rezaei, J., Dowlatshahi, S.: A rule-based multi-criteria approach to inventory classification. Taylor & Francis. 48, 7107-7126, 2010.
25. Gürhan, K. A., Shang, H. K.: Inspection and replenishment policies for systems with inventory record inaccuracy. M&SOM. 2, 185-205, 2007.
26. Soto, C. R.: Conteo cíclico de inventarios. CIIAS. 18, 2008.

Segmentación Lineal de Series de Tiempo

Caso: Precio Medio de Energía Eléctrica

Daniel Zúñiga¹, Luis Romero², Martín Preciado³

¹Universidad de Sonora, Departamento de Ingeniería Industrial, Rosales y Blvd Luis Encinas
S/N, C.P. 83000, Hermosillo Sonora, México

¹daniela.zunigav@correoa.uson.mx, ²lromero@industrial.uson.mx

³Centro de investigación en Alimentación y Desarrollo A.C, Carretera a la Victoria km 0.6,
C.P. 83304, Hermosillo Sonora, México

³mpreciado@ciad.mx

Resumen. La construcción de modelos predictivos a partir de series de tiempo puede ser desarrollada a través del uso de reglas asociativas, las cuales requieren el uso de datos simbólicos que pueden ser obtenidos utilizando métodos y técnicas de reducción de datos. Tomando como guía metodológica el Proceso de Descubrimiento de Conocimiento (KDD) que incluye como elemento modular a la Minería de Datos (DM), concepto que engloba técnicas de análisis estadístico no convencional, se utilizan datos de los precios promedio en pesos del kilowatt-hora de energía eléctrica por sector tarifario correspondiente al periodo incluido entre los años 2003 al 2012, obtenidos del portal de la Secretaría de Economía en México. El objetivo de esta investigación es encontrar la mejor representación de las series de tiempo con base en el criterio del mínimo error, a partir del uso combinado de tres algoritmos de segmentación (Abajo-Arriba, Arriba-Abajo y Ventana Corrediza), y dos técnicas de representación lineal (Aproximación Adaptativa Constante a Trozos y Regresión Lineal Simple).

Palabras clave: segmentación de series de tiempo, minería de datos, precio de energía eléctrica

1 Introducción

Los modelos predictivos que se centran en el análisis de datos históricos tienen el objeto de proporcionar información que sirve de sustento en la toma de decisiones. La construcción de estos modelos depende directamente de dos factores elementales: el tipo de datos que serán utilizados y la técnica que se utilizará para la construcción del modelo predictivo. En este artículo se aborda la problemática de estudiar de manera más detallada el precio de los tipos de consumo de energía eléctrica en kilowatt-hora por sector tarifario para una mejor toma de decisiones en el desarrollo del modelo predictivo de estos. Se utilizaron datos con temporalidad anexa (series de tiempo) y a pesar de que no se desarrollará el

Daniel Zúñiga, Luis Romero, Martín Preciado, *Segmentación Lineal de Series de Tiempo Caso: Precio Medio de Energía Eléctrica*, en: Mario Barceló-Valenzuela, Alonso Perez-Soltero, Oscar Mario Rodríguez-Eliás, María Trinidad Serna-Encinas (Eds.), *Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora*, pp.129 - 140, 2012.

modelo predictivo, se desarrolla parte del procesamiento requerido para la construcción de un modelo de predicción basado en la extracción de reglas de asociación.

En trabajo se divide en seis partes, en la segunda sección se presenta el concepto general del KDD que fue utilizado como guía metodológica para el desarrollo de la investigación, dentro del mismo proceso se presenta el concepto de DM que engloba una serie de técnicas para la obtención automática de patrones, series de tiempo así como las diferentes formas en que se caracterizan y el concepto de Minería de Datos en Series de Tiempo (TSDM). En la tercer sección se presentan y discuten las principales características de los algoritmos de segmentación de series de tiempo: Arriba-Abajo, Abajo-Arriba y Ventana-Corrediza, Las técnicas de representación de series de tiempo: Aproximación Adaptativa Constante a Trozos y Regresión Lineal Simple se enuncian en la cuarta sección. Los resultados y su discusión son presentados en la quinta sección. Las conclusiones a las cuales llevó la presten investigación y las líneas de investigación futuras son descritas el al sexta sección. Finalmente se presenta la bibliografía utilizada en la investigación.

2 KDD y MD de Series de Tiempo

En esta sección se describe la relación del Descubrimiento de Conocimiento en Bases de Datos (KDD, por sus siglas en inglés, *Knowledge Discovery in Databases*) con la Minería de Datos (MD) en las Series de Tiempo.

2.1 KDD

El término KDD surgió hasta 1989 en el primer taller de KDD [1], para enfatizar que el conocimiento es el producto final de los descubrimientos en bases datos. KDD se engloba en nueve etapas: 1.-Planteamiento del problema, 2.-Creación del conjunto de datos, 3.-Limpieza y procesamiento previo de datos, 4.-Reducción y proyección de datos, 5.-Identificación de método, 6.-Exploración de análisis y selección de hipótesis, 7.-Minería de datos, 8.-Interpretación de los patrones minados, 9.-Aplicación del descubrimiento descubierto

Conviene destacar que la propiedad interactiva representada por la retroalimentación de cada etapa, puede implicar el regreso a cualquiera de las etapas anteriores.

2.2 MD

Considerada como el corazón del proceso del KDD, la MD consiste en la aplicación del análisis de datos y algoritmos que producen un conjunto particular de patrones (o modelos) ocultos en los datos [2]. Las bases de las técnicas actuales de MD datan de la década de 1950, pero el término “Minería de Datos” no fue acuñado hasta una década después. Sin embargo, en ese entonces, el término MD era utilizado para describir la detección de patrones sin una significancia estadística [3]. Desde entonces, se le han dado diversos nombres además de MD incluyendo extracción de conocimiento, descubrimiento de información, arqueología de datos, identificación de patrones y procesamiento de patrones de datos [2].

Dentro de las técnicas especializadas englobadas bajo el nombre de MD, se encuentran las de análisis de ST, y dado que esta investigación se enfoca en predicciones climáticas, y el clima se encuentran en función del tiempo, se tomó la decisión de que esta investigación se enfocará en técnicas de análisis de ST.

2.3 Series de Tiempo

Las ST se utilizan para la explicación de fenómenos de distintas disciplinas como en economía (e.g. ingresos en meses consecutivos, utilidad por año de empresas), en fenómenos físicos (e.g. meteorología, geofísica), en estudios demográficos, en procesos de control, entre muchas otras áreas [4].

Se define T como ST donde es una colección de n observaciones realizadas secuencialmente en el tiempo [5] (ec.1),

$$T = (X_1, X_2, \dots, X_n) \quad X_n \in R. \quad (1)$$

Se definen una observación X_k como m características que forman un vector m – dimensional [6] (ec. 2),

$$X_k = [X_{k1}, X_{k2}, \dots, X_{km}]^T \quad X_k \in R, k = 1, 2, \dots, n. \quad (2)$$

Las ST se componen de cuatro elementos [7]:

- Tendencia: la variación de la media en un determinado tiempo.
- Ciclo: variación alrededor de la tendencia en un periodo fijo.
- Estacionalidad: variación que se completa y repite año con año.
- Fluctuaciones Irregulares: movimientos erráticos de una serie de tiempo que siguen un patrón

Cuando se estudian procesos de información temporal, la descomposición de ST extensas segmentos relevantes es importante. Es decir, es necesaria una representación de los datos que se pueda manipular eficientemente [8], la cual es clave para obtener soluciones efectivas [9].

2.4 Time Series Data Mining

Una de las ventajas de las herramientas analíticas incluidas dentro de la de Minería de Datos en Series de Tiempo (TSDM, por sus siglas en inglés, *Time Series Data Mining*) es que no se encuentran limitadas por los supuestos anteriores, y pueden caracterizar y predecir exitosamente ST complejas, no periódicas, irregulares y caóticas. Además son aplicables a ST con características de procesos estocásticas, pero que ocasionalmente contienen patrones distintivos pero ocultos que caracterizan a los eventos [10].

La TSDM contempla dos conceptos clave: evento y patrón temporal [10]. [11] define un evento como un subconjunto de interés del espacio muestral de un experimento aleatorio, mientras que [10] lo define como ocurrencia de importancia. En el contexto de ST, una estructura a través del tiempo que identifica un descubrimiento de información es

denominada un patrón temporal [10]. Si los patrones temporales son previamente desconocidos y frecuentes en una serie de tiempo, se les denomina *motif* [12].

3 Segmentación de Series de Tiempo

La representación de datos en una forma mejor eficiente es deseable para diversas investigaciones. El objetivo de la representación de la ST es la búsqueda de casos de datos aislados y patrones. Una forma de obtener dichos patrones es a través de la segmentación de ST, la cual es la descomposición de esta en segmentos relevantes [13]. Se han desarrollado diversos algoritmos para segmentar ST univariadas como Aproximación Agregada a Trozos (*PAA, Piecewise Aggregate Approximation*, por su nombre en inglés) [14], Aproximación Adaptativa Constante a Trozos (*APCA, por sus siglas en inglés Adaptive Piecewise Constant Approximation*) [8], o para segmentar ST multivariadas como Gath-Geva Modificado [15], evolución diferencial [16], Arriba-Abajo (*Bottom-Up*) multivariado [17].

Los algoritmos de segmentación clásica de ST en la literatura se pueden dividir en tres categorías principales [16]: Abajo-Arriba, Arriba-Abajo y Ventana-Corrediza.

4 Representaciones de Series de Tiempo

Las representaciones de series de tiempo son aproximaciones a los datos que mantienen las características esenciales de interés. La representación de los datos es la clave para una solución eficiente y efectiva. Se han propuesto algunas representaciones de ST, dentro de las cuales están Transformadas de Fourier [18], *Wavelet* [19] Mapeo Simbólico [20] o Representación Lineal por Tramos (PLR, por sus siglas en inglés *Piecewise Linear Representation*) [13]. Dentro de las representaciones de ST, una de las más utilizadas es PLR [13, 9]. PLR es una representación de la ST de k observaciones con S líneas rectas donde $1 \leq S \leq k$ [13]. Dos representaciones de ST de PLR son regresión lineal simple (RLS) y APCA. Dado que el ajuste de la representación a través de RLS puede generar complicaciones en la extracción de conocimiento útil, [21] desarrollan APCA como una representación más fácil de interpretar, pero con mayor error, lo que nos enfrenta al dilema de sacrificar exactitud o elevar la interpretación. A continuación se describen estos dos tipos de representaciones.

4.1 APCA

APCA realiza una representación lineal en base al promedio de las observaciones de cada característica. La forma de calcular el error se presenta en la ecuación 7, para $1 \leq i \leq S$,

$$\varepsilon_{APCA\ seg_i} = \sum_{t=p_i}^{q_i} \sum_{j=1}^m (X_{tj} - C_{ji})^2, \quad (7)$$

donde C_{ji} representa el promedio por característica j del segmento i , tal que

$$C_{ji} = \left(\frac{\sum_{t=p_i}^{q_i} X_{tj}}{q_i - p_i + 1} \right), \quad (8)$$

donde p_i y q_i representan las X_{tj} observaciones inicial y final del segmento i respectivamente. La Figura 4 presenta un ejemplo de segmentación lineal mediante APCA.

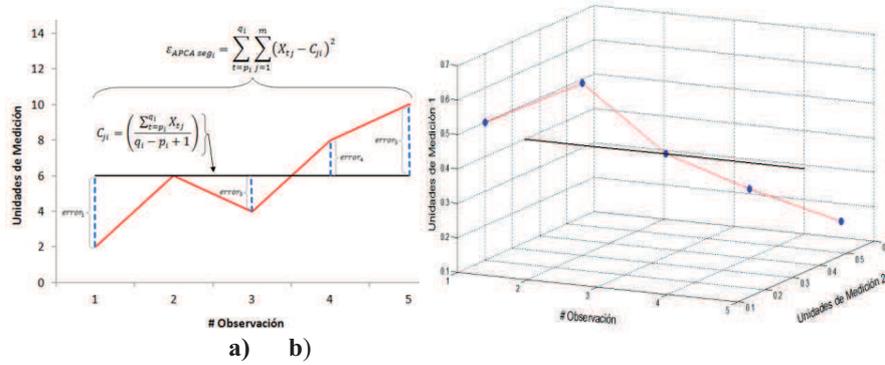


Fig. 4 Representación Lineal APCA

- a) cinco observaciones de una característica ($m = 1, p = 1, q = 5$)
 b) cinco observaciones de dos características ($m = 2, p = 1, q = 5$)

4.2 Regresión Lineal Simple

Otra forma de representar linealmente una ST es a través de RLS. El error de RLS se calcula mediante la ecuación 9,

$$\varepsilon_{RLS\ seg_i} = \sum_{t=p_i}^{q_i} \sum_{j=1}^m (X_{tj} - \hat{X}_{tj})^2, \quad (9)$$

donde \hat{X}_{tj} (ec. 10) es la estimación obtenida de X_{tj} mediante regresión lineal simple [7]

$$\hat{X}_{tj} = \alpha_{ji} + \beta_{ji}t + \varepsilon_{tj} \quad (10)$$

donde:

1. \hat{X}_{tj} es el valor medio estimado de la observación X_{tj} .
2. α_{ji}, β_{ji} (ec. 11 y 12 respectivamente) son estimaciones de los parámetros de regresión que relacionan el valor medio de X_{tj} para el segmento i de la característica j ,

$$\alpha_{ji} = \frac{\sum_{t=p_i}^{q_i} X_{tj}}{q_i - p_i + 1} - \beta_{ji} \frac{\sum_{t=p_i}^{q_i} t}{q_i - p_i + 1} \tag{11}$$

y

$$\beta_{ji} = \frac{\sum_{t=p_i}^{q_i} \left(t - \frac{\sum_{t=p_i}^{q_i} t}{q_i - p_i + 1} \right) \left(X_{tj} - \frac{\sum_{t=p_i}^{q_i} X_{tj}}{q_i - p_i + 1} \right)}{\sum_{t=p_i}^{q_i} \left(t - \frac{\sum_{t=p_i}^{q_i} t}{q_i - p_i + 1} \right)^2} \tag{12}$$

3. ε_{tj} es un término de error que describe los efectos sobre \hat{X}_{tj} .

La Figura 5 presenta un ejemplo de representación lineal mediante RLS.

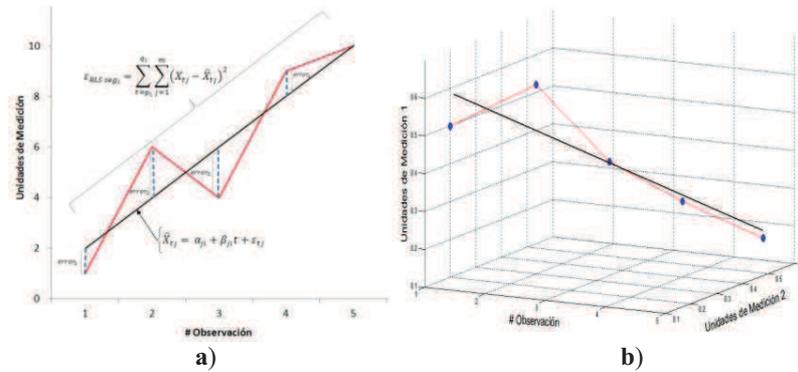


Fig. 5 Representación Lineal RLS

- a) cinco observaciones de una característica (m = 1, p = 1, q = 5)
- b) cinco observaciones de dos características (m = 2, p = 1, q = 5)

5 Resultados

Los datos utilizados para esta investigación (Tabla 1) corresponden a los precios medio de energía eléctrica por sector tarifario en pesos por kilowatt hora del año 2003 al mes de abril del año 2012, obtenidos de la Secretaría de Energía del Sistema de Información Energética (SIE).

Datos de Precios Medios de Energía Eléctrica por Sector Tarifario

Sector	Descripción	Tipo
Residencial	Precio medio de energía eléctrica en pesos por kilowatt hora	Númérico
Servicios	Precio medio de energía eléctrica en pesos por kilowatt hora	Númérico
Comercial	Precio medio de energía eléctrica en pesos por kilowatt hora	Númérico
Agrícola	Precio medio de energía eléctrica en pesos por kilowatt hora	Númérico
Mediana Industria	Precio medio de energía eléctrica en pesos por kilowatt hora	Númérico
Gran Industria	Precio medio de energía eléctrica en pesos por kilowatt hora	Númérico

Tabla 1. Conjunto de datos utilizados

Debido a la alta dimensionalidad de las observaciones seleccionadas, la interpretación de la segmentación lineal multivariada podría dificultar la extracción de conocimiento significativo. Por esta razón, se consideró cada sector tarifario como una ST independiente. Cada ST se segmentó a través de la aplicación de los algoritmos BU, TD y SW, combinadas con las dos técnicas de aproximación lineal APCA (Figura 6) y RLS (Figura 7). Se observa consistentemente que la ST relacionada a “Servicios” presenta el menor error para las seis combinaciones de algoritmos. También se puede observar como el error para la ST “Agrícola” aplicando utilizando APCA presenta un error considerablemente mayor a RLS. Para las ST “Residencial” y “Comercial”, la representación de RLS pudiera llegar a considerarse sobreajuste, en dado caso, no representaría un patrón generalizado para los precios promedio futuros.

Para cada una de las ST, correspondientes a cada sector tarifario, se calculó el error promedio por observación (Tabla 2).

Sector	Ciclo Productivo	# de Observaciones	# de Segmentos	Error Promedio por Observación					
				APCA			RLS		
				SW	BU	TD	SW	BU	TD
Residencial	2003-2012 (Abril)	112	28	0.001338	0.001128	0.000837	0.000433	0.000238	0.000240
Comercial	2003-2012 (Abril)	112	28	0.001941	0.001367	0.000887	0.000345	0.000135	0.000142
Servicios	2003-2012 (Abril)	112	28	0.000393	0.000395	0.000269	0.000251	0.000050	0.000074
Agrícola	2003-2012 (Abril)	112	28	0.001259	0.001217	0.000335	0.000699	0.000056	0.000315
Mediana Industria	2003-2012 (Abril)	112	28	0.001434	0.000707	0.000834	0.000486	0.000132	0.000170
Gran Industria	2003-2012 (Abril)	112	28	0.001452	0.000562	0.000439	0.000542	0.000101	0.000095

Tabla 2. Error Promedio por Observación

La evaluación del desempeño de los enfoques se basará solamente en el error de la segmentación. Para evaluar el desempeño, se calculó un intervalo de confianza para la

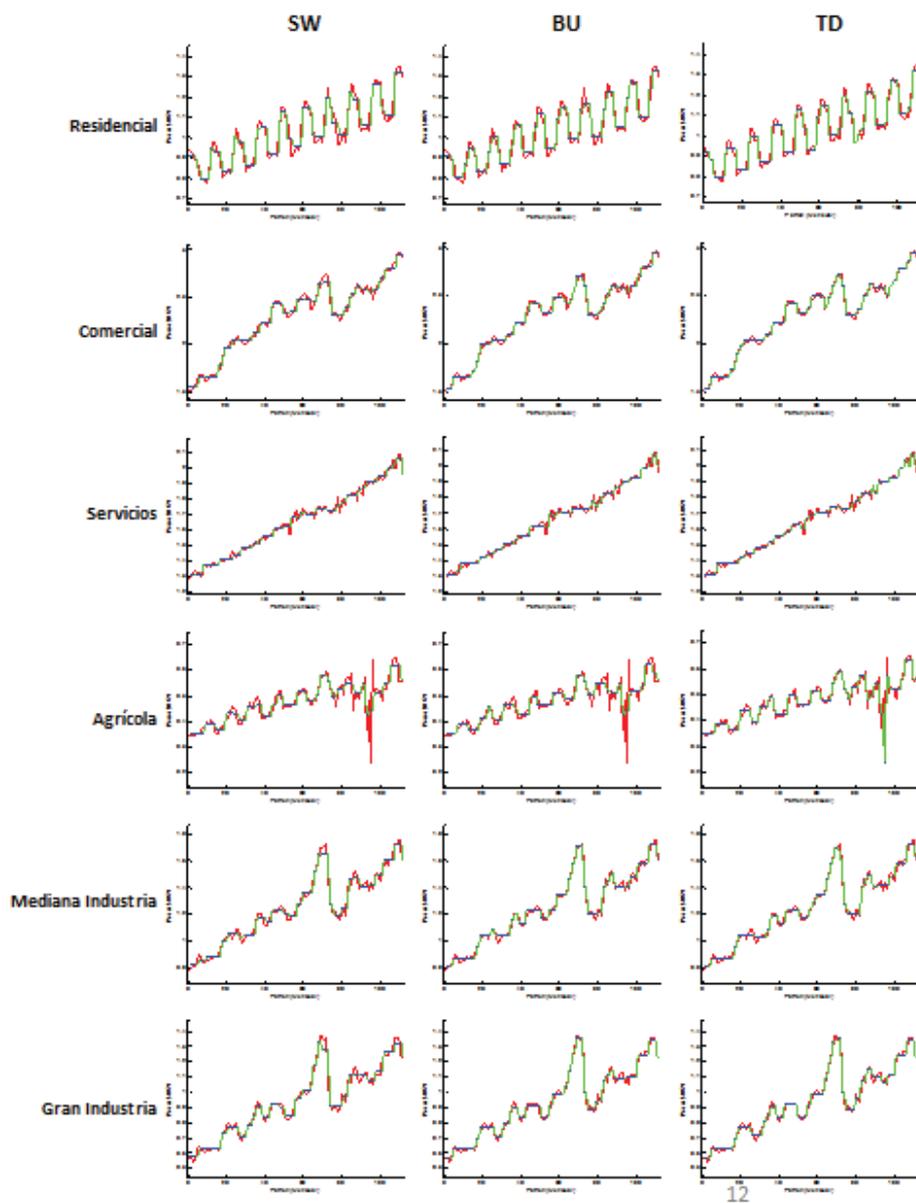


Figura 6. Segmentación APCA (con SW, BU y TD)

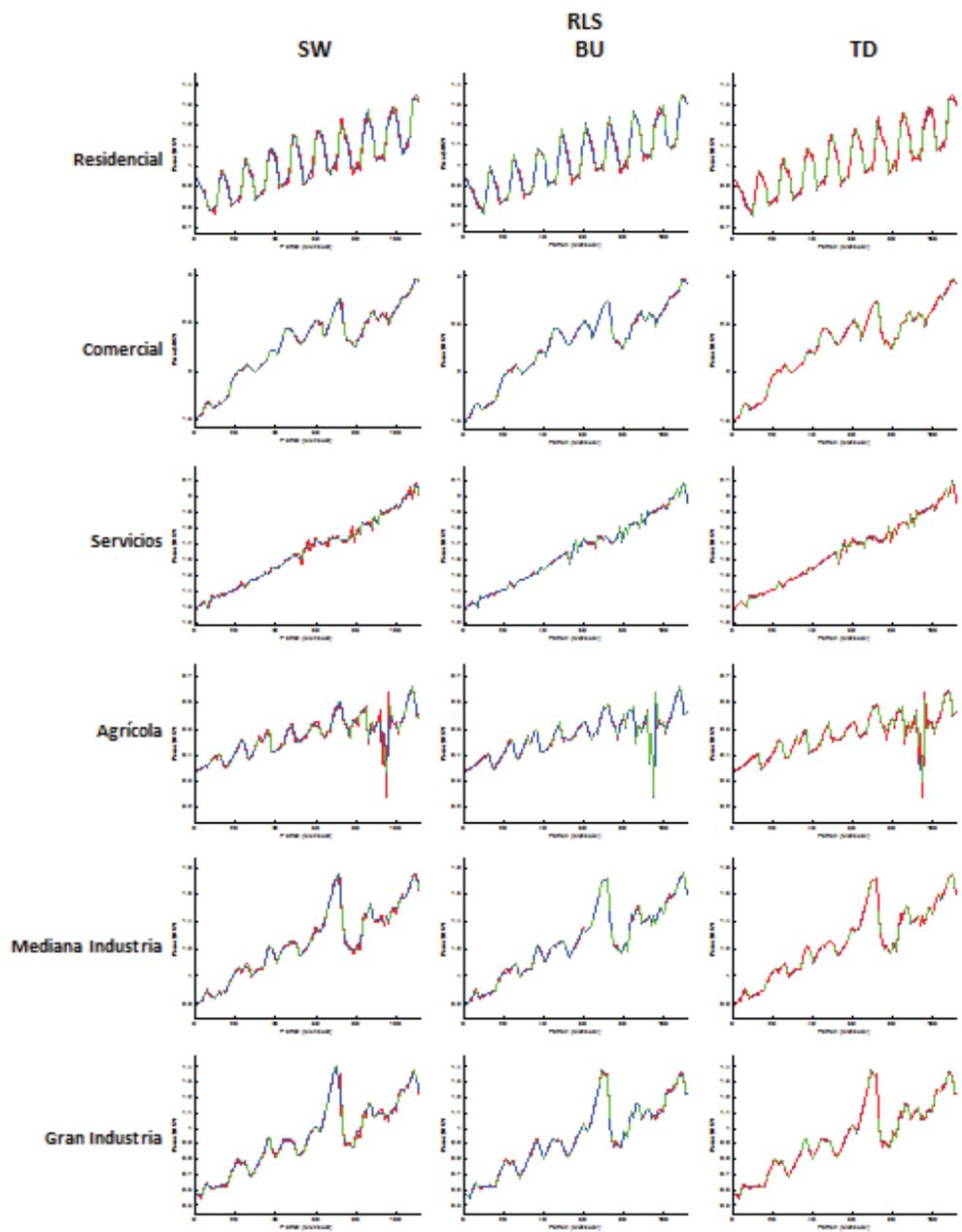


Figura 7. Segmentación RLS (con SW, BU y TD)

diferencia entre los valores promedio de los algoritmos ($\alpha = 0.05$). La Tabla 3 presenta los resultados de los intervalos de confianza. En los intervalos que incluyen el cero, para este nivel de confianza, no se puede concluir la diferencia de una diferencia entre las medias. La Tabla 4 presenta los resultados del contraste de los intervalos de confianza representándolos con signos mayor, menor o igual, en la cual se puede observar que SW es claramente el algoritmo que presenta el mayor error. En cuanto a BU y TD, se puede observar que no se encontró con suficiente evidencia estadística para demostrar el desempeño superior de un enfoque con el otro, debido a que cuando el intervalo de confianza incluye el cero, se puede concluir que no hay diferencia entre la media del error promedio por observación de los enfoques contrastados.

APCA			RLS		
-0.00005834	$\mu_{BU} - \mu_{TD}$	0.00064969	-0.00013699	$\mu_{BU} - \mu_{TD}$	0.00002965
-0.00087503	$\mu_{BU} - \mu_{SW}$	0.00006138	-0.00046525	$\mu_{BU} - \mu_{SW}$	-0.00021570
-0.00112556	$\mu_{TD} - \mu_{SW}$	-0.00027944	-0.00041899	$\mu_{TD} - \mu_{SW}$	-0.00015462

Tabla 3. Resultados de los intervalos de confianza

	APCA			RLS		
	SW	BU	TD	SW	BU	TD
SW	----	=	>	----	>	>
BU	=	----	=	<	----	=
TD	<	=	----	<	=	----

Tabla 4. Resultados del contraste entre medias de errores promedio por observación

7 Conclusión

En base al análisis realizado, se concluye que el mejor algoritmo de segmentación para las ST "Agrícola" es RLS con TD, mientras que para el resto de las ST, se tomó la decisión de utilizar el algoritmo APCA con TD, debido al sobre ajuste que puede generar el algoritmo de RLS. La metodología implementada en este artículo permitirá al modelo predictivo enfocarse en la estructura general de los datos, debido a que los algoritmos implementados reducen en forma precisa el ajuste de los datos, obteniendo así resultados reproducibles y conocimiento global de los datos. A pesar de los resultados obtenidos, el error de los algoritmos de segmentación depende tanto del orden del algoritmo, como de la experiencia del programador.

8 Trabajo Futuro

Una vez identificada la segmentación lineal a utilizar, la siguiente fase para el desarrollo del modelo predictivo será determinar la mejor clasificación de los segmentos. Se analizarán clasificaciones arbitrarias y clasificaciones en base diferentes medidas de similitud utilizando diversos algoritmos de agrupamiento.

9 Referencias

1. Piatetsky-Shapiro, G.: Knowledge discovery in real databases: a report on the IJCAI-89 workshop. American Association for Artificial Intelligence, AI Magazine, U.S.A., 1989.
2. Fayyad, U; Piatetsky-Shapiro, G; Smyth, P.: From Data Mining to Knowledge Discovery in Databases. American Association for Artificial Intelligence, pp. 37-54, 1996.
3. Bowen, L.: Data Mining for Information Professionals , 2006.
4. Chatfield, C.: The Analysis of Time Series. An Introduction. 6^{ta} Edición. Chapman & Hall/CRC, 2005.
5. McGovern, A; Rosendahl, D; Brown, R; Droegemeler, K.: Identifying Predictive Multi-Dimensional Time Series Motifs: An Application to Severe Weather Prediction. Data Mining Knowledge Discovery, vol. 22, pp. 232-258, 2011.
6. Tanaka, Y; Iwamoto, K; Uehara, K.: Discovery of time-series motif from multi-dimensional data base don MDL principle. Machine Learning, (28), pp. 269-300, 2005
7. Bowerman, B; O'Connell, R; Koehler, A; Pronósticos, Series de Tiempo y Regresión – Un Enfoque Aplicado. 4ta edición. México D.F.: Cengage Learning, 2009.
8. Keogh, E; Chakrabarti, K.; Mehrotra, S; Pazzani, M.: Locally Adaptative Dimensionality Reduction for Indexing Large Time Series Databases. En: ACD SIGMOD (Association for Computing Machinery – Special Interest Group on Management Data) Santa Barbara California, 2001.
9. Zhu, Y; De, W; Li, S.: A Piecewise Linear Representation Method of Time Series Based on Feature Points. En: Knowledge Based Intelligent Information and Engineering Systems and the XVII Italian Workshop on Neural Networks, 2007.
10. Povinelli, R; Time Series Data Mining: Identifying Temporal Patterns for Characterized and Prediction of Time Series Events. Doctorado, Milwaukee: Marquette University, 1999.
11. Montgomery, D; Runger G.: Probabilidad y Estadística Aplicada a la Ingeniería. 3^{ra} Edición McGraw-Hill, 2003.
12. Morchen, F.: Time Series Knowledge Mining. Ph. D. Marburg: Universidad Philipps., 2006.
13. Keogh, E; Chu, S; Hart, D; Pazzani, M.: An Online Algorithm for Segmenting Time Series. En: IEEE International Conference on Data Mining, pp. 289-296, 2001.

14. Keogh, E; Chakrabarti, K; Pazzani, M; Sharad, M.: Dimensionality Reduction for Fast Similarity Search in Large Time Series Databases. Knowledge and Information Systems, vol. 3, pp. 263-286, 2000.
15. Abonyi, J; Feil, B.: Cluster Analysis for Data Mining and System Identification. Alemania: Birkhauser, 2007.
16. Graves, D.; Pedrycz, W.: Multivariate Segmentation of Time Series with Differential Evolution. International Fuzzy Systems Associations – European Society for Fuzzy Logic and Technology, pp. 1108-1113, 2009.
17. McCue, P; Hunter, J.: Multivariate Segmentation of Time-Series Data. Intelligent Data Analysis in Medicine and Pharmacology , 2004
18. Gore, S; Bhosle, U.: Relative radiometric correction of multi temporal satellite imagery using fourier and wavelet transform. Indian Society of Remote Sensing, 2011.
19. Wu, X; He, J.; Jin, S; Xu, A; Wang, W.: Análisis y Predicción de Series de Tiempo en Mercados de Energía Usando Lenguaje R. Transactions of Tianjin University, vol. 16, 2010.
20. Das, G; Lin, K.; Mannila, H; Renganathan, G; Smyth, P.: Rule discovery from time series. En: 3^{ra} International Conference on Data Engineering, 1998.
21. Junkui, L; Yuanzhen, W.: APCAS An Approximate Approach to Adaptively Segment Time Series Stream. Asia-Pacific Web Conference and Web-Age Information Management , 2007.

Modelo de Predicción de Desorden de Trauma Acumulado por medio de Termografía

Yomara Denisse Campillo Acuña¹, Enrique Javier De la Vega Bustillos¹

División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Hermosillo
yomara_denisse@hotmail.com, en_vega@ith.mx

Resumen: Los desordenes de trauma acumulado son lesiones que aparecen comúnmente en las personas debido a tres factores importantes: repetición, postura incómoda y la aplicación de fuerza por periodos largos; éstos causan repercusiones en la persona al tener una lesión y dependiendo del tipo de desorden que padezca, una persona con desorden de trauma acumulado presenta una incapacidad para desempeñarse completamente, por lo que en el presente estudio se trata de desarrollar un modelo de desorden de trauma acumulado, con la finalidad de detectar oportunamente estas lesiones y tratar de evitar los efectos negativos que pueda tener, usando como principal herramienta la termografía infrarroja.

Palabras clave: Termografía, Desorden de trauma acumulado, extremidades superiores.

1 Introducción

Según Freivalds, “los desordenes de trauma acumulado (DTA), son lesiones al sistema musculoesquelético que se desarrollan gradualmente como resultado de microtraumatismos repetidos debido a un mal diseño y al uso excesivo de herramientas de mano y otros equipos” [1]. Existen muchas causas posibles que pueden provocar un DTA, el riesgo puede estar relacionado con la ocupación, o con actividades personales de cada individuo, en esta investigación nos enfocaremos a los riesgos ocupacionales, es decir los referentes al trabajo que desempeña una persona. Entre los factores ocupacionales, que contribuyen a la aparición de DTA se encuentran, las actividades enérgicas y repetitivas, carga muscular estática, postura del cuerpo, tensión mecánica, vibración y frío, por mencionar las más comunes [2].

Yomara Denisse Campillo Acuña¹, Enrique Javier De la Vega Bustillos, *Modelo de Predicción de Desorden de Trauma Acumulado por medio de Termografía*, en: Mario Barceló-Valenzuela, Alonso Perez-Soltero, Oscar Mario Rodríguez-Eliás, María Trinidad Serna-Encinas (Eds.), *Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora*, pp.141 - 147, 2012.

1.1 Termografía

La termografía es un proceso mediante el cual, las diferencias de temperatura se pueden mapear en una imagen de dos dimensiones, el proceso detecta la radiación electromagnética emitida por un cuerpo o un líquido que se encuentra a temperatura más alta y toma ventaja de la ley de Boltzman, que establece que la radiación térmica emitida por un cuerpo, es proporcional a la diferencia entre la cuarta potencia de su cuerpo y la cuarta potencia de su entorno; esto hace que la termografía sea una poderosa herramienta para detectar incluso las diferencias más pequeñas de temperaturas. Hay tres tipos de termografía, la termografía de cristal líquido, la termografía infrarroja y la termografía de microondas [3].

1.2 Planteamiento del Problema

Los DTA, continúan siendo un problema en la fuerza de trabajo, desde su prevalencia hasta el costo que representan, este tipo de lesiones han ido en aumento en las organizaciones de trabajo en el continente Europeo, además en Estados Unidos aunque el número ha disminuido sigue siendo una cifra bastante alta y el costo ha ido tomando un lugar importante además de los daños fisiológicos en los operadores [4][5].

Por este motivo, existe una clara necesidad de desarrollar nuevas herramientas de evaluación y diagnóstico, para cuantificar y prevenir la exposición a factores de riesgos de lesiones.

1.3 Objetivo

El objetivo de este trabajo es desarrollar un modelo de detección de desordenes de trauma acumulado, utilizando la termografía infrarroja como medio para lograr el temprano descubrimiento de este tipo de lesiones y poder prevenir un problema más severo, los objetivos específicos que se desprenden son:

- Determinar si existe una relación entre la variabilidad de la temperatura y la detección de trauma acumulado.
- Comprobar si existe diferencia de género en cuanto a los DTA.

1.4 Justificación

La justificación de este proyecto radica en la importancia de generar un modelo de detección, a fin de poder descubrir a tiempo los DTA y ser capaces de evitar los impactos negativos que estas lesiones puedan provocar, por mencionar las más importantes:

- Pérdidas económicas para las empresas por el ausentismo de los trabajadores;
- Pérdidas para las organizaciones en producción, calidad, tiempo.
- Pérdida para la familia del trabajador por una baja de sus ingresos económicos, además del aumento de gastos por un miembro de la familia lesionado.
- Mayor gasto para los organismos de salud encargados, por el aumento de los gastos médicos.
- Pérdidas económicas para el país al perder fuerza de trabajo.

2 Marco Teórico

2.1 Termografía infrarroja médica

La termografía infrarroja médica ha sido reconocida por el Consejo de Asociación Médica Americana, como una herramienta viable de diagnóstico desde 1987 y fue reconocida recientemente por la Academia Americana de Médicos de imágenes por infrarrojos. Diversos grupos y asociaciones promueven la correcta aplicación de la termografía en la práctica de la medicina deportiva, además existen varias aplicaciones de termografía infrarroja en el campo de la medicina humana; tales como trastornos neurológicos, cirugía de corazón abierto, enfermedades vasculares, síndrome de distrofia simpática refleja, problemas de urología y detección de fiebre masiva.

La termografía médica infrarroja, es una herramienta de análisis no invasivo, no emite radiación y se utiliza para el análisis de las funciones fisiológicas relacionadas con el control de temperatura de la piel. Esta tecnología en rápido desarrollo se utiliza para detectar y localizar anomalías térmicas, caracterizadas por el aumento o disminución de temperatura en la superficie de la piel. La reducción de la temperatura cutánea se ha asociado con los trastornos musculoesqueléticos, de hecho un patrón de piel fría alrededor de los esquinces de tobillo indica un mal pronóstico y un tiempo de recuperación largo [6].

3 Métodos y materiales

Para llevar a cabo la investigación se seleccionó una tarea, que presenta los tres factores que, como se mencionó anteriormente influyen en la aparición de DTA's, la empresa donde se realizó el estudio se dedica actualmente a la fabricación de cables y arneses.

La actividad que estudiaremos, consiste en la separación y acomodo de pequeños cables conductores a través de un pequeño componente plástico o grapa, para su fabricación es necesario el movimiento repetitivo de ambas manos.

Para llevar a cabo las mediciones de temperatura se siguió el procedimiento que se describe a continuación, primero con ayuda de los supervisores de cada línea se seleccionó previamente al personal, se determinó que la muestra de mujeres sería de 15 y la de hombres solamente de 7 ya que son los que realizan la misma actividad, además como el número de termógrafos disponibles para el estudio es de dos, se determinó que se

medirían las temperaturas de cuatro personas al día, procurando una selección de hombre y mujer.

Cada termógrafo sensorial se compone de seis terminales, para esta investigación, es necesario colocar 2 terminales, una en cada muñeca del operador, éstas fueron sujetadas con cinta adhesiva y la caja de datos se coloca en el pantalón del operador, cuidando en todo momento que el termógrafo no dificulte sus actividades, ni cause algún tipo de molestia; es necesario que el operador tenga un tiempo de reposo de diez minutos aproximadamente, por lo que en ese tiempo se le realizó una encuesta al operador en donde se incluyen los siguientes datos: nombre, edad, peso, altura, tiempo en la estación de trabajo y preguntas referentes a lesiones y/o molestias en las extremidades superiores durante el tiempo de trabajo.

Una vez colocado el termógrafo y concluido el tiempo de reposo inicial, el operador debe instalarse en su estación de trabajo para empezar su actividad, conjuntamente como datos adicionales, se realizaban mediciones de temperatura con un termómetro digital, del piso en la estación de trabajo y del asiento que ocupaba el operador, esto con la finalidad de poder realizar comparaciones. Después de haber cumplido dos horas y treinta minutos de trabajo ininterrumpido, el termógrafo debe ser retirado del operador, respetando de igual manera, diez minutos de reposo final, después de esto, el termógrafo se conecta por medio de una terminal USB a la computadora y por medio del software Skoll, los datos de temperatura y el tiempo de registro se descargan, para su posterior análisis.

La estadística descriptiva de la muestra de mujeres, es la que se aprecia en la tabla 1:

Tabla 1. Datos promedios de las muestras femeninas y masculinas

Género	Edad promedio (años)	Peso promedio (Kg)	Altura promedio (Cm.)	Tiempo promedio laborando (meses)
Femenino	27.13	69.53	158	56.47
Masculino	28.86	78.86	1.75	31.71

4 Desarrollo

Una vez concluido el experimento, es necesario analizar los datos arrojados, para tratar de determinar si existe relación alguna entre los DTA y la temperatura en el área de las muñecas de los operadores, con ayuda del software estadístico Minitab® se realizaron gráficos de dispersión de cada muestra y de cada una de las muñecas, como se muestra en la siguiente figura 1, con la finalidad de reconocer algún patrón en los datos.

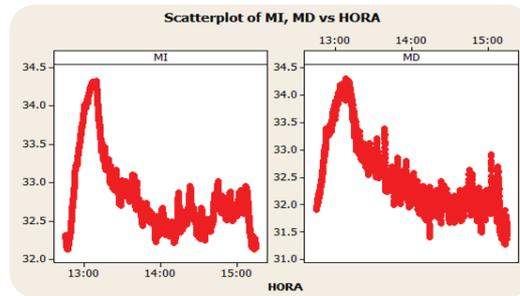


Fig. 1 Diagrama de dispersión de la muestra MI, muñeca derecha e izquierda (Fuente propia)

A continuación se realizaron pruebas de bondad y ajuste para determinar que distribución siguen los datos.

Distribution	Anderson-Darling (adj)	Correlation Coefficient
Weibull	2156.519	0.818
Lognormal	462.434	0.921
Exponential	9898.681	*
Loglogistic	433.163	0.917
3-Parameter Weibull	142.764	0.987
3-Parameter Lognormal	33.065	0.992
2-Parameter Exponential	733.974	*
3-Parameter Loglogistic	19.286	0.988
Smallest Extreme Value	2205.579	0.813
Normal	481.899	0.918
Logistic	450.923	0.914

Fig. 2 Tabla de distribuciones de probabilidad, prueba Anderson –Darling y coeficiente de correlación (fuente propia)

Por último se buscaron modelos de regresión, con la finalidad de encontrar un modelo que explique el comportamiento de la temperatura de las muñecas en función del tiempo, por lo que se evaluó primero que tipo de regresión se ajustaba mejor a los datos, entre la lineal, la cuadrática y la cúbica, la mejor regresión para los datos resultó ser la cúbica, en la Figura 3, se puede apreciar el ajuste del modelo.

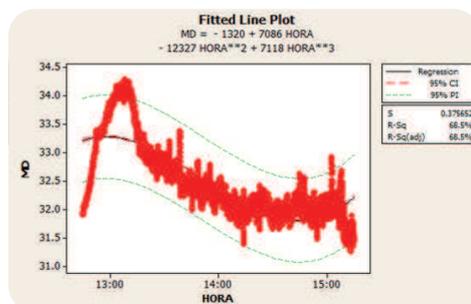


Fig. 3 Gráfica de un modelo de regresión para la MI en la muñeca derecha

5 Conclusiones

De acuerdo a los gráficos de dispersión obtenidos de los datos de temperatura y tiempo de cada una de las muestras, estas no siguen un patrón a simple vista, además de acuerdo a la prueba de Coeficiente de relación el 54% de la muestra de mujeres se ajusta mejor a una distribución 3 parámetros de Weibull esto incluye a las dos muñecas; en el caso de los hombres el 85.7% de la muestra de los hombres se ajusta mejor a una distribución 3 parámetros de Weibull, de igual manera se toman en cuenta las dos muñecas de cada muestra.

Al hacer un análisis de regresión lineal, cuadrática y cúbica, se encontró que el tipo de regresión que mejor se adecúa a los datos, según los valores de R ajustada, Valor P, normalidad y tendencia fue la cúbica sin embargo, aunque es la mejor de las tres, el modelo obtenido no es tan bueno para explicar la variabilidad de la temperatura en el tiempo, por lo que es necesario realizar más análisis.

6 Bibliografía

1. Freivalds, Andris. *Niebel's Methods, Standards and Work Design*. s.l. : McGraw-Hill, 2009.
2. *Applied Ergonomics*. Kroemer, Karl, Kroemer, Henrike and Kroemer-Elbert, Katrin, Elsevier Science, 1989.

3. Infrared Thermography: Experience from a decade of pediatric imaging. Saxena, Amulya K. and Willital, Günter H., Springer-Verlag, 2007.
4. Statistics, Bureau of labor. Bureau of labor statistics. [Online]. www.bls.gov, 2009.
5. Schneider, Elke, et al. OSHA in figures: work-related musculoskeletal disorders in the EU - facts and figures. Luxemburgo : s.n., 2010.
6. An overview of recent application of medical infrared thermography in sports medicine in Austria. Hildebrandt, Carolin, Raschner, Christian and Ammer, Kurt., Sensors, pp. 4700-4715, 2010.

Desarrollo de un sistema para la detección de afectaciones fisiológicas a partir de imágenes térmicas.

José Luis Ruiz Duarte, Ricardo A. Rodríguez Carvajal.

Universidad de Sonora, Departamento de Ingeniería Industrial, Rosales y Blvd. Luis Encinas S/N,
C. P. 83000, Hermosillo, Sonora, México.
jduarte@industrial.uson.mx, ricardo@industrial.uson.mx

Resumen. El presente documento muestra las bases para la aplicación de la estadística inferencial -utilizada muy comúnmente en el área de ingeniería- como una herramienta de apoyo para el diagnóstico de ciertas afectaciones fisiológicas en el seno de la mujer. Para lo anterior se plantea trabajar con la información que se encuentra en las imágenes termográficas que se obtendrán de una muestra de mujeres en Hermosillo, Sonora. En un inicio se observa el marco teórico que sustenta la investigación y cómo los estudios térmicos han mostrado ser una alternativa de diagnóstico a los métodos tradicionales; después se observa la problemática que dio origen a esta investigación; seguida está la metodología propuesta basada en los requerimientos detectados; luego vemos los resultados que se esperan de dicha investigación; y finalmente las conclusiones.

Palabras clave. Imágenes, Simulación, Estadística.

1. Introducción

Para la detección temprana de enfermedades como el cáncer de mama, las directrices de las normativas mexicanas hacen énfasis en la autoexploración, el examen clínico y la mastografía, pues este tipo de cáncer es una grave amenaza para la salud de la mujer a nivel mundial, llegando a convertirse en la segunda causa de muerte en mujeres de 30 a 54 años de edad en México [1].

Pero la práctica de mastografía también puede tener consecuencias negativas. Estudios realizados han detectado que la exposición a bajas dosis de radiación durante la mastografía incrementa el riesgo de desarrollar cáncer de mama [2], por lo que existe interés por desarrollar métodos alternativos de diagnóstico [3,4].

El objetivo de esta investigación es desarrollar y validar un sistema basado en técnicas de modelado matemático y aplicaciones informáticas para la detección de anomalías

José Luis Ruiz Duarte, Ricardo A. Rodríguez Carvajal, *Desarrollo de un sistema para la detección de afectaciones fisiológicas a partir de imágenes térmicas* en: Mario Barceló-Valenzuela, Alonso Perez-Soltero, Oscar Mario Rodríguez-Elias, María Trinidad Serna-Encinas (Eds.), *Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora*, pp.148 - 152, 2012.

térmicas en el seno de mujeres que puedan ser causadas por alguna afectación fisiológica, el cual pueda ser utilizado por el equipo de investigación del Departamento de Investigación en Física de la Universidad de Sonora, quienes actualmente llevan a cabo una investigación enfocada en desarrollar un método para la detección y diagnóstico para el cáncer de mama, el cual requiere un soporte informático para operar.

2. Marco teórico y trabajo previo

La estadística inferencial ha sido empleada como una herramienta muy poderosa y confiable para encontrar posibles causas de variación de los sistemas productivos. En todo sistema existe cierta variabilidad que es el resultado de acumular pequeños efectos de muchas causas inevitables, pero que no lo afectan en gran medida. Ocasionalmente se pueden presentar otras causas que afectarán de una manera más drástica a la variabilidad del sistema [5]. El método para detectar que existen estas causas involucra un estudio probabilístico de las variables de interés.

La simulación es una herramienta que utiliza distribuciones de probabilidad para generar eventos aleatorios que ocurren en determinado sistema [6]. Simulación es el conjunto de relaciones lógicas, matemáticas y probabilísticas que integran el comportamiento de un sistema bajo estudio cuando se presenta determinado evento [7]. La generación de ciertos eventos permite estudiar el comportamiento de un sistema bajo ciertas condiciones dadas. Simulación, entonces, se puede utilizar, entre otras cosas, para validar el diseño de cierto sistema, mediante su imitación, basado en información probabilística.

Aunado a lo anterior, existe el riesgo de detectar un caso de cáncer cuando este no existe (falso positivo) o de no detectar el cáncer cuando este existe dentro del paciente (falso negativo) [8]. El problema relacionado con los niveles de sensibilidad (verdaderos negativos sobre total de negativos), especificidad (verdaderos positivos sobre total de positivos) y precisión total (verdaderos positivos más verdaderos negativos sobre total de diagnósticos), se puede ver con un enfoque probabilístico.

Por otro lado, se han llevado a cabo investigaciones y el desarrollo de técnicas alternativas de procesamiento de imágenes del seno [8], entre otros, la termografía infrarroja, la cual promete ser una alternativa confiable para la detección del cáncer de mama a la mastografía por rayos X. Un termograma anormal ha demostrado ser un indicador confiable de incremento de riesgo de padecer cáncer en una etapa temprana [8]. Existen, además, numerosos avances en tecnología de cámaras térmicas y análisis efectuados por computadora que han mejorado la confiabilidad de la detección de cáncer por estos métodos [8].

Se han desarrollado para lo anterior diversos modelos matemáticos para cuantificar las relaciones complejas entre los comportamientos térmicos del seno y las condiciones fisiológicas y patológicas [8]. La termografía tiene una sensibilidad y especificidad promedio de 90%. En los últimos años, y gracias al Diagnóstico Asistido por Computadora (CAD), este nivel ha superado los de la mastografía [3].

Una detección temprana permite más opciones clínicas en el tratamiento. El 44% de los pacientes con termogramas anormales pueden desarrollar cáncer dentro de los siguientes 5 años. En el 70% de los casos se puede detectar cáncer de mama un año antes que por medio de mastografía [3].

3. Descripción del problema a abordar

El Departamento de Investigación en Física de la Universidad de Sonora (DIFUS), ha mostrado su disposición e interés en desarrollar un método para detección y diagnóstico de este tipo de cáncer que actualmente se ha convertido en un problema de salud pública. El DIFUS actualmente lleva a cabo investigaciones con sistemas nanoestructurados a base de plata, oro y diamante con la finalidad de desarrollar el conocimiento de fenómenos fisiológicos relacionados con procesos celulares y especialmente aquellos útiles para la detección y diagnóstico del cáncer de mama mediante un método no invasivo o mínimamente invasivo.

Por otro lado, y aunado a la tecnología física que se utilizará para la obtención de las imágenes térmicas, se necesitan analizar los datos de entrada -termogramas- y detectar en éstos los diferentes gradientes de temperatura que indiquen una asimetría térmica en el cuerpo de la persona, detectando así una anomalía y verificando si se trata de algún padecimiento.

Se carece de una herramienta que permita detectar anomalías térmicas que tengan una alta probabilidad de deberse a anomalías fisiológicas a partir de termogramas. Para lo anterior, el DIFUS ha unido esfuerzos con el Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad de Sonora, justificando la presente investigación.

4. Desarrollo de la solución

Se busca desarrollar un sistema que permita trabajar con las imágenes obtenidas por el DIFUS, y que sirva de apoyo para su investigación. Dicho sistema deberá contar con los aspectos mencionados a continuación.

Convertir los valores de los píxeles de las imágenes en valores de temperaturas.

Determinar los “límites de temperatura” de las diversas regiones del seno a partir de imágenes tomadas de personas sanas. Para lo anterior se utilizarán los termogramas para crear un modelo de temperatura, siguiendo el principio que un sistema tiene cierta variación natural, que nos permita conocer cuando exista una variación superior.

Encontrar las áreas con una temperatura superior a los límites establecidos por medio del modelo y encontrar su ubicación. Realizar una nueva imagen donde únicamente se muestren dichas áreas.

Hacer un modelo similar al anterior, esta vez midiendo los cambios de temperatura que existan entre las diferentes áreas y realizar el mismo procedimiento con esta variable.

Una herramienta informática que englobe los procesos mostrados anteriormente y que permita automatizar los que sean posibles.

Los modelos mencionados con anterioridad se someterán a una prueba de bondad de ajuste para determinar si las variables se pueden ajustar a alguna distribución de probabilidad. De esta manera se pueden fijar los límites para los valores de la variable de tal manera que solamente quede un porcentaje específico de valores que pudieran caer por fuera de los límites establecidos.

Por último, utilizar los modelos de distribución de probabilidad para realizar modelos de simulación que permitan validar el funcionamiento correcto de la herramienta informática.

5. Resultados

Se espera obtener que el sistema propuesto, permita detectar mediante un procedimiento similar al de prueba de hipótesis, si alguna región de un termograma bajo estudio se encuentra dentro de los límites de variación naturales del cuerpo humano o si posiblemente se deban a alguna afectación fisiológica, además de detectar el área afectada y posteriormente emitir alguna recomendación a la persona, para hacerse estudios más profundos que permitan corroborar o descartar alguna afectación.

Se busca reducir los niveles de falsos diagnósticos (falsos positivos y negativos) mediante el establecimiento de los límites basados en una distribución de probabilidad.

6. Conclusiones

Utilizar los supuestos de la estadística inferencial para el diseño de sistemas de diagnóstico asistido por computadora permite mejorar los niveles de detección de afectaciones fisiológicas en el seno de la mujer sobre los métodos utilizados actualmente.

La revisión bibliográfica indica que sí es posible, mediante el procesamiento de imágenes, la detección de patrones y comparación con modelos a partir de imágenes que permitan tomar la decisión si el objeto analizado puede ser considerado igual a dicho modelo.

Actualmente la etapa de investigación y desarrollo de la metodología se encuentra en proceso.

7. Bibliografía

1. Knaul, F. M., Nigenda, G., Lozano, R., Arreola-Ornelas, H., Langer, A. & Frenk, J.: Cáncer de mama en México: una prioridad apremiante. [Online]. Scielo. 51. Available: <http://www.scielo.org.mx/pdf/spm/v51s2/v51s2a26.pdf>, 2008.

2. Harris, J.: Meta-analysis: Mammography increased breast cancer risk for high-risk women younger than 30. *Hem/Onc Today*. 40-41, 2009.
3. Moghbel, M. & Mashohor, S.: A review of computer assisted detection/diagnosis (CAD) in breast thermography for breast cancer detection. *Artificial Intelligence Review*, 2011.
4. Amri, A., Saidane, A., Pulko, S.: Thermal analysis of a three-dimensional breast model with embedded tumour using the transmission line matrix (TLM) method. *Computers in Biology and Medicine*. 41. 76-86, 2011.
5. Montgomery, D. C.: *Introduction to Statistical Quality Control*. Arizona State University, 2005.
6. García Mora, F., Sierra Acosta, J. & Guzmán Ibarra, M. V.: *Simulación de Sistemas para Administración e Ingeniería*. Continental, 2005.
7. García Dunna, E., García Reyes, H. & Cárdenas Barrón, L. E.: *Simulación y Análisis de Sistemas con ProModel*. Prentice Hall. Naucalpan, 2006.
8. Jiang, L., Zhan, W. & Loew, M. H.: Modeling static and dynamic thermography of the human breast under elastic deformation. *Phys. Med. Biol.* 56. 187-202, 2010.

Diseño de un modelo estadístico de predicción del tipo de parto en la mujer embarazada

Georgina Reina-Salazar, Ignacio Fonseca-Chon, Octavio López Millán, Enrique De la Vega Bustillos

Instituto Tecnológico de Hermosillo, División de Estudios de Posgrado e Investigación,
Hermosillo, Sonora, México

georgina.reina@gmail.com, ifonseca01@yahoo.com.mx
lopezoctavio@yahoo.com.mx, en_vega@ith.mx

Resumen. El presente documento presenta una investigación preliminar para la realización de un estudio prospectivo de eventos obstétricos en el Hospital Integral de la Mujer en el estado de Sonora tomando como datos los principales factores de riesgo en el diagnóstico de operación cesárea con el objetivo de diseñar un modelo estadístico de predicción del tipo de parto en la mujer embarazada como estrategia para reducir el crecimiento acelerado del índice de cesáreas, el cual es considerado como un problema de salud a nivel nacional.

Palabras clave: Operación cesárea, regresión logística, predicción, parto.

1 Introducción

La cesárea es la cirugía que con mayor frecuencia se realiza en todos los hospitales de segundo nivel de atención médica en el sector salud y con mayor frecuencia en hospitales privados en México [1]. En la actualidad el incremento de nacimientos por este medio ha aumentado considerablemente sin justificación médica consistente [1, 2]. En los Estados Unidos de América los nacimientos quirúrgicos pasaron de 5% en 1988 a 23% en el año 2000. En España, en 1995 el porcentaje de cesáreas osciló entre el 12% y el 16%, mientras que encuestas en el 2004 ofrecían porcentajes del 23% del total de partos. En el Reino Unido pasaron de 3% en 1970 a 21% en el 2004. En México, el análisis del comportamiento de la operación cesárea realizado por la Secretaría de Salud durante 1990-1995 observó un incremento del 13.5% a 21.9%. En 1999 fue de 25.41%. [3]

En 1985 la Organización Mundial de la Salud estableció del 10 al 15% la tasa máxima de cesáreas. [4]

Como puede observarse en la figura 1, la tendencia en México va en aumento, siendo un poco mayores los índices del estado de Sonora, ambos rebasando el 30%, que representa el doble del porcentaje establecido por la Organización Mundial de la Salud.

Georgina Reina-Salazar, Ignacio Fonseca-Chon, Octavio López Millán, Enrique De la Vega Bustillos, *Diseño de un modelo estadístico de predicción del tipo de parto en la mujer embarazada*, en: Mario Barceló-Valenzuela, Alonso Perez-Soltero, Oscar Mario Rodríguez-Elias, María Trinidad Serna-Encinas (Eds.), Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora, pp.153 - 158, 2012.



Figura 1. Tasa de cesáreas del sector público a nivel Nacional, Estatal y Municipal (Fuente: Boletín de Información Estadística; Dirección General de Información en Salud, Secretaría de Salud, HIMES)

La aplicación de la operación cesárea produce diversos problemas de salud tanto para la madre como para el niño.

Algunos autores expresan que la cesárea es una de las causas que originan más temores en las mujeres en cuanto a volver a embarazarse, que quienes tienen hijos mediante partos normales. [3, 5]

Así mismo, se ha señalado la estrecha asociación entre la práctica excesiva de la operación abdominal y el aumento de los costos financieros y económicos de la atención hospitalaria. [6]

Es por esto que existe la gran necesidad de diseñar estrategias para frenar esta tendencia de aumento en las cesáreas, que ya es considerado un problema de salud pública a nivel nacional, estimando se agravará en los siguientes años. [7]

Mejorar las condiciones de salud de la población es la razón de ser del Sistema de Salud en México, y uno de los objetivos de desarrollo del milenio es mejorar la salud materna, según el documento de rendición de cuentas en salud (2009) reducir la mortalidad materna, es para México, el principal reto en materia de equidad en salud y justicia social, sobre todo por el efecto que tiene la pérdida de una madre en el núcleo familiar y en la sociedad.

2 Marco Teórico

Las estrategias identificadas que se han utilizado en un intento por reducir las tasas de cesárea, se clasifican como: Intervencionista y no Intervencionista, intervencionista se refiere a la intervención directa entre médico y paciente, dentro de las intervencionistas se

encuentran: la implementación de las guías de práctica clínica (GPC), las cuales han sido exitosas en la reducción de las tasas de cesáreas principalmente en Estados Unidos. [8] En México se cuenta con la Guía de Práctica Clínica Realización de Operación Cesárea IMSS 048-08, 2009. La cual tiene como propósito establecer criterios precisos que integren las indicaciones médicas de la operación cesárea en la resolución del embarazo, con el objetivo de disminuir la frecuencia de su práctica injustificada. [7]

El análisis y práctica del parto vaginal después de una cesárea anterior, también es una de las estrategias de disminución dentro de la clasificación de práctica clínica.

Dentro de la clasificación no intervencionista se identifican tres tipos de estrategias dependiendo a quien van dirigidas las actividades a realizar, si van dirigidas al paciente (mujer embarazada), a la estructura hospitalaria ó a los profesionales de la salud. Dentro de las dirigidas al paciente se encuentran las de tipo psicológico y educativo, las cuales describen un programa de clases de relajación por parte de las enfermeras para las mujeres con un miedo o ansiedad de dar a luz, también las sesiones de preparación al parto, la distribución de folletos de explicación de las oportunidades de un mejor parto y el análisis de decisión entre el profesional de la salud y la madre y familiares. [9]

Una de las estrategias que va dirigida a la estructura hospitalaria, dentro del tipo no intervencionista, es la implementación de auditorías de calidad, la cual consiste en establecer estándares clínicos respecto de la operación cesárea y compararlos con la práctica habitual. [10] Algunos estudios han mostrado que la auditoría es un medio eficaz como estrategia para reducir la tasa de cesáreas, pero ésta disminución es limitada cuando se utiliza sola. [11]

De las intervenciones dirigidas a profesionales de la salud que se han implementado, se encuentra la aplicación de la política de segunda opinión obligatoria, [11, 12, 13] que puede dar lugar a una pequeña reducción en las tasas de cesáreas, predominantemente durante la labor de parto. [14]

Otra estrategia que se ha implementado es la sesión de grupos de expertos con el apoyo de los líderes de opinión locales. [7] Quienes analizan los casos donde el diagnóstico resultó cesárea para conocer las razones y hacer recomendaciones.

La educación continua del profesional de la salud en especial en el cuidado obstetra, es también una de las estrategias no intervencionistas para disminuir la realización de cesáreas innecesarias. [15]

Una de las estrategias más recientes es la modelación del tipo de parto en la mujer embarazada, el cual se refiere al desarrollo de una fórmula por medio de técnicas estadísticas, que permite predecir el tipo de parto analizando varios factores de riesgo que pueden conducir o no al diagnóstico de la operación cesárea. [16]

Los modelos publicados recientemente entre 2004 y 2011 en algunos países como Estados Unidos, Francia, Australia y Brasil consideran distintos supuestos y tipo de variables. Algunas de las variables comúnmente empleadas son aspectos de la mujer como la edad gestacional (EG), el número de paros, edad cronológica de la mujer, peso inicial, ganancia de peso, estatura, antecedentes de cesárea en familiares de primer grado, etc. otras variables consideradas como índices clínicos son el índice de masa corporal (IMC), desproporción cefalopélvica, índice de Bishop, etc... [16, 17, 18, 19]

La variable dependiente se asocia a la forma de terminación del embarazo, que puede ser vaginal o por cesárea considerando datos levantados a los tres, seis o más meses de gestación.

2.1 Descripción del problema a abordar

El crecimiento acelerado de la práctica de cesáreas en México, ya es considerado un problema de salud pública a nivel nacional, estimando se agravará en los siguientes años. [7] El objetivo de éste estudio es diseñar un modelo estadístico de predicción del tipo de parto en la mujer embarazada, como estrategia para reducir el índice de cesáreas en el Hospital Integral de la Mujer en el Estado de Sonora.

3 Materiales y Métodos

Se realizará un estudio prospectivo de eventos obstétricos que se registrarán en el HIMES en el segundo semestre del presente año, (2012) se considerará la posibilidad de incluir todas las variables que influyen en la determinación del tipo de parto en la mujer embarazada, para desarrollar un modelo que permita cuantificar la probabilidad de que un embarazo termine vía vaginal o abdominal.

Los criterios de inclusión de los pacientes que se considerarán en el estudio son:

- Embarazo a término, es decir de 36 a 41 semanas de gestación y
- Expediente completo.

Se excluirán en el estudio a pacientes que presenten uno o más criterios absolutos en el diagnóstico de operación cesárea y que cuenten con una cesárea previa.

El análisis estadístico de los datos se hará empleando estadística descriptiva, análisis bivariado y multivariado con regresión logística.

Las variables independientes serán: Edad, Estatura, Peso, Índice de Masa Corporal (IMC), Aumento de peso en el embarazo, Índice de Bishop, Edad gestacional, número de paras, forma como nació la mujer embarazada y la madre de la embarazada, ingestión de elementos tóxicos antes y durante el embarazo y peso del feto al nacer.

La variable dependiente será el tipo de parto: cesárea ó parto vaginal. Se levantarán los datos y se capturarán en Excel, se exportarán a JMP 9, se analizarán con regresión logística múltiple para identificar los factores más importantes y que efecto tiene cada uno de ellos en la determinación del tipo de parto. Se calculará el riesgo relativo para cada factor, expresándolo con un intervalo de confianza del 95%.

4 Conclusiones

La etapa del levantamiento y análisis de los datos está en proceso, esperando que como resultado se identifiquen los principales factores que influyen en la determinación del tipo

de parto y en qué proporción; para posteriormente relacionarla con resultados obtenidos en otros países, así como también describir su aportación en la práctica médica.

5 Referencias

- 1 Muñoz J., Operación cesarea: indicación justificante ó preocupación justificada, Ginecología y Obstetricia de México, pp. 67-74, 2011.
- 2 Puentes-Rosas E., Gomez-Dantes O. y Garrido-Latorre F., «Las Cesareas en México: tendencias, niveles y factores asociados,» Salud Publica de Mexico, pp. 16-22, 2004.
- 3 Villanueva L., Operación cesarea: una perspectiva integral, Revista de la Facultad de Medicina, UNAM, pp. 246-250, 2004.
- 4 World Health Organization , Appropriate technology for birth, pp. 436-467, 1985.
- 5 Gomez M., Estado emocional de la mujer en relación con el parto o cesarea, Ginecología y Obstetricia de México, pp. 365-372, 2008.
- 6 Campero L., Hernandez B., Leya A., Estrada F, Osborne J.y Morales S, Tendencias de cesáreas en relación con factores no clínicos en un centro de educación para el parto en la Ciudad de México, Salud Publica en México, pp. 118-125, 2007.
- 7 IMSS, Guia de Practica Clinica Realización de operación cesarea, Secretaria de Salud, Ciudad de México, 2009.
- 8 Walker R., Turnbull D.y Wilkinson C., Strategies to Address Global Cesarean Section Rates: A Review of the Evidence, BIRTH 29:1, pp. 28-39, 2002.
- 9 Dugas M., Shorten A., Dubé E., Wassef M., Bujold E. y Chaillet N., Decision aid tools to support women's decision making in pregnancy and birth: A systematic review and meta-analysis, Social Science & Medicine, pp. 1-11, 2012.
- 10 Salinas H., Carmona S., Albornoz J., Veloz P., Terra R., Marchant R., Larrea V., Guzmán R. y Martínez L., ¿SE PUEDE REDUCIR EL ÍNDICE DE CESÁREA?, Revista Chilena de Obstetricia y Ginecología, pp. 8-13, 2004.
- 11 Chaillet N.y Dumont A., Evidence-Based Strategies for Reducing Cesarean Section Rates: A Meta-Analysis, BIRTH 34:1 Blackwell Publishing, Inc., pp. 53-64, 2007.
- 12 Althabe F., Belizán J., Villar J., Alexander S., Bergel E., Ramos S., Romero M., Donner A.y Lindmark G., Segunda opinión obligatoria para reducir cesáreas innecesarias en Latino América: un estudio controlado randomizado en racimo (1), Revista Chilena de Obstetricia y Ginecología , pp. 404-406, 2004.
- 13 Calvo A., Campillo C., Juan M., Roig C., Hermoso J. C.y P. J. Cabeza, Effectiveness of a multifaceted strategy to improve the appropriateness of cesarean sections, informa healthcare, pp. 842-845, 2009.
- 14 Khunpradit S., Tavender E., Lumbiganon P., Laopaiboon M., Wasiak J. y Gruen R, Non-clinical interventions for reducing unnecessary caesarean section (review), Wiley Publishers, 2011.
- 15 Davis D., Thomson M., Freemantle N., Frederick M., Mazmanian P.y Taylor-Vaisey A., Impact of Forma Continuing Medical Educationl, American Medica Association, vol. 282, n° 9, pp. 867-874, 1999.

158 Georgina Reina-Salazar, Ignacio Fonseca-Chon, Octavio López Millán, Enrique De la Vega Bustillos

- 16 . Chen G, Stanislav U.y Thomas K. Y., On prediction of the cesarean delivery risk in a large, American Journal of Obstetrics and Gynecology, pp. 617-625, 2004.
- 17 Barau G., Robillard T., Dedecker F., Laffite A., Gérardin P. y. Kauffmann E, Asociacion lineal entre el índice de masa corporal de la madre antes del embarazo y el riesgo de cesárea en los partos a término, International Journal of Obstetrics and Gynaecology, pp. 1173-1177, 2006.
- 18 Dietz H., Lanzarone V. y Simpson J., La predicción del parto quirúrgico, Ultrasound Obstet Gynecol , pp. 409-415, 2006.
- 19 Seligman L., Bartholow B., Branchtein L., Miranda D., Serrate S.y Schmidt M. I., La obesidad y el aumento de peso gestacional: parto por cesárea y las complicaciones del parto, Rev Saúde Pública, pp. 457-465, 2006.

Rediseño De Una Cabina De Pintura En Planta De Estampado Y Ensamble Ford Hermosillo

Francisco Armando Loreto López, Enrique Javier De La Vega Bustillos

Instituto Tecnológico de Hermosillo, Departamento de Posgrado, Ave. Tecnológico y Periférico Poniente S/N C.P. 83170 Colonia Sahuaro., Hermosillo, Sonora, México.
franciscoarmandoloreto@gmail.com en_vega@ith.mx

Resumen. En el área de pintura de las plantas automotrices se llevan a cabo operaciones manuales por parte de trabajadores en una cabina de especial donde se encuentra un ambiente controlado. Esta cabina tiene como objetivo asegurar que no existan defectos de calidad en el pintado del vehículo que pudieran ser provocados por partículas contaminantes o procedimientos ajenos al proceso de pintado. La gran desventaja de estas cabina para el trabajador es la falta de ventilación lo cual incrementa la temperatura corporal y no se conoce si esto puede ocasionar errores durante el desarrollo del trabajo. Esta investigación se llevara a cabo en base a un rediseño de una cabina de pintura, tomando como criterios los factores físicos y psicológicos del trabajador, para así disminuir los defectos de calidad que se presentan en la planta

Palabras clave: Ergonomía, factores físicos y psicológicos, calidad.

1 Introducción

Las actividades en las cabinas de pintura son relativamente frecuentes en la industria automotriz y no siempre se realizan en condiciones óptimas para la salud de los trabajadores. Independiente de la carga física del trabajador, el cual está sometido a condiciones medioambientales, sobre todo a niveles termo higrométricos. El objetivo de los estudios ergonómicos en cabinas de pintura es evaluar las condiciones de trabajo para determinar el grado de adaptación del puesto tanto físico como psíquico y social.

2 Marco Teórico

Dada la importancia que existe en muchas planta manufactureras de aprovechar al máximo la capacidad de producción de sus cabinas de pintura, algunas han mejorado las condiciones de las cabinas de pintura durante el transcurso del tiempo, así pues, algunas plantas se encuentran entre las llamadas “plantas de clase mundial” y otras siguen

Francisco Armando Loreto López, Enrique Javier De La Vega Bustillos, *Rediseño De Una Cabina De Pintura En Planta De Estampado Y Ensamble Ford Hermosillo*, en: Mario Barceló-Valenzuela, Alonso Perez-Soltero, Oscar Mario Rodríguez-Elias, María Trinidad Serna-Encinas (Eds.), *Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora*, pp.159 - 162, 2012.

utilizando cabinas sin mejoras, quizás, por falta de recursos o simplemente porque esas técnicas siguen dando resultado, aunque podrían mejorar.

El presente trabajo pretende rediseñar la cabina de pintura en base a los factores físicos y psicológicos del trabajador. Este estudio está enfocado a plantas que trabajan con cabinas de pintura en el cual se realizan operaciones por medio de trabajadores.

2.1 Ergonomía y condiciones físicas, psicológicas

Para la Asociación internacional de Ergonomía, IEA, [1] la ergonomía es una disciplina científica, que se ocupa de mejorar la interacción de la productividad, la salud, la seguridad y el confort de las personas, así como la promoción efectiva entre las personas, la tecnología y el medio ambiente en el que ambos tienen que operar.

Es fundamental para la realización de tareas que exigen un trabajo mental que existan unas condiciones físicas ambientales adecuadas. Escribe Mansilla Izquierdo [2] que de esta forma se facilita la atención correcta y la concentración necesaria para el desarrollo del trabajo.

Las condiciones que conducen al estrés en el trabajo y a otros problemas conexos de salud y seguridad” como las “condiciones normalmente denominadas factores psicosociales. Los factores de riesgo psicosocial en el trabajo abarcan las interacciones entre el medio ambiente laboral, las características de las condiciones de trabajo, las relaciones entre los trabajadores, la organización, las características del trabajador, su cultura, sus necesidades y su situación personal fuera del trabajo [3].

2.2 Condiciones físicas

2.2.1 Temperatura

Condición térmica extrema es la situación ambiental capaz de permitir una ganancia o una pérdida de calor en el cuerpo humano en tal magnitud que modifique el equilibrio térmico del trabajador y que ocasione un incremento o decremento en su temperatura corporal central, capaz de alterar su salud. Se considera como un factor de riesgo físico cuando la temperatura corporal profunda se puede elevar por encima de los 38° Celsius [4].

2.3 Condiciones psicológicas

2.3.1 Fatiga

Por fatiga mental, entendemos aquel estado transitorio de reducción de la eficacia funcional tanto física como mental, que viene determinada por la duración, intensidad y temporalidad de la tensión mental que le precede. Es por este motivo que la carga mental

se ve directamente relacionada con el procesamiento de la información que una persona se ve obligada a llevar a cabo, cuando desarrolla cierto tipo de actividades [5].

2.3.2 Fatiga física

El aspecto físico de la fatiga suele estar relacionada con el dolor. [6] (Pérez, 2011)

La aparición de fatiga han consistido habitualmente en la exposición del trabajador a una situación de trabajo muscular continuo hasta llegar al agotamiento [7].

Se considera fatiga física el gasto de oxígeno [8] que es la cantidad de O₂ que se puede utilizar no es ilimitada, es decir conforme aumenta la intensidad del ejercicio aumentan los requerimientos de O₂ por parte de la célula muscular, pero el organismo no puede introducir ilimitadamente más y más O₂, ya que llega un momento en que es imposible introducir más O₂, pues bien en ese momento decimos que el organismo está consumiendo el "máximo consumo de oxígeno", se expresa VO₂ max.

2.3.3 Fatiga mental

Para Mansilla Izquierdo [2], cuando se realiza una tarea que implica un esfuerzo prolongado al límite de nuestras capacidades que sobrepasa nuestro nivel de respuesta, se produce fatiga mental. Esta fatiga mental desencadena una serie de disfunciones a nivel físico y psíquico acompañadas de una sensación subjetiva de agotamiento y una disminución del rendimiento.

Algunos tipos de fatiga mental son el estrés laboral el cual [9] lo define como aquellas condiciones que se encuentran presentes en una situación laboral y que están directamente relacionadas con el ambiente, la organización, el contenido del trabajo y la realización de las tareas, y que afectan el bienestar o a la salud (física, psíquica y social) del trabajador, así como al desarrollo del trabajo. Así mismo también dentro de la fatiga mental se encuentra la carga mental que es el conjunto de toda la actividad mental y esfuerzo intelectual a los que se ve sometido el trabajador a lo largo de su jornada laboral para desarrollar el trabajo[2].

3 Selección del modelo

Para esta investigación se seleccionara el método subjetivo SOFI (Swedish Occupational Fatigue Inventory), el cual Integra cinco dimensiones de fatiga extraídas a partir de 95 expresiones verbales relacionadas con sentimientos de fatiga que emplearon para autoevaluarse 705 trabajadores de profesiones distintas, incluidos dos grupos de estudiantes. Estas dimensiones fueron denominadas falta de energía, cansancio físico, incomodidad física, falta de motivación y somnolencia [10].

4 Conclusiones

Se ha realizado una serie de investigaciones acerca de las condiciones físicas y psicologías de los trabajadores y recolección de datos, con lo cual se podrá trabajar con la etapa de aplicación de la metodología y experimentación de datos.

5 Bibliografía

1. IEA. Asociacon Internacional de Ergonomía. Recuperado el 29 de junio de 2012, de <http://www.iea.cc>: http://www.iea.cc/01_what/What%20is%20Ergonomics.html, 2010.
2. Mansilla Izquierdo, F. (s.f.). Manual de Riesgos Psicosociales en el trabajo: Teoría y Práctica. Recuperado el 10 de marzo de 2012, de Psicología Online: <http://www.psicologia-online.com/ebooks/riesgos/>
3. Acosta Fernandez, M., Aldrete Rodriguez, M. G., Alvarado Hernandez, C. M., Aranda Beltran, C., & Arellano Perez, L. G. *FACTORES PSICOSOCIALES Y SALUD MENTAL EN EL TRABAJO*. Guadalajara: Universidad de Guadalajara. 2006.
4. Norma Oficial Mexicana NOM-015-STPS-2001. Condiciones térmicas elevadas o abatidas-Condiciones de seguridad e higiene. México: Secretaria del trabajo y prevención social. 2002.
5. Norma ISO 10075: 1991 Ergonomic principles related to mental workload. General terms and definition Geneva, ISO 1991.
6. Perez, J., Virtual Human Factors Tools for Proactive Ergonomics: Qualitative Exploration And Method Development. Toronto, Ontario, Canada: Digital Commons @ Ryerson. 2011.
7. De Arquer, I. Carga mental de, (1999). Recuperado el 27 de mayo de 2012, de <http://www.insht.es>: <http://www.insht.es/Ergonomia2/Contenidos/Promocionales/Carga%20Mental/ficheros/DTECargaMental.pdf>
8. García, H.. El consumo de oxígeno. APUNTES DEPARTAMENTO E. F. 2007.
9. Cedeño Sánchez, C. X., & Gómez Huaypatín, W. O.. Análisis Ergonómico En El Trabajo De Mantenimiento Eléctrico. Guayaquil, Ecuador: Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación. 2010.
10. Garrosa Hernández, E., Moreno Jiménez, B., & González Gutiérrez, J. L., La carga mental y la fatiga laboral: relación, fuentes, facilitadores y consecuencias asociadas. La Mutua, 2010.

Satisfacción del Paciente en el Departamento de Urgencias Hospitalarias: Un marco de referencia para determinar y priorizar los factores críticos para ofrecer servicios de calidad

Jaime Alfonso León-Duarte, Alfonso Cisneros-Campos

Universidad de Sonora, Departamento de Ingeniería Industrial, Rosales y Blvd. Luis Encinas S/N,
C. P. 83000, Hermosillo, Sonora, México.

alfons.cisneros@gmail.com, jleond@industrial.uson.mx

Resumen. En las últimas décadas se ha producido un creciente interés en la medición, evaluación y mejora de la calidad en los servicios de salud. Algunos estudios incorporan la satisfacción del paciente como una variable en la estimación de la calidad en los servicios de salud. Para la obtención del grado de satisfacción del paciente sobre el servicio, es necesario evaluar su perspectiva con la finalidad de proponer estrategias como entrenamiento del personal, modos de operación, infraestructura, certificación, entre otros.

En este estudio se hace revisión bibliográfica sobre la temática, metodología de medición y estudios previos sobre el servicio del Departamento de Urgencias, así como de los factores que provocan impacto en la percepción y expectativa de los pacientes de este servicio. Esta investigación constituye un marco referencial para la elaboración de una tesis de maestría, acerca de propuestas de mejora en el Departamento de Urgencias en un hospital en México.

Palabras Clave: Departamento de Urgencias, Calidad, Percepción, Satisfacción del Paciente, Percepción.

1 Introducción

Entender correctamente las necesidades de la sociedad se vuelve cuestión clave y punto de partida para diseñar y gestionar procesos que logren una elevada satisfacción entre sus usuarios. Por ello, el contar con un adecuado diseño del servicio es señal para trabajar en la obtención de una organización de alto impacto en términos de satisfacción y eficiencia [1].

En los últimos años ha habido un cambio sociocultural en la población, observándose un aumento en sus conocimientos sanitarios. Este cambio ha generado diferentes

Jaime Alfonso León-Duarte, Alfonso Cisneros-Campos, *Satisfacción del Paciente en el Departamento de Urgencias Hospitalarias: Un marco de referencia para determinar y priorizar los factores críticos para ofrecer servicios de calidad*, en: Mario Barceló-Valenzuela, Alonso Perez-Soltero, Oscar Mario Rodríguez-Eliás, María Trinidad Serna-Encinas (Eds.), *Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora*, pp.163 - 167, 2012.

demandas por parte de los pacientes, exigiendo a los profesionales e instituciones sanitarias mejoras asistenciales que ayuden a aumentar su nivel de satisfacción, valorándose, en este proceso cada vez más, la opinión de los pacientes y la calidad de los cuidados prestados [2].

De acuerdo con Blanco-Abril [2], estudios recientes muestran que la satisfacción depende de cómo haya sido atendido el paciente, de las expectativas sobre cómo debería haber sido atendido y del valor dado a cada elemento de la atención sanitaria.

Conociendo qué indicadores son los más importantes y característicos para los pacientes sobre los servicios de Urgencias Hospitalarias, se puede lograr buen nivel de satisfacción.

2 Marco Teórico

A continuación se abordan los aspectos destacados en la investigación sobre la calidad del servicio en el Departamentos de Urgencias Hospitalarias.

2.1 Calidad de Servicios Médicos

Para definir la calidad de los servicios médicos, se debe definir el significado de la calidad por sí misma. Steffen [3] define la calidad como “la capacidad de un objeto con sus propiedades para lograr un objetivo”. Se deduce, entonces, que la calidad puede medirse sólo con referencia a un objetivo. Cuanto más se completa el objetivo de satisfacer la calidad, mayormente se juzgará la calidad. En consecuencia, la calidad de los servicios médicos es “la capacidad de los elementos de ese servicio para alcanzar legítimos objetivos médicos y no médicos” establecidos por el paciente con la asistencia del médico.

La calidad es un concepto subjetivo dado que cada individuo puede tener su propia apreciación acerca del producto o servicio en cuestión. No hay calidad que se pueda medir solamente por la apreciación o el análisis de alguna de las partes, sino que debe ser evaluando la totalidad [4].

De acuerdo con Dávila [5], la evaluación de la calidad depende del grado de exigencia de las personas, la cual, a su vez depende de circunstancias culturales, sociales y económicas. Por otro lado, si la calidad es subjetiva para los pacientes, también lo será para los profesionales de la salud y si ambos no coinciden en su evaluación de la atención recibida, nos enfrentaremos ante situaciones en las que la calidad de la atención no será la óptima.

La OMS (Organización Mundial de la Salud) identifica como componentes básicos de los cuidados de salud de calidad: un elevado grado de excelencia profesional, la eficiencia en la utilización de recursos, riesgos mínimos para los pacientes, satisfacción para los usuarios y obtención de resultados de salud [6].

2.2 Factores Críticos en el Servicio de Urgencias

Aunque parezca imposible mantener a todos los clientes satisfechos, podemos lograr un alto nivel de satisfacción si se identifica qué factores del servicio son los más importantes para el cliente y se tratan de mejorarlos.

Según Soremekun [7], el tiempo de espera es un factor clave del nivel de satisfacción de los pacientes en su cuidado en el Departamento de Urgencias.

En un estudio de Abo-Hamad [8], se identificaron dos áreas clave de rendimiento: eficiencia del departamento y rendimiento del paciente. Las medidas del rendimiento del paciente son el tiempo de espera promedio y duración media de estancia, mientras que para la eficiencia del Departamento de Urgencias son: productividad del departamento, utilización de los recursos y eficiencia de su diseño.

Por su parte, Yordan [9] menciona que el trabajo en equipo y la calidad técnica de la atención son fuertes predictores de la satisfacción del paciente. Las habilidades de trabajo en equipo como la comunicación, coordinación y cooperación en programas de residencia médica en Urgencias, son especialmente importantes debido a su naturaleza compleja y a la presión por el tiempo de atención a los pacientes. La educación y la implementación de herramientas de comunicación específicos y comportamientos también mejoran la satisfacción del paciente y del personal.

La explicación del médico sobre la administración de casos es fundamental para la satisfacción del paciente. La información del Departamento de Urgencias tiene un efecto significativo sobre las percepciones de los pacientes de la calidad de la atención y satisfacción general [9].

En el estudio de Yordan [9] se menciona que los factores ambientales representan un aspecto no reconocido que afecta la satisfacción del paciente en el Departamento de Urgencias. Factores ambientales tales como ventilación, calefacción y confort de la unidad organizativa no se relacionan con la satisfacción del paciente. Además a limpieza del departamento de urgencias también se considera un factor importante en la satisfacción al paciente. Por otra parte destaca que la actitud de la enfermera parece ser factor importante de la satisfacción general. De manera similar, se dice que los elementos de la enfermería y el personal fueron los factores claves en la conducción de la satisfacción de los pacientes.

2.3 Metodologías de Medición

Dado que la cuantificación del nivel de calidad percibida por un paciente es meramente un aspecto subjetivo, se sugiere que para su evaluación se apliquen métodos de investigación, tales como encuestas del grado de satisfacción, cuyo objetivo es conocer cómo evalúan los clientes el sistema sanitario y establecer una retroalimentación informativa hacia el personal sanitario a fin de que conozca la evaluación de su actividad global [10].

Se ha encontrado literatura referente a la evaluación de la calidad de los servicios, como el modelo de las Deficiencias, el modelo EFQM, el modelo KANO, el modelo Deming, el modelo Malcolm Baldrig y el modelo de excelencia de la calidad cubana [1].

Las técnicas de investigación “orientadas”, destinadas a conocer determinados aspectos de la asistencia sanitaria, son especialmente útiles a la hora de analizar la perspectiva del paciente y valorar adecuadamente la calidad asistencial [10].

2.4 Estrategias de Mejora

Al recopilar datos estadísticos, estos sirven para evaluar y controlar el sistema de calidad, y ello conduce a un proceso de mejora continua, trayendo por consecuencia un círculo virtuoso en el que cada vez mejora más la calidad de los productos o servicios.

En la formación de equipos de cuidado de la salud, se debe incluir la capacitación y la comunicación interpersonal dirigidos a mejorar la comprensión del paciente sobre los servicios de atención y la percepción de la dedicación del equipo de cuidado de la salud. Por ejemplo, las habilidades de comunicación mejoradas pueden permitir al paciente comprender la complejidad de su historia clínica, las pruebas solicitadas, los especialistas implicados en su cuidado, y su proceso de atención, mientras se encuentra en el Servicio del Departamento de Urgencias [7].

Las intervenciones en el proceso de cuidado dirigidas a iniciar el proceso de atención de manera temprana, proveen tiempos de espera finitos a los pacientes, y la ocupación de ellos durante este período, reduce su percepción sobre los tiempos de espera y aumenta su satisfacción en general [7].

Los métodos de ajuste predictivos de las expectativas de los pacientes, pueden identificar estas expectativas al inicio del proceso de atención y ajustarlas adecuadamente, lo cual puede aumentar la satisfacción de los pacientes en general. La formación de otros profesionales del cuidado de la salud refiere al paciente en el departamento de urgencias para establecer las expectativas apropiadas, así como también las intervenciones específicas para facilitar la identificación temprana y el manejo de las expectativas de los pacientes, deben ser estudiadas [7].

3 Conclusiones

Generalmente, los pacientes no tienen idea acerca de la utilidad de las investigaciones realizadas en Departamentos de Urgencias. La falta de este conocimiento puede afectar la evaluación precisa de la calidad en la atención, por ello es necesario que las investigaciones técnicas realizadas en los Servicios de Urgencias Hospitalarias, se expliquen totalmente a los pacientes.

Los hallazgos, conceptos y conocimientos de las investigaciones proporcionarán un mejor entendimiento de los factores que contribuyen a mejorar la satisfacción del paciente en el Departamento de Urgencias.

La percepción está en función de la información recibida sensorialmente del servicio proporcionado al paciente.

Uno de los aspectos que facilita la comprensión del servicio brindado, puede ser la investigación sobre la interacción paciente-médico, para obtener un panorama del servicio con la finalidad de mejorar la experiencia del paciente en el Departamento de Urgencias. Las expectativas del paciente son de igual importancia para la satisfacción del paciente. Una comprensión inicial de sus expectativas puede permitir al personal del departamento de Urgencia manejarlas durante su proceso de atención.

4 Bibliografía

1. Rodríguez, Y. A., Ochoa, M. J. & Torres, M. H. Instrumento para evaluar el nivel de satisfacción en los usuarios de los servicios asistenciales. (Spanish). *Ingeniería Industrial*, 30, 1-7, 2009.
 2. Blanco-Abril S., Chinchilla-Nevado M.A., Cobrero-Jimenez E.M., Mediavilla-Durango M., Sanchez-Vicario F., Rodriguez-Gonzalo A., & Cunado-Barrio A. Satisfacción de los pacientes de urgencias con los cuidados enfermeros. *Enfermería Clínica*. 20, 23-31, 2010.
 3. Steffen, G. E. Quality medical care. A definition. *JAMA: The Journal of the American Medical Association*, 260, 56-6, 1988.
 4. Lorenzo S. Hacia nuevos planteamientos de calidad. El paciente como coprotagonista. Informe SESPAS 2008. *Gaceta Sanitaria*. 22, 186-19, 2008.
 5. Dávila, M. G. Percepción de la calidad en la atención en el paciente pediátrico hospitalizado en el área de urgencias en el hospital infantil de México "Federico Gómez". *Especialista en Pediatría Tesina*, Universidad Nacional Autónoma de México, 2012.
 6. Correia Loureiro, S. M. & Miranda Gonzalez, F. J. Calidad y satisfacción en el servicio de urgencias hospitalarias: Análisis de un hospital de la zona Centro de Portugal. *Invest. Eur. Dir. Econ. Empresa Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa*, 16, 27-41, 2010.
 7. Soremekun, O., Takayesu, J., & Bohan, S. Framework for Analyzing Wait Times and Other Factors that Impact Patient Satisfaction in the Emergency Department. *Journal of Emergency Medicine*. 41, 686-692, 2011.
 8. Abo-Hamad, W. & Arisha, A. Simulation-based Framework to Improve Patient Experience in an Emergency Department. *European Journal of Operational Research*, 2012. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2012.07.028> [Consultado el 24 Agosto 2012].
 9. Yardan T., Genc S., Baydin A., Aydinkal E., & Sunter A.T. Determinants of patient satisfaction with an emergency department observation unit. *Hong Kong Journal of Emergency Medicine*. 19, 151-161, 2012.
- Díaz, R. Satisfacción del paciente: principal motor y centro de los servicios sanitarios. *Revista Calidad Asistencial*, 17 (1), pp.22-9, 2002.

Un modelo de memoria organizacional para gestionar el conocimiento en un departamento de servicios de tecnología.

Alonso Perez-Soltero¹, Miguel López-Muñoz¹, Mario Barceló-Valenzuela¹, Rafael Valencia García²

¹ Dpto. de Ingeniería Industrial, Universidad de Sonora,
Rosales y Blvd. Luis Encinas S/N, C. P. 83000, Hermosillo, Sonora, México

² Dpto. De Informática y Sistema, Universidad de Murcia,
Campus Universitario de Espinardo 30071, Murcia, España

¹{aperez, melopez, mbarcelo} @industrial.uson.mx, ²valencia@um.es

Resumen. El presente artículo propone un modelo de memoria organizacional para gestionar el conocimiento dentro de un departamento de servicios de tecnología, basado en la utilización de las tecnologías de información que tienen disponibles. Este modelo representa de una manera general tres elementos clave para la gestión del conocimiento importante de dicho departamento: el primer elemento son los casos de servicio a usuarios generados cuando este presenta alguna problemática; el segundo elemento son las bitácoras, generadas cada vez que se atiende a algún usuario o a algún dispositivo administrador por el departamento; el tercer elemento son los procedimientos, creados y aprobados por personal del departamento, que tienen como objetivo ayudar al personal del departamento a resolver los problemas presentados a los usuarios. Este modelo, incluye la manera en la que se gestionarán cada uno de los tres elementos y como estos funcionarán a través de las actividades del departamento.

Palabras Clave: Gestión del conocimiento, memoria organizacional, Tecnologías de información.

1 Introducción

En la actualidad, uno de los principales problemas que se encuentran en las organizaciones es la inadecuada gestión del conocimiento generado por ellas a través de las interacciones de sus trabajadores ante las operaciones diarias. A través de estas interacciones se genera conocimiento que puede representar un activo real para la organización, incluyendo información y procedimientos importantes referentes a una persona, actividad y objeto. El principal problema con el que cuentan estas organizaciones, es que este conocimiento no se almacena y/o documenta de alguna manera, quedando simplemente en la memoria del o los trabajadores que lo implementaron, sin transferirse a las demás partes de la organización y posteriormente quedando en el olvido, si este ya no es utilizado.

La ventaja de utilizar una memoria organizacional (M.O.), es que a través de ella se puede tener una interfaz que facilitará tanto la creación, gestión, difusión y utilización de todo aquel conocimiento generado dentro de la organización, que es catalogado como un conocimiento que puede representar un activo dentro de ella, representando así, una manera por la cual se pueden optimizar los procesos de la organización, mejorando la calidad del servicio [1].

Alonso Perez-Soltero, Miguel López-Muñoz, Mario Barceló-Valenzuela, Rafael Valencia García, *Un modelo de memoria organizacional para gestionar el conocimiento en un departamento de servicios de tecnología*, en: Mario Barceló-Valenzuela, Alonso Perez-Soltero, Oscar Mario Rodríguez-Eliás, María Trinidad Serna-Encinas (Eds.), Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora, pp.168 - 180, 2012.

El objetivo del presente artículo es proponer un modelo de M.O. para gestionar el conocimiento dentro de un departamento de servicios de tecnología, basado en la utilización de las tecnologías de información disponibles. De igual manera, como objetivo primordial está la propuesta de una metodología para la implementación de este modelo, considerando tanto los aspectos organizacionales y tecnológicos del departamento.

2 Antecedentes

El departamento de servicio de tecnología en estudio, pertenece a una institución de educación superior del noroeste de México, dando servicio de tecnología en informática, específicamente en desarrollo de software, soporte técnico e infraestructura.

Este departamento cuenta con 2 áreas fundamentales; el área de soporte técnico que es un área especializada en el mantenimiento correctivo y preventivo de dispositivos informáticos, así como la configuración de los mismos y redes y telecomunicaciones, y el área de redes y telecomunicaciones que es un área especializada en el diseño y administración de infraestructura informática, utilizada por toda la comunicad institucional, prestando servicios de diseño, implementación y configuración de servicios y sus dispositivos. Estas dos áreas están conjuntamente ligadas, ya que realizan algunas actividades en común como son la configuración de servicios de usuarios en sus dispositivos. Cuando algún usuario de la institución experimenta alguna problemática se dirige a el área de atención a usuario del departamento que a su vez crea un caso de atención de servicio que puede ser asignado tanto al área de soporte técnico, o al área de redes y telecomunicaciones, dependiendo de varios factores, como la disponibilidad, niveles de usuario y/o el nivel de complejidad y confidencialidad de la información, siendo el área de redes y telecomunicaciones el área más especializada para resolver los casos más complejos y con más prioridad.

La problemática se presenta en varias vertientes. La primera de ellas ocurre cuando el área de atención a usuarios crea un caso de servicio para algún usuario y éste lo puede asignar tanto al área de soporte técnico, como al área de redes y telecomunicaciones, dependiendo de los factores anteriormente mencionados. Aunque el objetivo final de la actividad solicitada puede ser el mismo, los métodos y técnicas para solucionarlo pueden variar dependiendo del técnico definido por el área al cual fue asignado el caso, debido a que no existen procedimientos debidamente estandarizados. Uno de los principales problemas que se generan a través de este esquema de canalización, es que el técnico que soluciona el caso de servicio se puede encontrar con varias dificultades técnicas que ocasionan que éste tenga que realizar modificaciones al procedimiento establecido en la solución de dichos problemas y llevar a cabo un nuevo procedimiento o una nueva técnica para solucionarlo. En la mayoría de las veces, el conocimiento generado a través de este tipo de relaciones con los usuarios y equipo se queda solamente en la experiencia del técnico y muchas veces también puede ser olvidada por la persona que lo generó.

Otra situación que se presenta en cualquiera de las dos áreas cuando atienden un caso de servicio, es que no se cuenta con ningún historial de los procedimientos utilizados anteriormente en los dispositivos o información acerca de los permisos y privilegios con los que cuenta cada usuario, existiendo desinformación del tratamiento que debe darse al usuario o a los dispositivos con los que cuenta, generando así que el técnico opte por eliminar todo el trabajo de configuración y empezar a trabajar desde el principio para así tener una noción del trabajo realizado.

En pocas palabras se puede conceptualizar al problema dentro del departamento de servicios tecnológicos, como la inadecuada retención, recuperación, distribución y utilización del conocimiento generado por las actividades diarias de las áreas e soporte técnicos y redes y telecomunicaciones, para poder ser aprovechado por los integrantes de las mismas, con el objetivo de ofrecer un mejor servicio a los usuarios.

3 Marco Teórico

Hoy en día, el conocimiento que se encuentra dentro de las organizaciones, aparte de ser un recurso, se está convirtiendo en un importante activo estratégico para ellas [2]. La capacidad con la que cuentan estas organizaciones para utilizar eficientemente este conocimiento y distribuirlo a todos sus departamentos, cada vez se está volviendo más importante como determinante para la ventaja competitiva y cada vez este será más crítico para el éxito y la supervivencia de ellas [3].

Nonaka [4] señala que el conocimiento es la única fuente segura de ventaja competitiva duradera y solo las empresas exitosas son las que están creando, difundiendo y utilizando nuevos conocimientos constantemente. Estas organizaciones son denominadas organizaciones creadoras de conocimiento [5].

El conocimiento al que están expuestos los individuos a través de los procesos organizacionales puede catalogarse como conocimiento potencial [6], este conocimiento al combinarse con la experiencia de las personas se convierte en conocimiento tácito [4] representando todo aquel conocimiento que tiende a no ser verbalizado ni enfatizado, adquirido por experiencias individuales más que por instrucciones [7] y considerado de valor para la empresa, para después ser convertido a conocimiento explícito para facilitar su comprensión y su almacenamiento [8].

3.1 Gestión del conocimiento

El desarrollo del concepto de Gestión del Conocimiento (GC) está fundamentado en la idea de que el conocimiento con el que cuentan las personas, es el recurso más valioso de una organización y que el buen funcionamiento de ella depende en gran medida en la manera en que esta brinda el ambiente adecuado para la generación, compartición de nuevo conocimiento y como lo utiliza para su beneficio [9].

Nonaka y Takeuchi definen a la GC como un proceso de aplicación sistemático para la captura, estructura, gestión y difusión del conocimiento generado en toda la organización con el fin de hacer más eficientes los procesos de la misma, mejorar las prácticas de reutilización y reducir costos derivados del rediseño de los proyectos [5].

3.2 Memoria Organizacional

El término de memoria organizacional M.O. ha sido utilizado para describir la preservación del conocimiento en las organizaciones, independientemente del sector en donde ésta se desenvuelva, como suele ocurrir, no hay un consenso general sobre el significado exacto de la M.O. [10]. Existen distintas definiciones que se describen a continuación.

Bennet y Bennet establecen una fórmula para definir el concepto de M.O.:

$$M(Org) = \sum Mecanismos Kn + \sum Individual (Kn_1 + Kn_p) + \sum Social (Kn_1 + Kn_p)$$

Definiendo a la M.O. como el cuerpo del conocimiento requerido para lograr los objetivos estratégicos de una organización, ésta a su vez representa la suma de toda la información relevante, disponible para los empleados (mecanismos) más la suma del conocimiento de cada empleado, más la suma de todo el conocimiento social (a través de equipos, grupos, comunidades e interacciones) a través de la organización [11].

Conklin define a la memoria organizacional como el medio por el cual se pueden extender y ampliar los beneficios del conocimiento, a través de su captura, organización, difusión y la reutilización del conocimiento generado por sus empleados, mejorando los procesos diarios de la organización [12].

3.3 Casos

De acuerdo a Watson los casos son registros de experiencias que contienen un conocimiento expresado tanto explícita como tácitamente. Por ejemplo, pueden surgir casos como historias clínicas de pacientes en el sentido médico, detalles de los préstamos bancarios o descripciones de situaciones de solución de problemas. Estos casos siempre deben de incluir una descripción y el resultado correspondiente o la solución [13].

Según Perez-Soltero estos casos deben de contener tres principales componentes del contenido del problema como [14]:

- Objetivos que quieren lograrse en la solución del problema.
- Restricciones para alcanzar esos objetivos
- Características de la situación del problema y la relación entre ellas.

Así, un caso comprende típicamente un problema y su solución. A esta colección de información se le llama caso base, así como una colección de datos que se denomina base de conocimiento [15].

Si el caso se logró solucionar, el trabajador puede utilizar esa solución para darle solución a algún otro caso. Estas soluciones también deben de tener componentes que ayuden a adaptarlas. El compendio de soluciones útiles puede contener soluciones por sí mismas, conjuntos de pasos y/o procedimientos, justificaciones para la toma de decisiones en la resolución de dicho problema, soluciones aceptables que no fueron elegidas, soluciones inaceptables y expectativas de cuáles serían los resultados al desarrollar la solución [16].

3.4 Procedimientos

El objetivo primordial del desarrollo de un procedimiento es que las operaciones de un área o departamento se realicen de manera segura, deliberada y controlada. Un procedimiento es un medio por el cual se proporciona información fundamental detallada, sobre la manera de realizar una actividad en específico [17].

Según McCurle y Lynch la ventaja de contar con procedimientos de trabajo, es que estos cuentan con un conocimiento íntimo acerca de la actividad y de los procesos. Al momento de desarrollar un procedimiento se deben de tomar los siguientes aspectos [16]:

- Debe de contar con un lenguaje simple, limpio y preciso.
- Debe de estar libre de mal interpretaciones y ambigüedades.
- Debe de describir lo que se necesita con una buena lógica y en una secuencia correcta.
- Debe de contar con un responsable.
- Las imágenes y/o tablas incorporadas deben de ser apropiadas al procedimiento.
- Debe de ser relevante a las actividades del trabajador.
- Debe de haber sido probado con anterioridad.

En otras palabras los procedimientos generados dentro de una organización, representan la integración de los requisitos, filosofías, estrategias de gestión y conocimientos técnicos que se aplican a la realización de una actividad [15].

3.5 Bitácoras

La bitácora es un escrito que recauda información de las personas y/u objetos, reportando actividades, avances y resultados diarios. Según Alva, la bitácora es un diario de trabajo y su elaboración es un paso imprescindible en el desarrollo de una actividad, gracias a ella las actividades que se realicen posteriormente, pueden ser repetidas en el momento que se desee, obteniéndose los mismos resultados. La bitácora debe de guardar las condiciones exactas bajo las cuales se ha trabajado. Además, en ella se pueden escribir ideas e hipótesis del desarrollo empírico [17].

De acuerdo con el Portsmouth Hospitals NHS una bitácora nos puede ayudar a [18]:

- Coleccionar evidencia acerca de las actividades generadas día a día.
- Conocer los requerimientos e información relacionada a alguna actividad.
- Asistir a identificar cuáles son las necesidades futuras a realizar.
- Apoyo en el seguimiento de logros.
- Proporciona un registro completo del aprendizaje y el desarrollo de actividades.
- Maximiza el potencial de los operadores.

La bitácora es un texto que constantemente se está modificando; sin embargo, nunca debe de ser modificado ni se debe de eliminar alguna información, si se comete algún error se debe mencionar en dicha bitácora como anexo a la misma información, puesto que cualquier detalle, incluso un error, puede llegar a ser utilizado posteriormente [19].

5 Modelo de memoria organizacional

De acuerdo con la información previamente revisada y a la problemática planteada, en la figura 1 se propone un modelo para una memoria organizacional M.O. para gestionar el conocimiento en un departamento de servicios informáticos.

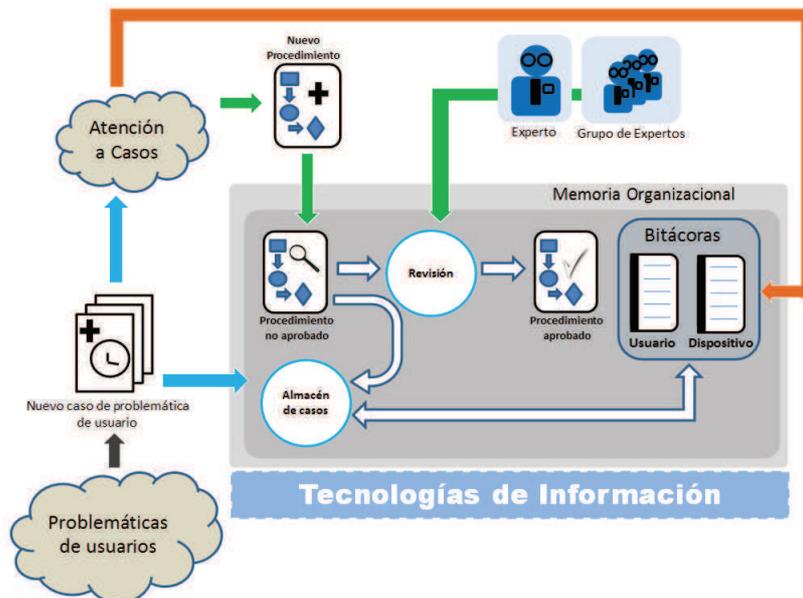


Figura 1: Modelo de M.O. para gestionar el conocimiento en un departamento de servicios de tecnología Fuente: Elaboración Propia

El objetivo de este modelo es esquematizar de manera general la manera en que la información que podría representar un conocimiento valioso para el departamento de servicios de tecnología puede representarse en una M.O. y a su vez representar la forma en que ese conocimiento puede ser gestionado. Este modelo contempla aspectos tanto organizacionales como tecnológicos.

Desde el punto de vista organizacional, es importante considerar la participación activa y comprometida de la dirección y los responsables de las áreas involucradas, para garantizar la utilización de la M.O. como una parte del proceso de atención a usuarios del departamento. El compromiso de la dirección para el desarrollo de estrategias de fomento a la utilización de la M.O., así como la promoción de las ventajas de su utilización es fundamental.

Desde el punto de vista tecnológico, el departamento debe de contar con una infraestructura informática capaz de soportar el funcionamiento del sistema, facilitando interfaces que promuevan la retención, recuperación, compartición y distribución del conocimiento generado dentro del departamento y de igual forma ofreciendo un ambiente seguro y accesible para los usuarios del sistema.

Considerando lo anterior, se concibe este modelo de M.O. con un modelo integral de trabajo orientado hacia el aprovechamiento del conocimiento generado dentro de las áreas del departamento de servicios de tecnología. Este modelo constituye un apoyo fundamental para la gestión del conocimiento presente y futuro del departamento.

A continuación se realiza una explicación detallada de los elementos pertenecientes al modelo y de su interacción.

5.1 Elementos

A continuación se describen los elementos que interactúan en el modelo de memoria organizacional planteado.

- **Problemática de usuarios:** Incidencia presentada a algún usuario del departamento, referente a un problema de software y/o hardware de algún dispositivo que le pertenece o a algún problema de acceso y/o configuración de acceso a la infraestructura informática.
- **Atención a usuarios:** área del departamento de servicios de tecnología encargada de atender a los usuarios vía telefónica o Internet. Esta área es la encargada de dar de alta los casos de servicio y asignarlos al área correspondiente.
- **Caso:** Es el registro de un problema presentado a un usuario, creado por el área de atención a usuarios y asignado a un área y técnico específico. Contiene toda la información referente al problema del usuario, fechas y horarios de atención, información del usuario, dispositivos asignados, bitácoras de atención de él y sus dispositivos.

- **Procedimiento:** Los procedimientos son una serie de pasos que pueden guiar a un técnico a resolver un problema en específico. Estos procedimientos se catalogan en dos tipos; Procedimientos no aprobados, haciendo referencia a procedimientos que han sido de alta por algún técnico pero aún no han sido revisados ni validados por un experto del departamento; procedimientos aprobados, hacen referencia a procedimiento que ya han sido validados y estandarizados por los expertos del departamento.
- **Bitácoras:** Son los registros de actividades realizadas a algún usuario y/o dispositivo. Almacenan información acerca de quién, qué, cuándo y dónde se realizó alguna actividad por parte del departamento.
- **Expertos:** Uno o varios elementos del departamento, expertos en alguna actividad específica. Tienen la facultad de asesorar a los técnicos en la resolución a algún problema y aprobar o no los procedimientos agregados por los técnicos.

5.2 Interacción entre los elementos

El proceso de interacción se inicia cuando una problemática es presentada a un usuario, y éste a su vez se comunica con el área de atención a usuarios del departamento de servicios de tecnología. El área de atención a usuarios tendrá acceso a las bitácoras referentes al usuario y sus dispositivos y a los procedimientos disponibles, si el personal de atención a usuarios determina que ese problema debe de ser atendida por un técnico, procede a crear un caso de servicio de usuario.

Este caso puede ser asignado tanto al área de soporte técnico, como al área de redes y telecomunicaciones según sea el caso. Cuando un técnico de algún área en específica es asignado a un caso, este lo recibe por sistema y por correo electrónico. Ahí el técnico podrá observar toda la información relevante al problema, el usuario, sus dispositivos, así como bitácoras, procedimientos y casos anteriores que le podrán ayudar a resolver el caso de una manera más óptima.

Si el técnico observa que no existe un procedimiento que le pueda ayudar a resolver el problema, él puede proponer un nuevo procedimiento, derivado de información que puede consultar a través de recomendaciones de desarrolladores, foros y los expertos del departamento.

Cuando este nuevo procedimiento es dado de alta en el sistema de M.O. Es catalogado como no aprobado, hasta que un experto lo analiza y lo valida aprobándolo o no, dependiendo su experiencia y buenas prácticas del departamento.

5.3 Beneficios de la memoria organizacional

De acuerdo con el modelo planteado de M.O. para gestionar el conocimiento de un departamento de servicios de tecnología se pretenden obtener diferentes beneficios como:

- *Seguimiento y control de usuarios y dispositivos*, al contar con bitácoras y casos de cada usuario, almacenando información importante para las atenciones futuras. Disponiendo de información relevante sobre actividades que se han realizado con anterioridad al usuario o al dispositivo.
- *Seguimiento y control de las actividades de las áreas y sus técnicos*, contando con información acerca de los casos asignados a cada área y técnico, como usuarios atendidos, procedimientos utilizados y procedimientos aportados al sistema de M.O.
- *Lista de procedimientos para resolución de problemas*, divididos en aprobados y no aprobados, contienen información importante acerca de métodos para la resolución de ellos.

6 Implementación y validación del modelo de memoria organizacional.

Para la implementación y validación del modelo de M.O. es necesario contar con el compromiso tanto de la parte organizacional como la parte técnica, para que a través de ella, la M.O. funcione y logre su objetivo primordial, mejorando la atención a los usuarios del departamento.

6.1 Implementación

La implementación de este modelo consiste en dos fases fundamentales, constituida cada una por una serie de etapas divididas en diferentes actividades, donde algunas de estas etapas dependen de etapas anteriores.

Fase 1. Preparación para la implementación de la memoria organizacional.

Esta fase comprende la especificación de qué información es necesaria para cada elemento de la M.O., así como cuáles son los aspectos a evaluar del sistema, tanto organizacionales como tecnológicos.

- **Etapas 1. Identificación de características e información principal para casos, bitácoras y procedimientos.**

Objetivo: Establecer y describir las características e información principal de los elementos; casos, bitácoras y procedimientos que se darán de alta dentro de la M.O.

Procedimiento: Realizar una reunión donde se encuentren personal tanto de la dirección, como personal técnico para especificar que campos de información deberá de tener cada uno de los elementos de la M.O., específicamente casos, procedimientos y bitácoras. Estos campos deberán de ser listados en una tabla,

sin dejar pasar información considerada como vital y crítica para cada uno de los elementos.

Resultados: Al finalizar esta fase, se deberá de contar con cuatro tablas; dos por los elementos caso y procedimiento y dos por bitácora de usuarios y técnico, donde se muestre la información que deberá de ser almacenada en la M.O.

- **Etapas 2. Selección de las herramientas de Tecnologías de la Información (TI) adecuadas.**

Objetivo: Elegir que herramienta de TI será la adecuada para la implementación y el desarrollo de la M.O.

Procedimiento: Realizar una reunión con personal especialista en TI del departamento para realizar una evaluación costo-beneficio de qué tecnologías serán las apropiadas para la implementación del sistema de M.O. Para realizar esta selección se deberá de realizar una investigación de qué tecnologías gratuitas y de paga podrían soportar al sistema. Después realizar una evaluación costo beneficio de cada una de ellas, seleccionando al final la tecnología que más ofrezca beneficios al departamento.

Resultados: Selección de las TI ideales para soportar a la M.O. y sus procesos.

- **Etapas 3. Diseño de estrategias y asignación de roles.**

Objetivo: Definir ¿Quién?, ¿Cómo?, ¿Cuándo? y ¿Dónde? Se van a realizar las actividades involucradas en la M.O., además de conocer qué programas se implementaran para fomentar su uso y promover los beneficios de su utilización.

Procedimiento: De igual forma que en las etapas anteriores se debe de realizar reuniones en conjunto con la dirección del departamento, para establecer que estrategias se podrán implementar para fomentar la utilización de la M.O. y como se podrían promover sus beneficios, estas estrategias se deben de documentar, acompañadas de una persona responsable que las gestione. De igual forma se deberá especificar qué personas tendrán los diferentes roles del modelo como atención a usuarios, técnicos y expertos.

Resultados: Un compendio de estrategias a implementar, personas responsables de ello y conocer quiénes serán los actores principales del trabajo dentro de la M.O.

Fase 2. Implementación de la M.O.

El objetivo primordial de esta fase es la implementación completa de la M.O. dentro del departamento, utilizando la información generada en la fase anterior.

- **Etapas 1. Instalación de las tecnologías de información seleccionadas para el funcionamiento de la M.O.**

Objetivo: Instalar y configurar las herramientas tecnologías seleccionadas para apoyar los procesos de la M.O.

Procedimiento: Contemplando las recomendaciones del desarrollador de la tecnología y apoyados con los expertos del departamento se debe proceder a la instalación de la herramienta, utilizando las buenas prácticas recomendadas y

utilizando la infraestructura tecnológica del departamento, realizando una evaluación de ella al final de la instalación.

Resultados: Una infraestructura ideal para soportar la operación de la M.O. del departamento.

- **Etapa 2. Configuración e integración de la tecnología con los aspectos característicos de la memoria organizacional.**

Objetivo: Configurar e integrar la tecnología seleccionada con la información necesaria para poner en marcha a la M.O. como parte de los procesos organizacionales.

Procedimiento: Al contar ya con la infraestructura tecnológica, es necesario crear las interfaces necesarias para facilitar la creación, gestión y difusión de la información de casos, procedimientos y bitácoras, integrando cada una de estas interfaces con el fin de que las mismas trabajen de acuerdo a lo especificado en el modelo. De igual manera es necesario otorgar el acceso al personal que podrá utilizar a la M.O. asignándole a cada elemento su interfaz correspondiente. Es recomendable realizar pruebas de desempeño después de haber realizado estas configuraciones y verificar que la M.O. funcione de acuerdo a lo especificado. De la misma forma se deberán de utilizar las estrategias de implementación acordadas para habilitar a la M.O. como parte de los procesos diarios del departamento.

Resultados: Al finalizar esta etapa la M.O. ya se encontrará a disposición del departamento y podrá ser utilizada por los miembros del mismo.

6.2 Validación

Según Nick, Klaus-Dieter y Carlsen el beneficio real de una M.O. se basa en el valor subjetivo de la información del usuario. Para la validación de la funcionalidad de la M.O. es recomendable realizar una encuesta antes y después de la implementación de ella, basada en la concepción que tienen los trabajadores del departamento de ella y conocer si realmente está sirviendo de ayuda en algún grado al desempeño de las actividades diarias [20].

Para conocer si realmente el sistema de M.O. está cumpliendo con su objetivo principal por el cual fue implementado, será necesario realizar un análisis y una comparación de los datos arrojados por una encuesta aplicada antes de la implementación y otra después de la implementación del mismo, para corroborar que verdaderamente estos indicadores que son catalogados importantes para la organización han tenido una mejor evaluación que la inicial.

De igual manera, será necesario realizar una evaluación previa y otra después de implementar el sistema, acerca de los aspectos técnicos, conocer cómo se encontraba la situación anterior del proceso de atención a órdenes de servicio y conocer en qué aspectos apoyó satisfactoriamente la implementación del sistema de M.O., aspectos que van desde la mejora del proceso del servicio, el apoyo a la gestión del conocimiento y la manera en

que este sistema ha apoyado a la utilización del conocimiento y la generación de nuevo conocimiento dentro del departamento.

7 Conclusión y trabajos futuros.

Como se ha observado desde la revisión teórica acerca de las ventajas de una memoria organizacional, la implementación de estos sistemas dentro de las organizaciones trae muchos beneficios, que van desde la reducción de tiempo en el desarrollo de operaciones, llevar un control de ellas y de sus elementos, además de contar con una base de conocimiento que va creciendo a través de las interacciones del personal de la organización con los procesos diarios.

La mayor ventaja de la implementación de una M.O. dentro de una organización, es que representa a un sistema capaz de poder crear un medio que facilite tanto la creación, como la utilización y la compartición de aquel conocimiento catalogado como importante, generado dentro de la organización, además de reducir en gran medida el tiempo de operación de las actividades y el nivel de errores que pueden cometer los trabajadores, al contar con un sistema que puede asesorarlos en cualquier duda que les surja a cada momento.

Una M.O. en fin, es una herramienta tecnológica de mucha ayuda para una organización en lo que se refiere a la gestión y localización de su conocimiento considerado valioso para ella, almacenando información valiosa que puede ser de gran ayuda para un trabajador en el desarrollo de sus actividades dentro de la organización.

Como trabajos futuros se plantea un diseño e implementación de un sistema basado en tecnologías de información que funcione integrado al modelo de memoria organizacional planteado. El objetivo de este sistema será facilitar la consulta de información por parte del técnico, dotando de una interfaz que permita la consulta tanto de fuentes externas como de expertos a través de un dispositivo portátil.

8 Bibliografía

1. Vrîncianu, M., Anica-Popa, L., Anica-Popa L.: Organizational memory: A approach from knowledge management and quality management of organizational learning perspectives. *Quality Management in Services*, 26, pp. 473-481, 2009.
2. Sîrbu, M., Dionea, O., Mangra, M. G.: Knowledge Based Economy – The Basis for Insuring a Sustainable Development, 2009.
3. Ichijo, K., Kohlbacher, F.: Global Knowledge Creation – The Toyota Way, 2006.
4. Nonaka, I.: The Knowledge-Creating Company, 1991.

5. Nonaka, I., Takeuchi, H.: *The Knowledge-Creating Company: How Japanese companies create the dynamics of innovation*, New York: Oxford University Press, pp. 284, 1995.
6. América Grau: *Herramientas de Gestión del Conocimiento*, www.gestiondelconocimiento.com/america Grau.htm
7. Contini, N.: *La inteligencia emocional, social y el conocimiento tácito. Su valor en la vida cotidiana*. 5º Encuentro Iberoamericano de Psicología Positiva, 2009.
8. Dalkir, K.: *Knowledge and Management in Theory and Practice*. Oxford, U.K: Elsevier, 2005.
9. NLH National Library for Health: *ABC of Knowledge Management*. U.K: Specialist Library Knowledge Management, 2005.
10. Girard, J. P.: *Building Organizational Memories: will you know what you knew?* London, U.K: IGI Global, 2009.
11. Bennet, D., Bennet, A.: *Associative Patterning: The Unconscious Life of an Organization*, 2009.
12. Conklin, J.: *Designing Organizational Memory: Preserving Intellectual Assets in a Knowledge Economy*, 1997.
13. Watson, I.: *Applying Knowledge Management: Techniques for Building Corporate Memories*. San Francisco, CA: Elsevier, 2003.
14. Perez-Soltero, A.: *Modelo para la representación de una memoria organizacional utilizando herramientas computacionales de internet*, 1997.
15. Department Of Energy of United States of America: *Writter's guide for technical procedures*, 1998.
16. McCurley, S., Lynch, R.: *Policy and procedure development*. Volunteering Qld, 1996.
17. Alva, R.: *Diseño de notas de laboratorio*. La bitácora, 2011.
18. NHS: *Portsmouth Hospitals: Learning and development record*, 2011.
19. UDLAP: *Bitácora de Investigación*, 2011.
20. Nick, M., Klaus-Dieter, A., Carsten, T.: *Facilitating the practical evaluation of organizational memories using the goal-question-metric technique*, 1999.

Traductor de Consultas en Lenguaje Natural a un Lenguaje de Consultas para la Recuperación de Información y Conocimiento en un Sistema de Gestión de Conocimiento

Elizabeth Fimbres López¹, César Enrique Rose Gómez¹,
María Trinidad Serna Encinas¹, José Miguel Rodríguez Pérez¹

¹Instituto Tecnológico de Hermosillo, División de Estudios de Posgrado e Investigación,
Avenida Tecnológico S/N, C. P. 83120, Hermosillo, Sonora, México.
elyfim@gmail.com, crose@ith.mx, tserna@ith.mx, joseerp@hotmail.com

Resumen. El acceso a la información usando una interfaz amigable y sencilla, ha sido siempre un objetivo en los sistemas de recuperación de información. El uso de formas gráficas y a través del lenguaje natural, han sido los medios en los cuales los usuarios han planteado las consultas a estos sistemas. Con el lenguaje natural básicamente, se han planteado las consultas con la conjunción de palabras que no implican el uso de alguna semántica restringiendo el alcance de la misma. Sin embargo, si se desea plantear una consulta con una sentencia con más semántica, se requiere ser experto en el lenguaje de consulta o en la estructura de recuperación de la información, lo cual limita de manera considerable a los usuarios del sistema. Debido a lo anterior, en este documento se propone el diseño de un traductor de consultas de lenguaje natural a un lenguaje de consulta, para la recuperación de información y conocimiento utilizando grafos conceptuales.

Palabras clave: Lenguaje natural, grafos conceptuales, ontologías, recuperación de información.

1 Introducción

Actualmente cuando las personas realizan alguna búsqueda de información, utilizan el lenguaje natural para expresar sus consultas, pero los buscadores solamente toman palabras claves para realizarla, devolviendo la mayoría de las veces información que no es la que estamos buscando, lo cual tiene como consecuencia que se visualice información que no es útil y el usuario tendrá que realizar el filtrado de la información.

Lo anterior es muy común en sistemas de búsqueda en la web, sin embargo, cada vez se van incorporando a éstos buscadores tecnologías que involucren semántica,

Elizabeth Fimbres López, César Enrique Rose Gómez, María Trinidad Serna Encinas, José Miguel Rodríguez Pérez, *Traductor de Consultas en Lenguaje Natural a un Lenguaje de Consultas para la Recuperación de Información y Conocimiento en un Sistema de Gestión de Conocimiento*, en: Mario Barceló-Valenzuela, Alonso Perez-Soltero, Oscar Mario Rodríguez-Elias, María Trinidad Serna-Encinas (Eds.), *Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora*, pp.181 - 187, 2012.

incrementado su potencial de búsqueda, éstas mismas tecnologías es posible incorporarlas a sistemas de información y conocimiento desarrollados en el ámbito organizacional. El Instituto Tecnológico de Hermosillo es una organización en la cual se ha desarrollado en la División de Estudios de Posgrado e Investigación (DEPI), un sistema de gestión de conocimiento [1] que permite almacenar, mantener, transferir y recuperar la información y el conocimiento que se genera en la DEPI.

De tal manera, que el recuperar tan diversos datos y documentos requiere de diversas herramientas que permitan hacerlo de una manera eficiente y eficaz, es importante hacer énfasis en que el objetivo de la transferencia del conocimiento y de la información es; distribuir el conocimiento correcto y la información correcta a la persona correcta en el momento correcto. Para alcanzar el objetivo anterior, se usan diversos mecanismos para efectuar la recuperación sintáctica de los datos y documentos de los repositorios, de indicadores estratégicos y de documentos, así como la recuperación semántica del repositorio de conocimiento soportado por una ontología, éstos mecanismos son: consultas de datos, por navegación y por recuperación de información y conocimiento.

En los sistemas donde se requiere recuperar información y conocimiento es difícil realizar la recuperación con una sola herramienta, en el sistema mencionado previamente, se han integrado diversas herramientas para efectuar la recuperación sintáctica y semántica [2].

Asimismo, esta combinación de herramientas de recuperación requiere de una interfaz que permita al usuario, el hacer transparente el uso de estas técnicas de recuperación. Ésta interfaz requiere en algunos casos el plantear las consultas en lenguaje natural para mayor facilidad al usuario, lo cual conlleva a funcionalidades que permitan la transformación del lenguaje natural al lenguaje de consulta en particular. En este documento se describe el esquema general para la traducción de una consulta en lenguaje natural al lenguaje SPARQL-DL.

2 Marco Teórico

El ser humano vive dentro de un mundo principalmente lingüístico, en el cual piensa, lee y escribe gracias al lenguaje natural que ha ido aprendiendo de manera continua, por lo tanto, no es extraño que una persona al momento de usar un buscador de información quiera realizar la consulta usando lenguaje natural. Bajo esta consideración, es necesario que las máquinas también puedan procesar el lenguaje natural de manera automática como lo hace el ser humano y poder entender lo que se está expresando en una consulta.

Para que una máquina pueda entender su significado, se debe recurrir a técnicas propias del procesamiento del lenguaje natural (PLN) [3] y de la lingüística computacional (LC) [4]. De manera general, se puede decir que el procesamiento de lenguaje natural, es una disciplina que con el apoyo de la lingüística computacional se encarga de dar soluciones para la interpretación y gestión del lenguaje natural. En este trabajo no es nuestro objetivo el desarrollar nuevas estructuras computacionales para el PLN, sino usar aquellas que se

consideran convenientes para realizar la traducción, esto es, el convertir el texto a una estructura que permita su gestión, en este caso, realizar una búsqueda.

Bajo la anterior premisa, y considerando que el repositorio que se tiene para el modelo de conocimiento es una red semántica representada con una ontología, implementada con el lenguaje OWL [5], se puede deducir que una representación de conocimiento para sentencias simples en el lenguaje natural para plantear la consulta, es con el uso de grafos conceptuales [6], los cuales también son redes semánticas.

El grafo conceptual es una estructura propuesta por Sowa [7] para representar texto, los grafos conceptuales manejan dos tipos de nodos: conceptos y relaciones conceptuales. Los conceptos tienen un tipo (clase de concepto) y un referente (la instancia de este tipo de objeto). Las relaciones conceptuales señalan la manera en que los conceptos se relacionan. Como se muestra en la figura 1, gráficamente los nodos conceptos se representan por rectángulos y los nodos relación por círculos.

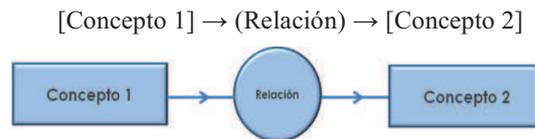


Fig. 1. Representación general de un grafo conceptual

Por otro lado, en el sistema de gestión de conocimiento descrito previamente, ya se tiene un buscador que permite recuperar conocimiento, esto es debido porque los datos y documentos están almacenados en una base de datos relacional, y es posible realizar un proceso de razonamiento con esos datos, se obtienen los datos que se requieren y se crea un modelo que contiene estas instancias junto con la ontología de la DEPI.

Este modelo de conocimiento permite realizar consultas usando el lenguaje SPARQL [8], así como realizar inferencias con diversos mecanismos, tales como Pellet, Racer, Fact++, SWRL, etc. En la figura 2 se muestra un diagrama a bloques de este módulo.

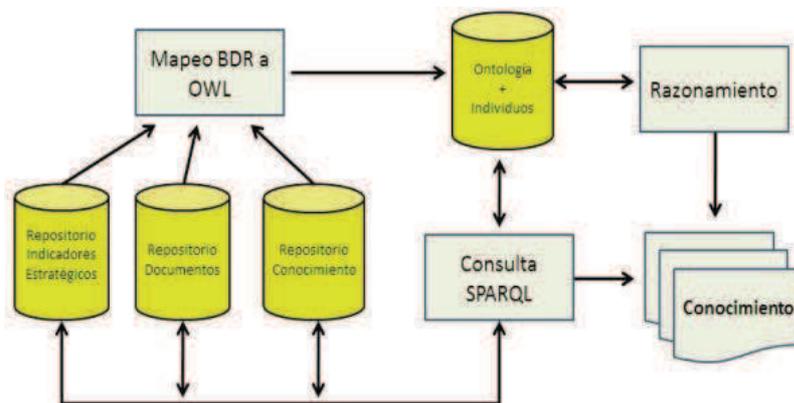


Fig. 2. Diagrama a bloques de consulta

El lenguaje SPARQL es un lenguaje de consulta que permite usarlo en grafos RDF [9], éstos modelos RDF contiene una mayor semántica que XML pero su semántica es menor a OWL. Adicionalmente, algunos razonadores están basados en la lógica descriptiva (DL) [10]. Las lógicas descriptivas están muy relacionadas en el desarrollo de las ontologías tal como se usan en la actualidad en la web semántica. Las lógicas descriptivas son una evolución natural de las redes semánticas y los marcos usados tradicionalmente para representar conocimiento taxonómico en aplicaciones de Inteligencia Artificial. En el trabajo descrito previamente también es posible realizar la recuperación de conocimiento usando el lenguaje SPARQ-DL [11].

El lenguaje SPARQL-DL es similar sintácticamente a SPARQL pero semánticamente esta más cercano a OWL, lo cual permite potencializar los procesos de recuperación basados en el razonamiento. Como se ha descrito, encontramos que las tecnologías mencionadas a usar en este proyecto, tienen puntos coincidentes que permitirán llevar a cabo el proceso de traducción de sentencias en lenguaje natural, usando un esquema basado en redes semánticas a un lenguaje de consulta basado también en redes semánticas y marcos.

3 Estructura general del traductor de PLN a SPARQL-DL

En la presente investigación se abordará el diseño y la implementación de un traductor de consultas planteadas en lenguaje natural a un lenguaje de consulta, que permita recuperar información y conocimiento de un modelo construido en OWL. Este traductor será integrado a un sistema que permite realizar actualmente diversos tipos de consultas bajo

diversas interfaces. En la figura 3 se muestra un diagrama a bloques del módulo que permitirá la consulta en lenguaje natural.

Como se aprecia en el diagrama a bloques, son tres los elementos a considerar para nuestro trabajo. El primero de ellos es la ontología que apoye en el proceso de traducción, el segundo elemento es la transformación de la sentencia en lenguaje natural al grafo conceptual, a través de la revisión del estado del arte para herramientas que ayuden en la creación de grafos conceptuales, nos ha permitido encontrar una gran variedad, las cuales se están analizando para determinar cuál es la mejor para nuestro proyecto. Entre estas herramientas se encuentran: PROLOG+CG, AMINE, CharGet, GET, COGUI, etc.

El tercer elemento es el mapeo de la sentencia representada como un grafo conceptual a la sentencia en el lenguaje SPARQL-DL, por ejemplo, considere la siguiente consulta:

Investigadores que hayan escrito algún artículo

Esta oración tendrá que ser transformada a la siguiente sentencia en SPARQL-DL:

```
SELECT ?persona
WHERE {
  ?persona a [
    owl:intersectionOf(
      depi:Investigador
      [
        owl:onProperty depi:escribe ;
        owl:someValuesFrom depi:Articulo
      ]
    )
  ].
}
```

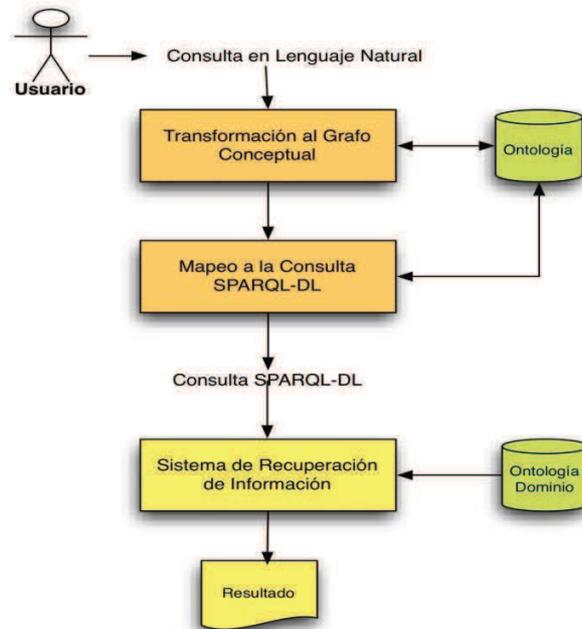


Fig. 3. Propuesta del módulo de consulta usando lenguaje natural

4 Conclusiones

Se considera que este traductor permitirá interactuar a los usuarios con los sistemas de recuperación de información y conocimiento de manera sencilla, sin necesidad de contar con conocimientos de los lenguajes de consulta que se están utilizando para el acceso a los modelos de conocimiento. Esto conlleva a obtener resultados más adecuados y concretos y evita que el usuario tenga que realizar un trabajo adicional para filtrar los resultados hasta encontrar lo que sea de su interés.

5 Agradecimiento

Agradecemos el apoyo de la Dirección General de Educación Superior Tecnológica con la beca No. 20110000159 para los estudios de maestría al primer autor.

6 Bibliografía

1. Rose, C.: Sistema de Gestión de Conocimiento para una División de Estudios de Posgrado e Investigación Tecnológica, Reporte Técnico DEPI 2011-1, Instituto Tecnológico de Hermosillo, 2011.
2. Rose, C.: Recuperación Sintáctica y Semántica de Información y Conocimiento en un Sistema de Gestión de Conocimiento de una División de Estudios de Posgrado e Investigación Tecnológica, Revista Espacio ITH: Un Lenguaje Natural Tecnológico, Vol. I No.2, Julio/Diciembre, 2011.
3. Gelbukh, A.; Sidorov G.: Procesamiento automático del español con enfoque en recursos léxicos grandes. Segunda edición, ampliada y revisada. IPN, México, ISBN 978-607-414-171-9, 307 pp., 2010.
4. Bolshakov, I.; Gelbukh A.: Computational linguistics: models, resources, applications. IPN – UNAM – Fondo de Cultura Económica, México, ISBN 970-36-0147-2, 187 pp, 2004.
5. Lacy, L., OWL: Representing Information Using the Web Ontology Language, Trafford Publishing, 2005.
6. Ordoñez-Salinas, S.; Gelbukh A.: Generación de grafos conceptuales. Miguel González Mendoza, Oscar Herrera Alcántara (Eds.). Avances en sistemas inteligentes en México. Sociedad Mexicana de Inteligencia Artificial, ISBN 978-607-95367-2-5, p. 139–150, 2010.
7. Sowa, J. F.: Knowledge Representation: Logical, Philosophical and Computational Foundations. Brooks/Cole, 2000.
8. SPARQL, <http://www.w3.org/TR/rdf-sparql-query/>, (visitado el 20 de Agosto de 2012)
9. RDF, http://www.w3.org/standards/techs/rdf#w3c_all, (visitado el 20 de Agosto de 2012).
10. DL Query, <http://code.google.com/p/co-ode-owl-plugins/wiki/DLQuery>, (visitado el 20 de Agosto de 2012).
11. SPARQL DL, <http://www.derivo.de/en/resources/sparql-dl-api/>, (visitado el 20 de Agosto de 2012).

Modelo para el Diseño y Gestión de Perfiles de Conocimiento en las Organizaciones

María de Jesús Velázquez Mendoza, Oscar Mario Rodríguez-Elías, César Enrique Rose Gómez, Sonia Regina Meneses Mendoza

División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Hermosillo,
Av. Tecnológico S/N, Hermosillo, Sonora, México, 83170
{rvelazqu,omrodriguez,crose,so_meneses}@ith.mx

Resumen. En el presente trabajo se propone un modelo que permite profundizar en los principales recursos humanos y tecnológicos que interactúan dentro de una organización, la identificación de sus capacidades y el conocimiento que deben adquirir para el alcance de sus objetivos, esto a través de la generación de una estructura que integra las características que perfilan estos elementos como los más adecuados en los procesos de trabajo. Durante la aplicación del modelo se sigue una metodología que permite capturar y estructurar la base de conocimiento adecuándola a las estrategias de negocio, así como la base de conocimiento adquirida por el capital humano. En la implementación del modelo se propone una metodología a seguir.

Palabras clave: Competencias del conocimiento, Capital Intelectual, Capacidades individuales y organizativas, Ontología.

1 Introducción

La globalización marca para las organizaciones contextos cambiantes e inciertos en donde el éxito de las mismas depende fundamentalmente de la capacidad de adaptabilidad de los recursos con que éstas cuentan [1]. Este trabajo presenta una herramienta que contribuye a la gestión de perfiles de conocimiento como apoyo a la operación y crecimiento de las empresas, considerando además de las capacidades del empleado, el conocimiento contenido en documentos, procedimientos, sistemas y herramientas de trabajo. Para su generación se definió el enfoque y estructura del modelo mediante un proceso de revisión bibliográfica, posteriormente se desarrolló el modelo de perfiles de conocimiento siguiendo una metodología para la generación de ontologías. Durante su aplicación se analizaron los procesos estratégicos de una empresa generadora de electricidad, que permitió identificar el proceso clave y definir todos sus elementos para su representación ontológica, y por último, se detalló una propuesta para la implementación del modelo.

María de Jesús Velázquez Mendoza, Oscar Mario Rodríguez-Elías, César Enrique Rose Gómez, Sonia Regina Meneses Mendoza, *Modelo para el Diseño y Gestión de Perfiles de Conocimiento en las Organizaciones*, en: Mario Barceló-Valenzuela, Alonso Perez-Soltero, Oscar Mario Rodríguez-Elías, María Trinidad Serna-Encinas (Eds.), Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora, pp.188 - 198, 2012.

2 Antecedentes

Actualmente, existen diversos modelos de estrategias que conducen a las organizaciones. Snell y Bohlander [2] definen que la estrategia corporativa permite seleccionar el dominio en el que competirá o ramo al cual se dedicará la empresa; la estrategia de negocio, establece los términos de navegación de dicho dominio (por ejemplo, eficiencia o valor agregado); y la estrategia funcional, garantiza el alineamiento de la estrategia de negocio con las áreas funcionales de la empresa.

En base al enfoque de la estrategia funcional, el desafío actual es identificar el saber cómo (*know-how*) gestionar el talento en los procesos de negocio que generen valor sobre la base de los conocimientos, asociando el capital humano y el capital relacional, al capital estructural. Para tal fin, es importante no tener una única definición de talento para toda la organización, ésta al ser amplia y difusa suele ser perjudicial, definirlo de tal forma que permita al empleado, desde cualquier posición dentro de la estructura organizacional, agregar valor crítico al ejercer acciones planificadas [3].

Para algunos autores, los sistemas de información son una de las herramientas de soporte más importante para la gestión del conocimiento en las organizaciones, ya que mantienen el repositorio de la memoria organizacional, otorgándole al trabajador facilidades de mejora en su productividad y efectividad [4]. Esto conduce a generar nuevas herramientas que apoyen las estrategias funcionales de la organización. Para ello se ha definido el contexto y características del modelo planteado en este proyecto siguiendo una etapa de revisión bibliográfica. Durante esta fase se llevó una metodología de tipo cualitativo, basada en la combinación de estudios descriptivos de casos e investigación exploratoria. El protocolo de revisión de literatura se estableció en base al proceso de revisión sistemática de [5].

3 Desarrollo del modelo para el diseño y gestión de perfiles de conocimiento

El esquema definido en este proyecto ha sido generado utilizando la metodología “Methontology” [6].

3.1 Especificación

En esta actividad se determinó el dominio, el alcance y los objetivos que tiene el proyecto, identificándose el para qué se construye la ontología, qué usos previstos se tienen de ella y quiénes serán los usuarios finales. El establecimiento de los requisitos se hizo a través del planteamiento de preguntas de competencia, técnica propuesta en la metodología de Grúninger & Fox [7], y que infiere lo que una ontología debe ser capaz de responder. Esto facilitó, la obtención de los elementos conceptuales (términos) interrelacionados que describen el esquema del caso de estudio.

También se ha realizado un acotamiento de conceptos para la generalización de la ontología base. En su contexto se incluye sólo el complemento para la definición de perfiles de conocimiento de elementos clave dentro de las organizaciones. Estos elementos hacen referencia a las personas y los roles a desempeñar. Para tal efecto se propuso responder preguntas en función del rol (*¿Qué conocimiento se requiere para cubrir el rol (x)?*), en función de la persona (*¿Qué conocimiento tiene la persona (y)?*) y, en función de la persona y el rol (*¿Qué persona (Y) puede cubrir el rol (x)?*).

3.2 Conceptualización

Durante la estructuración del conocimiento, se definieron los componentes base o vocabulario de la ontología. En primer lugar se delimitó el glosario de términos a utilizar, logrando un total de 23 términos genéricos asociados a la definición del perfil de conocimiento, aplicable a un contexto organizacional.

Posteriormente se generó la taxonomía de conceptos, aplicando las relaciones taxonómicas definidas en la Frame Ontology [8] y en la OKBC Ontology [9]. Al detallar las relaciones binarias *ad hoc*, como apoyo se decidió hacer un mapa conceptual de dicha taxonomía en CmapTools 5.04.2 [10] (ver figura 1).

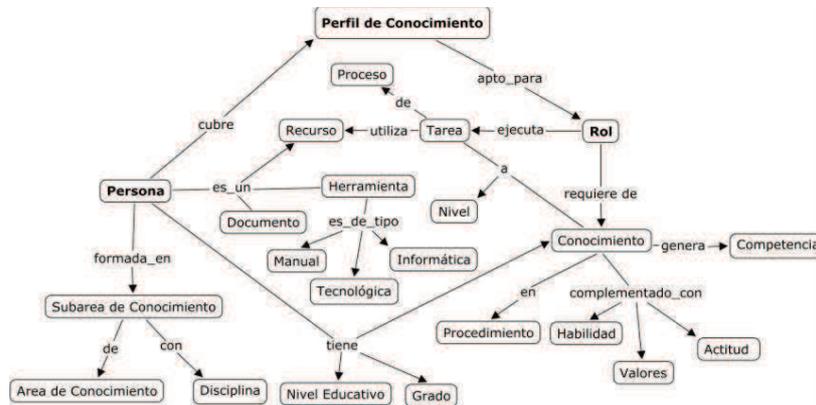


Fig. 1. Mapa conceptual que relaciona conceptos de la ontología.

Este esquema refleja la asociación implícita del conocimiento adquirido por el individuo y requerido para el rol. Desde el punto de vista del individuo, una persona **tiene** estudios (*nivel educativo, grado académico*), es **formada_en** (*área de conocimiento y disciplina*), características que **cubre** un *perfil de conocimiento* que es **apto_para** un *rol* que **ejecuta** *tareas* propias **de** un *proceso* y que para su alcance **utiliza** recursos (*documentos, herramientas, personas*), y **requiere_de** *conocimiento* **en** cierto

procedimiento, esto **complementado con** (*habilidades, valores y aptitudes*), para **generar competencias**.

Adicionalmente a las relaciones binarias generadas de esta estructura, la figura 2, representa la asociación implícita de niveles de conocimiento. Por un lado se tiene que, una persona **cuenta con conocimiento en ciertos procedimientos a un nivel que genera competencias**. Por otro lado, dentro de la organización tenemos que un rol **requiere de conocimiento** (complementado con habilidades, valores y aptitudes) **en ciertos procedimientos para ejecutar tareas a un nivel**.

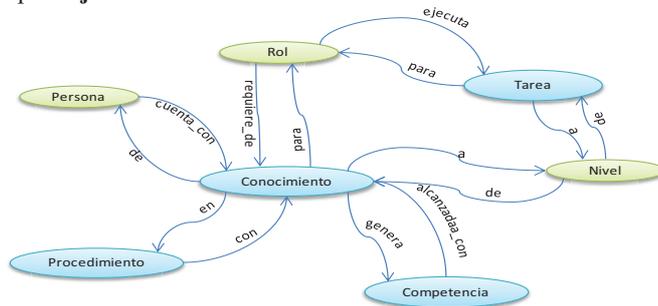


Fig. 2. Relación binaria complementaria para perfilar el nivel de conocimiento.

Para la formalización, se detalló el diccionario de conceptos con todas las relaciones identificadas que posibilitan la inferencia de conocimiento. De forma complementaria, se trabajó con la descripción detallada de los componentes de la ontología: relaciones binarias *ad hoc*, atributos de instancia y atributos de clase.

En la descripción de las relaciones binarias *ad hoc* se especificó cada relación identificada en la figura 1 incluyendo nombre, concepto fuente, concepto destino, cardinalidad y relación inversa, adicionalmente se complementaron las relaciones visualizadas en la figura 2. De esta forma se logró realizar asociaciones de conceptos como se muestra en la tabla 1, en donde se observa su relación normal (*Persona cuenta con Conocimiento a Nivel*) y su inversa (*Nivel de Conocimiento de Persona*).

Concepto origen	Persona
Relación	cuenta con
Relación inversa	de
Concepto destino	Conocimiento
Relación de adición	a
Relación inversa de adición	de
Concepto de adición	Nivel

Tabla 1. Escenario de asociación de conceptos.

3.3 Normalización

Con la definición de los conocimientos anteriores, se describieron axiomas formales y reglas a implementarse en la estructura. Éstos son importantes componentes de modelado de la ontología ya que se utilizan para inferir conocimiento. Para ello se definieron los correspondientes al individuo y el rol.

Un ejemplo de axioma se muestra en la figura 3, éste indica la existencia de elementos que definen las capacidades y complementos dominados por del individuo, a través de las relaciones *Persona cuenta_con Conocimiento, en Procedimiento, Conocimiento complementado_con Habilidad, Aptitud y Valor*, mismos que **tiene** o **es alcanzado_por** la *persona*. La figura 4 describe la regla que permite inferir la persona que alcanza el conocimiento requerido para el rol. La aplicación condicional de las relaciones *Conocimiento de la Persona, Conocimiento requerido para el Rol, y Rol cubierto_por un Perfil*, determina qué *Persona cubre* dicho *Perfil*.

Axioma	Capacidades del individuo
Descripción	Elementos que definen los temas de conocimiento con sus complementos dominados por el individuo
Expresión lógica	<p><i>existe</i> (<i>?P,?W</i>) y (<i>?P,?X</i>) y (<i>?P,?Y</i>) y (<i>?P,?Z</i>)</p> <p><i>donde</i> (<i>Persona (?P)</i> y <i>Conocimiento (?C)</i> y <i>Procedimiento (?W)</i> y <i>Habilidad (?X)</i> y <i>Aptitud (?Y)</i> y <i>Valor (?V)</i> y <i>cuenta_con (?P, ?C)</i> y <i>en (?C, ?W)</i> y <i>ha_realizado (?P,?W)</i> y <i>complementado_con (?C, ?X)</i> y <i>complementado_con (?C,?Y)</i> y <i>complementado_con (?C,?V)</i> y <i>alcanzada_por(?X,?P)</i> y <i>tiene (?P,?Y)</i> y <i>tiene (?P,?V)</i>)</p>
Concepto-Variable	Persona-P, Conocimiento-C, Procedimiento-W, Habilidad-X, Aptitud-Y, Valor-V
Relaciones	<i>Cuenta_con, en, ha_realizado, complementado_con, alcanzada_por, tiene</i>

Fig. 3. Descripción de axioma para el individuo

Regla	Persona que tiene el conocimiento requerido para el rol
Descripción	Un rol donde el conocimiento requerido para ejecutarlo, debe ser identificado en un conjunto de individuo
Expresión	<p>Si (<i>Rol (?R)</i> y <i>Conocimiento (?C)</i> y <i>Persona (?P)</i> y <i>Perfil (?X)</i> y <i>de (?C, ?P)</i> y <i>para (?C, ?R)</i> y <i>cubierto_por (?R, ?X)</i>)</p> <p>entonces <i>cubre (?P,?X)</i></p>
Concepto- variable	Rol-R, Conocimiento-C, Persona-P, Perfil-X
Relaciones	<i>De, para, cubre</i>

Fig. 4. Descripción de regla de inferencia para el rol

4 Aplicación del modelo

Para la aplicación del modelo se implementó una extensión de la metodología KoFI [11], específicamente las etapas de recopilación de información, modelado del conocimiento centrado en el proceso y análisis del proceso (identificación de fuentes, tipos y flujos de conocimiento) [12].

4.1 Recopilación de información

En esta etapa se hizo un estudio de la información estratégica de la organización, para ello se realizaron las siguientes actividades:

- (a) Recopilación de información relacionada con la estrategia de negocio. Esto nos proporcionó un panorama general de la **misión, visión y política** de la empresa.
- (b) Recopilación de información de los procesos. Permitió esquematizar el **mapa de procesos integrado** e interrelacionarlo con las reglas de negocio y satisfacción del cliente al momento de generar un producto.
- (c) Entrevistas a los principales actores de la organización. Las reuniones de trabajo fueron exclusivamente para analizar la estructura de los procesos y el conocimiento contenido en cada uno de ellos.
- (d) Identificación de los procesos clave. El mapa de procesos arrojó como procesos clave: **Gestión de Operación, Gestión de Mantenimiento y Medición, Análisis y Mejora.**
- (e) Delimitación de las áreas involucradas en los procesos clave. En relación al proceso clave **Gestión de Operación** se identificaron **6 cargos o puestos de trabajo** con diferentes **niveles de conocimiento.**

4.2 Modelado de Conocimiento con enfoque a proceso

Durante la etapa de modelado del proceso de operación, se utilizó la adaptación de Rodríguez-Elías [13] sobre la técnica de modelado llamada Gráfica Rica [14].

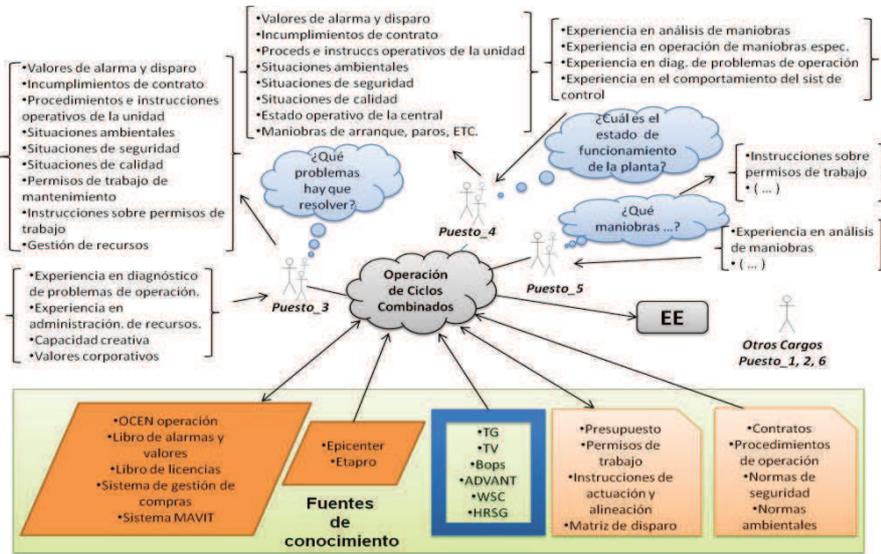


Fig. 5. Gráfica rica del proceso de operación

Bajo dicha técnica, la figura 5 muestra el proceso clave Operación de Ciclos Combinados (representado por una nube). En este proceso intervienen 6 áreas o cargos organizacionales (representado por uno o más actores), las líneas no dirigidas hacia la nube indican qué roles intervienen en dicho proceso. Los temas de conocimiento figuran en corchetes, si la línea se dirige del actor a los temas de conocimiento muestra que el rol debe tener ese conocimiento y utilizarlo en el proceso, si la línea tiene una dirección inversa, marca que el actor obtiene ese conocimiento durante su participación en el proceso. En cuanto las fuentes de conocimiento, se representan 3 tipos: sistemas de información (rombo), documentos (rectángulo) y herramientas de trabajo (marco). Una línea dirigida hacia la nube señala que la fuente se utiliza en el proceso y una línea bidireccional que la fuente se modifica durante el proceso. Todo esto para la obtención de un producto final, energía eléctrica.

4.3 Análisis de flujo de conocimiento

Para delimitar la base de conocimiento, se realizó un profundo análisis del proceso que llevó a clasificar las fuentes y los temas de conocimiento, su ubicación y las relaciones de todos sus elementos con las principales actividades del proceso.

1. **Identificación de fuentes de conocimiento.** En esta empresa, la parte documental funge como la principal fuente de conocimiento. En cuanto a las herramientas de

trabajo ha sido necesario delimitar su enfoque, para ello se realizó una redistribución de los recursos no humanos implementando el metamodelo de fuentes de conocimiento de [13]. La clasificación de recursos obtenida para esta empresa son: empleado, documento, y herramientas; estas últimas clasificadas en informáticas, tecnológicas y manuales.

2. **Identificación y clasificación de áreas de conocimiento.** Tomando como base la perspectiva de las tecnologías y procesos [15], se capturaron las áreas de conocimiento que engloban al conjunto de tareas y recursos que apoyan al proceso de operación (ciclos combinados): técnico operativo, gestión de operación, seguridad, calidad, formación de personal e idioma extranjero.
3. **Identificación de los flujos de conocimiento.** En esta actividad se realizó el modelado del proceso mediante la técnica BPMN (Business Process Model and Notation) [16]. En términos generales, el proceso clave Operación de Ciclos Combinado lo integran 3 cargos que operan directamente con las herramientas tecnológicas de la planta, y los cubren 16 individuos adscritos y distribuidos en 5 turnos de trabajo, quienes ejecutan una secuencia de trabajo *ad hoc* ya que sus tareas pueden producirse en cualquier orden y frecuencia; es decir, dentro del proceso no existen decisiones obvias o un orden específico en la realización de las tareas. El resto de los cargos (que no son menos importantes ya que deben estar alineados con la estrategia de negocio), tiene mayor interacción con tecnologías de información o herramientas informáticas y un menor grado de interacción con herramientas tecnológicas. Aun así, los requerimientos para estos últimos son de un alto nivel de conocimiento.
4. **Análisis y representación de herramientas y prácticas de KM.** La evaluación de las herramientas se realizó a través del marco de análisis de herramientas y tecnologías facilitadoras de flujos de conocimientos de [17], siendo detectadas 15 diferentes áreas de conocimiento para 3 roles específicos del proceso: 1) operador, 2) analista, y 3) formador. Los niveles de conocimiento fueron delimitados según su alcance dentro del dominio en: 1) elemental, 2) medio, 3) avanzado y 4) experto. Esta clasificación dependió de los temas que debe dominar el individuo dentro de cada área de conocimiento.

4.4 Representación ontológica del conocimiento

La base de conocimiento obtenida del proceso evaluado es representada a través de la ontología que se muestra en la figura 6. La conceptualización ha sido adaptada siguiendo el ciclo de vida de Methontology [18].

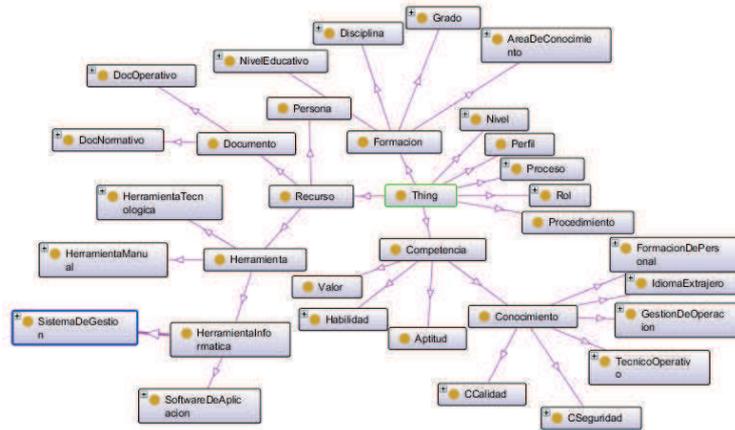


Fig. 6. Representación gráfica ontología perfiles

Cabe destacar, que el crecimiento de esta representación se intensifica de acuerdo al nivel de clasificación del conocimiento capturado en los procesos clave dentro de la organización.

5 Implementación del modelo

Para la aplicación de la estructura ontológica propuesta, se recomienda seguir una serie de pasos que ayudan a adaptarla a las especificaciones propias de la empresa.

La figura 7 muestra este seguimiento. Para implementar el modelo, primeramente se propone aplicar la extensión del modelo KoFI [11], incluyendo las siguientes actividades: a) recopilación de información, b) modelado del conocimiento con enfoque a proceso, y c) análisis de flujos de conocimiento. Como apoyo se recomienda, durante la clasificación de las fuentes y áreas de conocimiento involucradas, implementar el metamodelo de fuentes de conocimiento de Rodríguez-Elías [13], y para la evaluación de las herramientas, el marco de análisis de herramientas y tecnologías facilitadoras de flujos de conocimientos [17]. Las herramientas para el modelado del proceso pueden ser seleccionadas de acuerdo a las características propias de la empresa, aunque se sugiere utilizar la técnica BPMN por su forma estándar de representar procesos de negocio, tanto para propósitos descriptivos de alto nivel, como para procesos detallados con entornos de software orientados a procesos.

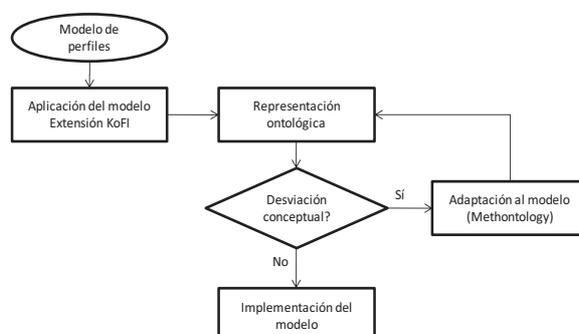


Fig. 7. Propuesta metodológica para la implementación del modelo

Concluida la aplicación, se procede a la representación ontológica. Si hasta aquí existieran desviaciones conceptuales, se sugiere realizar una adaptación al modelo implementando Methontology (por su ciclo de vida evolutivo) [6], de lo contrario se realizará su implementación en el lenguaje de programación adecuado.

6 Resultados obtenidos

El desarrollo de este proyecto ha enriquecido nuestra percepción acerca del capital intelectual en las organizaciones. Con ello, se logró estructurar la parte conceptual del conocimiento, que permite identificar los elementos que interactúan en los procesos clave de la organización, y asociarlos para inferir conocimiento que contribuya a su buena gestión, esto alineando los recursos hacia el objetivo de negocio como apoyo a las estrategias funcionales. La aplicación del modelo en una empresa con un proceso clave que incluye tareas que no requieren un orden específico y diferentes niveles de conocimiento para su realización, ha permitido demostrar que las relaciones que se establecen entre todos los elementos que interactúan en la organización, difícilmente pueden ser observadas a través de una asociación tácita. Por lo que, la buena gestión de los recursos a través de nuevas herramientas tecnológicas aplicadas a la administración de la base contenedora de conocimiento, incrementa el potencial de los recursos facilitando el alcance de las ventajas competitivas de la empresa.

Actualmente se está desarrollando la interfaz por medio de la cual se explotará la ontología y la base de conocimientos, se espera en la primera etapa de aplicación: a) unirla con el programa de capacitación y determinar qué conocimiento crítico requiere adquirir el personal involucrado en dicho proceso, y b) determinar el plan de carrera para los actores involucrados.

Visualizando que esta estructura tiene apertura para la toma de decisiones, también se considera su futura aplicación para la integración de equipos de trabajo en proyectos especiales.

198 María de Jesús Velázquez Mendoza, Oscar Mario Rodríguez-Elías, César Enrique Rose Gómez, Sonia Regina Meneses Mendoza

7 Agradecimientos

Agradecemos el apoyo otorgado mediante beca comisión de DGEST al primer autor (Oficio 513.2.2/0542/12). De igual forma el financiamiento parcial de PROMEP (Oficio 103.5/11/840) para el desarrollo de este proyecto.

8 Referencias

13. Morales Calderon, J.R., Salvador García, S.: Dirección y Administración de Personal en el Siglo XXI - Actualidad y desafíos -. Administración. 135–152, 2006.
14. Snell, S.A., Bohlander, G.W.: Managing Human Resources. Cengage Learning, 2012.
15. Saracho, J.M.: Talento Organizacional. Ril Editores, Chile, 2011.
16. Jennex, M.E.: Knowledge Management in the Modern Organizations. IDEA Group Publishing, San Diego, California, USA, 2007.
17. Kitchenham, B.: Procedures for Performing Systematic Reviews. , Australia, 2004.
18. Fernández, M., Gómez-Pérez, A., Juristo, N.: METHONTOLOGY: From Ontological Art Towards Ontological Engineering. Presented at the, 1997.
19. Gruninger, M., Fox, M.S.: Methodology for the Design and Evaluation of Ontologies, 1995.
20. Farquhar, A., Fikes, R., Rice, J.: The Ontolingua Server: a Tool for Collaborative Ontology Construction. International Journal of Human-Computer Studies. 46, 707–727, 1997.
21. Chaudhri, V.K., Farquhar, A., Fikes, R., Karp, P.D., Rice, J.P.: Open Knowledge Base Connectivity 2.0.3 1 — Proposed —, 1998.
22. Coll, C., Monereo, C.: Psicología de la Educación Virtual. Ediciones MORATA, S.L., España, 2008.
23. Rodríguez Elías, O.M., Rose Gómez, C.E., Vizcaíno, A., Martínez García, A.I.: Integrating Current Practices and Information Systems in KM Initiatives. KMIS 2010 International Conference on Knowledge Management and Information Sharing. pp. 71–80, 2010.
24. Velázquez-Mendoza, M., Rodríguez-Elías, O., Rose Gómez, C., Meneses Mendoza, S.: Modelado para el diseño de perfiles de conocimiento: una aplicación en la industria generadora de energía eléctrica. Avances en Inteligencia Artificial. 55, 125–135, 2012.
25. Rodríguez Elías, O.M.: Metodología para el Diseño de Sistemas de Administración del Conocimiento: su aplicación en mantenimiento de software, 2007.
26. Monk, A., Howard, S.: The Rich Picture: A Tool for Reasoning About Work Context. Interaction. 5, 21–30, 1998.
27. Dalkir, K.: Knowledge Management in Theory and Practice. Elsevier, Burlington, MA, USA, 2005.
28. White, S.A., Derek, M.: BPMN modeling and reference guide. Future Strategics Inc (2008).
29. Rodríguez Elías, O.M., Martínez García, A.I., Vizcaíno, A., Favela, J., Piattini, M.: A framework to analyze information systems as knowledge flow facilitators. Elsevier. 481–498, 2008.
30. Gómez-Pérez, A., Fernández-López, M., Corcho, O.: Ontological Engineering. Springer Berlin Heidelberg, 2004.

Una propuesta para aprovechar el conocimiento grupal en diseños ingenieriles: caso SEMES

Alonso Perez-Soltero¹, Humberto Galvez-Leon¹, Mario Barcelo-Valenzuela¹, Juan Pablo Soto Barrera²

¹Universidad de Sonora, Departamento de Ingeniería Industrial

²Universidad de Sonora, Departamento de Matemáticas

Rosales y Blvd. Luis Encinas S/N, C. P. 83000, Hermosillo, Sonora, México.

aperez@industrial.uson.mx, a211290009@correoa.uson.mx,

mbarcelo@industrial.uson.mx, jpsoto@gauss.mat.uson.mx

Resumen. La Gestión del Conocimiento (GC) consiste en una coordinación deliberada y sistemática de las personas, tecnología y procesos de una organización con el propósito de agregar valor a través de la reutilización de la información y conocimiento y la innovación. El presente artículo trata sobre un caso de estudio donde se pretende realizar una aplicación de la GC a una empresa dedicada al diseño y desarrollo de proyectos de ingeniería, todo ello con el objetivo de documentar y recuperar el conocimiento generado en el proceso de diseño para darle una mayor eficiencia. Para ello se propone el uso de una memoria organizacional, que almacene el conocimiento valioso, así como la integración de indicadores que permitan la evaluación de su impacto. El objetivo del presente artículo es plantear una propuesta para aprovechar el conocimiento grupal generado durante el diseño de dispositivos electromecánicos en una empresa del sector industrial.

Palabras claves. Gestión del conocimiento, memoria organizacional, diseño en ingeniería, Ingeniería mecánica, caso de estudio.

1 Introducción

Los diseños en ingeniería, tienen la característica de ser complejos, donde se debe comprender el cómo varios componentes de un sistema interactúan entre ellos y anticipar como esas interacciones se llevan a cabo [1]. El proceso de diseño se concibe como un objeto de enfoques sistemáticos donde según [2], se compone de tres fases: análisis, síntesis y evaluación, teniendo como los objetivos básicos "la elaboración de los criterios racionales de la toma de decisiones" y la "optimización de las decisiones". La fase de análisis comprende la recopilación y clasificación de toda la información pertinente en relación con el problema de diseño. La fase de síntesis abarca la formulación de posibles soluciones y la fase de evaluación establece el intento de evaluar la solución más

Alonso Perez-Soltero, Humberto Galvez-Leon, Mario Barcelo-Valenzuela, Juan Pablo Soto Barrera, *Una propuesta para aprovechar el conocimiento grupal en diseños ingenieriles: caso SEMES*, en: Mario Barcelo-Valenzuela, Alonso Perez-Soltero, Oscar Mario Rodríguez-Elias, María Trinidad Serna-Encinas (Eds.), *Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora*, pp.199 - 204, 2012.

satisfactoria. Un diseñador de sistemas/dispositivos electro-mecánicos debe poseer conocimientos de al menos dos o tres disciplinas independientes, estas son: la mecánica, la ingeniería eléctrica y la informática [3]. Según [4], un dispositivo electro-mecánico es aquel dispositivo o aparato mecánico accionado o controlado por medio de corrientes eléctricas.

En la actualidad los procesos de diseño en ingeniería han sido apoyados por distintas técnicas y procesos estratégicos para estar a la par de los retos de competitividad, tales como el mantener productos de alta calidad mientras se reduce el tiempo para su comercialización, costos de desarrollo, entre otros [5]. Uno de los procesos estratégicos para apoyar a los procesos de diseño, entre otros es la GC. En este artículo se presenta el estudio del proceso de diseño dentro de una organización para posteriormente desarrollar una metodología para documentar y recuperar el conocimiento grupal generado, consistiendo éste conocimiento en los problemas encontrados en conjunto con los métodos y herramientas utilizadas para su solución, las razones por las cuales se realizaron modificaciones en los diseños, así como también métodos, herramientas y estrategias encontradas para hacer de manera más rápida el desarrollo de diseños en particular.

2 Marco teórico

La GC es definida por [6] como todas aquellas actividades y procesos que abarcan la creación, captura, organización, acceso y uso del conocimiento organizacional. Uno de los procesos más importantes de la GC es la identificación y localización del conocimiento y las fuentes de éste dentro de la organización. El mismo autor [6] da a conocer dos tipos principales de conocimiento: El explícito, mismo que puede ser representado en escritos, imágenes, entre otros, que tiene como característica que es fácil de transferir y el tácito el cual es difícil de representar, ya que es aquel conocimiento que reside en la mente de las personas. Dicho conocimiento suele ser más valorado que el explícito.

En la generación de conocimiento tanto tácito como explícito, se ha encontrado que siguen un proceso que es distinto del proceso más tradicional de la disciplina basada en la investigación. La producción de conocimiento multidisciplinario refleja la forma en que los grupos de diseño gestionan el conocimiento para beneficio de la organización. Los equipos multidisciplinarios son aquellos que se constituyen por miembros que tienen experiencia en distintas áreas para resolver los problemas del cliente. Por lo tanto, dentro de un grupo de diseño, el conocimiento es multidisciplinario por naturaleza y se centra en la solución de problemas específicos [7].

Una vez que se identifica el conocimiento valioso, éste puede ser transferido a una repositorio organizacional de conocimiento y formar parte de la memoria organizacional [6] donde [8] la define como el lugar donde se almacena el conocimiento de una organización generado en el pasado, para utilizarlo de forma inteligente y racional en el

presente y en el futuro, con la característica de que este repositorio sea fácil de acceder por los miembros de la organización involucrados e interesados en aprovechar dicho conocimiento.

3 Descripción del problema

La organización la cual será el objeto de estudio tiene como razón social, SEMES S.A. de C.V. y está ubicada en la ciudad de Hermosillo, Sonora, México. Sus principales actividades son el diseño, fabricación e instalación de dispositivos electromecánicos, mantenimiento industrial, soldadura, herrería artística, entre otras.

Esta empresa cuenta actualmente con 15 empleados, de los cuales 2 son administrativos y el resto personal técnico. Los principales clientes para los cuales se desarrollan dispositivos electro-mecánicos son: NORSON (donde se usan para dar soporte al sistema de refrigeración), FORD y LEAR (donde éstos son utilizados para tareas de soporte de la línea de producción de automóviles) y se realiza un promedio de dos proyectos al mes.

En visitas realizadas y en base a información recabada en entrevistas al personal administrativo y de ingeniería de la empresa, se encontró que no existe una documentación adecuada del conocimiento generado de los diseños del departamento de ingeniería, así como la existencia de conocimiento importante dentro de la organización que no se tiene identificado ni almacenado para poder ser aprovechado en trabajos posteriores.

En el departamento de ingeniería, cuando se realiza un diseño, se almacenan sólo los planos, diagramas y manuales al final del desarrollo de éste y es básicamente un dibujo o diagrama, siendo la mayoría de las veces porque el cliente así se los pide, no documentándose las ideas, sugerencias, puntos de vista, diagramas, dibujos, entre otras, generados por el personal técnico y que surgen durante el proceso de diseño de los dispositivos electromecánicos. Frecuentemente se presenta la necesidad de realizar diseños similares a los realizados anteriormente, donde para ello no se cuenta con el conocimiento que se generó en los diseños anteriores. Esta situación representa una inversión de tiempo innecesaria al tener que volver a encontrar solución a problemas anteriormente ya solucionados, donde se tienen repercusiones en los costos, al aumentar estos en la realización de los trabajos.

4 Propuesta de solución

Para aprovechar este conocimiento grupal generado en el proceso de diseño, se propone el desarrollo de una memoria organizacional. Esta tiene como base una herramienta basada en software, misma que permite que la información se almacene y que el conocimiento pueda ser fácilmente capturado, compartido y actualizado a la cual se puede acceder por medio de una intranet misma que esté al alcance del personal involucrado. Este

conocimiento generado por el personal técnico durante el proceso de diseño, se captura mediante una interface, conforme a las fases propuestas en [2], tal y como se muestra en la figura 1, formando así parte de la metodología para la captura del conocimiento grupal.

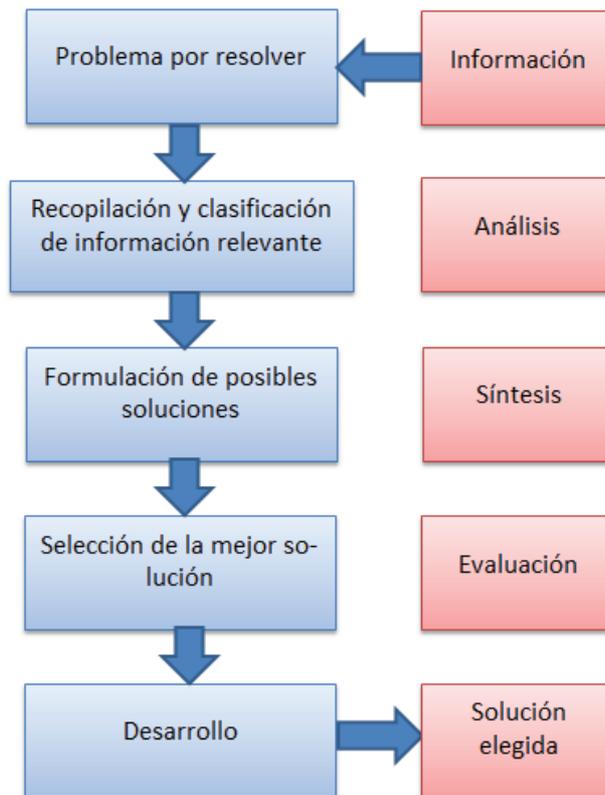


Fig. 1. Fases del proceso de diseño [2]

La información a almacenar es conforme a las fases del proceso de diseño: descripción y análisis del problema: donde se almacena toda la información acerca de las necesidades, especificaciones y problemas a resolver con el diseño. En la fase de análisis se almacena y clasifica toda la información relevante que se investigue y genere por el grupo de trabajo relacionada al problema de diseño. Posteriormente en la fase de síntesis se almacenan todas aquellas posibles soluciones que se formularon. En la evaluación se captura aquella que fue elegida así como las razones por la que esta fue elegida. Por último se almacena una retroalimentación acerca de los problemas y aciertos que se tuvieron en la aplicación

del diseño así como recomendaciones para trabajos futuros, esto con el fin de generar conocimiento acerca de lecciones aprendidas y las mejores prácticas para la realización los diseños.

5 Resultados esperados

Con la realización de este proyecto, se obtendrán beneficios para la organización a través de una mejora en el proceso de diseño de dispositivos electro-mecánicos. Los diseñadores contarán con historiales de diseños donde encontrarán las soluciones encontradas anteriormente a problemas con similitudes, donde podrán realizar el proceso de diseño con mayor rapidez y exactitud; disminuyendo errores y re-trabajos con lo cual se tendrá una disminución de horas hombre en el desarrollo de los trabajos. Lo anterior, permitirá ser más eficientes en su proceso de diseño, disminuyendo la incidencia de re-trabajos y reducir el tiempo para su desarrollo. De esta forma se dará a la empresa un valor agregado, dándole una ventaja comercial y de competitividad.

6 Conclusiones

El uso de una memoria organizacional para aprovechar el conocimiento grupal en el diseño de dispositivos electro-mecánicos, constituye una ventaja competitiva para la organización al darle un valor agregado. Tanto en el equipo de diseño como en el equipo de trabajo se genera conocimiento nuevo al desarrollar los proyectos, mismo que al ser almacenado en la memoria organizacional evitará que se “fugue” al momento de que algún miembro deje la compañía.

Por otro lado, el uso de la herramienta de software constituye una pieza clave al permitir que el conocimiento se almacene de manera ágil y práctica y mediante el uso de la intranet, ésta pueda ser consultada y analizada por el grupo de trabajo de manera ágil y rápida.

Con la finalidad de que la metodología propuesta tenga seguimiento y sea utilizada por el grupo de trabajo, se recomienda que los directivos hagan uso de la herramienta propuesta con el fin de motivar a todo el equipo de llevarlo a cabo y darles a conocer constantemente los beneficios que se obtienen con el uso de la misma.

7 Bibliografía

1. Flumerfelt, S.; et al.: “Complexity by Design. (Cover story),” *Mechanical Engineering*, vol. 134, no. 3, pp. 28-33, 2012.
2. Anay, M.Ö.: “Bridging the gap: designer's "user concept" as a transformative tool between user knowledge and design,” *kullanici bilgisi ile tasarim*

- arasında bir dönüştürücü araç olarak tasarımcının "kullanıcı kavramı".* vol. 12, no. 2, pp. 111-118, 2011.
3. Altintas, Y.; Croft, E.A.: "Electro-mechanical design engineering: a progress report and future directions for mechatronics education," *International Journal of Mechanical Engineering Education*, vol. 30, no. 4, pp. 325, 2002.
 4. *Diccionario de la lengua española*, España., Madrid., 1984.
 5. Kloss-Grote, B.; Moss, M.: "How to measure the effectiveness of risk management in engineering design projects? Presentation of RMPASS: a new method for assessing risk management performance and the impact of knowledge management--including a few results," *Research in Engineering Design*, vol. 19, no. 2-3, pp. 2-3, 2008.
 6. Dalkir K.: "Introduction to Knowledge Management", *Knowledge management in theory and practice*, MIT, 2011.
 7. Roworth-Stokes S.: "Capturing and Retaining Knowledge to Improve Design Group Performance," *Journal of Research Practice*, vol. 6, no. 2, pp. 1-15, 2010.
 8. Perez-Soltero A.: "El papel de las Tecnologías de Información y la Memoria Organizacional dentro de las Organizaciones Inteligentes", *Novática*, no. 182, 2006.

Una Arquitectura Multiagente para Apoyar la Integración de la Gestión de Información y Conocimiento en Procesos de Producción Industrial

Luis Arturo Madrid Hurtado, Oscar Mario Rodríguez-Elias, Germán Alonso Ruiz Domínguez, Guillermo Valencia Palomo

División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Hermosillo, Av. Tecnológico S/N, Hermosillo, Sonora, México, 83170
arturo_madrid38@hotmail.com, {omrodriguez,gruiz, gvalencia}@ith.mx

Resumen. Este trabajo muestra el diseño de una arquitectura que apoya la integración de la gestión de la información y conocimiento en procesos de producción industrial, aprovechando la capacidad que poseen los sistemas de control automatizados para ser divididos en niveles que cuentan con características operacionales adecuadas. Se propone una arquitectura multiagente cuya primera etapa consiste en monitorear y registrar variables críticas de un proceso industrial. La propuesta se validó implementando un prototipo para monitorear variables de temperatura en un proceso de extrusión simulado. El prototipo se basa en una arquitectura con un conjunto de agentes con funciones definidas, que interactúan entre ellos y con diversos elementos del sistema, entre estos los dispositivos de control industrial (PLC) y bases de datos (SQL Server).

Palabras clave. Sistemas Multiagentes, Procesos Industriales, Monitoreo Inteligente.

1 Introducción

Los sistemas tradicionales de manufactura se han convertido en tareas intrínsecamente multidisciplinarias, que consisten en una nueva serie de sistemas de software, personas, procesos y equipos (hardware) interactuando de manera complicada. En los últimos años, compañías de diversa índole han detectado la necesidad de obtener ventajas competitivas para elevar su eficacia y eficiencia. Esto ha propiciado que el conocimiento derivado del trabajo de los técnicos y empleados de la organización sea uno de sus principales activos. La gestión adecuada del conocimiento organizacional pasa, hoy en día, por la aplicación de las herramientas y tecnologías de la información [1].

Luis Arturo Madrid Hurtado, Oscar Mario Rodríguez-Elias, Germán Alonso Ruiz Domínguez, Guillermo Valencia Palomo, *Una Arquitectura Multiagente para Apoyar la Integración de la Gestión de Información y Conocimiento en Procesos de Producción Industrial*, en: Mario Barceló-Valenzuela, Alonso Perez-Soltero, Oscar Mario Rodríguez-Elias, María Trinidad Serna-Encinas (Eds.), *Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora*, pp.205 - 216, 2012.

Por si sola, la implementación de las nuevas tecnologías de la información no garantiza aplicaciones de control exitosas. Para obtener altos grados de integración y eficiencia, la tecnología debe coincidir con modelos que describan el conocimiento en el sistema y que permitan comprender correctamente su funcionamiento [2].

El desarrollo de software orientado a agentes permite diseñar soluciones para sistemas sofisticados y complejos [3]. Los sistemas basados en agentes han permitido diseñar sistemas en casi todos los campos de la ciencia, entre ellos, sistemas de automatización industrial [4] y sistemas de gestión del conocimiento [5].

En los procesos industriales, gran parte de los datos e información de lo que sucede en los mismos son capturados, generados, almacenados, procesados o transmitidos por medio de los controladores lógicos programables (PLCs). Esto les da el potencial de servir como un mecanismo a través del cual pueda integrarse la gestión del conocimiento en los procesos de producción industrial.

Con base en lo anterior se propone una arquitectura que permita integrar la gestión del conocimiento en procesos de producción industrial. Específicamente en este trabajo se desarrolla uno de los niveles de dicha arquitectura, el cual consiste en el monitoreo y registro de las variables críticas de un proceso, para lo que se planteó una arquitectura multiagente y se validó aplicándola en un proceso de extrusión simulado.

2 Marco teórico y antecedentes

2.1 Marco teórico

Sistemas de manufactura. Los sistemas de manufactura involucran actividades de producción de bienes mediante el uso de recursos y conocimientos de manufactura. Adicionalmente, los sistemas de control de manufactura agrupan las actividades directamente responsables de manejar la transformación de la orden de producción planeada en un conjunto de salidas (productos).

De las principales funciones de un sistema de control de manufactura se encuentran [2]: 1) Funciones relacionadas al proceso (de acuerdo al sistema de manufactura se tendrán rutas de producción, tratamiento de órdenes de producción, entre otras); y 2) Planeación y Programación de producción.

Gestión del conocimiento. En este trabajo entendemos el concepto de gestión del conocimiento, como: “una disciplina que provee de métodos, técnicas y herramientas encaminadas a apoyar las actividades necesarias para facilitar el flujo del conocimiento hacia donde se requiere, con el fin de realizar de mejor manera el trabajo necesario para completar procesos específicos dentro de una organización” [6].

Agentes de Software: definición y características. Una de las definiciones más aceptadas hoy en día es la propuesta en [7], según la cual, un agente es un sistema computacional capaz de una acción autónoma y flexible en un determinado entorno, y debe de poseer las siguientes características:

- Autónomo.- Pueden mantener un estado y tomar decisiones dependiendo de éste, sin la intervención de humanos.
- Reactivo.- Deben ser capaces de percibir su medio ambiente mediante sensores, y de actuar dependiendo de los cambios que ocurran en el mismo.
- Pro-activo.- Deben ser capaces no solo de actuar como respuesta a algún estímulo, sino actuar en la búsqueda de un objetivo, por lo que deben ser capaces de tomar la iniciativa.
- Sociable.- Deben poder interactuar con otros agentes a través de algún lenguaje de comunicación.

2.2 Antecedentes

A continuación se muestran algunos de los ámbitos principales de los sistemas de producción industrial y la gestión del conocimiento en los que se han aplicado de forma efectiva los sistemas multiagentes.

6.1.1 Aplicaciones de los agentes en sistemas de producción industrial

Control de procesos y monitoreo en tiempo real. El monitoreo implica la observación, el registro y el procesamiento de señales, y la detección de condiciones anormales del proceso de control. El diagnóstico es el proceso de generación de las teorías probables sobre las causas que originaron el estado actual, en este caso una anomalía dentro del sistema. En este campo se ha introducido con éxito la tecnología multiagente para un control en tiempo real, flexible y distribuido [8].

Programación y control de la producción. El control de fabricación se refiere a las estrategias y algoritmos para el funcionamiento de una planta de fabricación, teniendo en cuenta tanto los estados observados en el pasado como en el presente la planta de fabricación, así como la demanda del mercado. De esta manera, en un sistema de fabricación basado en agentes, estos se encargan de realizar la coordinación de los recursos disponibles, a fin de realizar los productos requeridos [9].

Simulación basada en agentes. El modelado basado en agentes es adecuado para simular el comportamiento de sistemas complejos que operan en entornos dinámicos. En contraste con los enfoques tradicionales, el énfasis está en la observación del individuo y las interacciones con los demás individuos. La cuestión es determinar si, y de qué forma, las interacciones locales pueden producir patrones de comportamiento global que sean útiles y observables. Por lo tanto, la simulación basada en agentes es una metodología aceptada para el desarrollo de posibles explicaciones para los fenómenos emergentes [10].

6.1.2 Aplicación de sistemas multiagentes en la gestión del conocimiento

Clasificación y manejo del sobre flujo de información. Los agentes se han usados ampliamente para facilitar el manejo de grandes cantidades de información, y evitar, de esta manera, el sobre flujo de información en el usuario. Un ejemplo de este tipo de

sistemas esta en [11], donde se presenta un sistema basado en agentes inteligentes distribuidos, diseñados para realizar una gestión colaborativa del conocimiento y su intercambio en la red.

Codificación y el intercambio de las mejores prácticas. En estos sistemas los agentes proveen servicios para capturar, almacenar y recuperar mejores prácticas o actividades que beneficien a las organizaciones. En [12] se presenta un marco donde los agentes están conscientes del contexto físico y social de sus usuarios; esto mejora su rendimiento al trabajar con recursos limitados en espacios con mucha información, lo que aumenta la calidad y la cantidad de información entregada al usuario.

Compartir conocimiento. Por sus características, los agentes de software son una muy buena opción para desarrollar sistemas donde se requiere compartir conocimiento entre aplicaciones. Un ejemplo de sistema basado en agentes, que caen dentro de este rubro pueden verse en [13], [14].

3 Arquitectura para monitoreo y control de variables críticas en un proceso de producción industrial

Los sistemas automatizados se pueden representar mediante diferentes niveles, cada uno de los cuales tiene características operacionales adecuadas [3]: nivel de dispositivos de campo (nivel operacional) es donde se captura la información del proceso, nivel de control y supervisión (nivel táctico) donde se ejecutan las tareas de control, y nivel de gerencia de los procesos (nivel estratégico) donde se evalúan y se desarrollan las estrategias para el control de la producción. Con esto en mente se propone una arquitectura general para el monitoreo y control de procesos industriales (véase figura 1), que cuenta con tres niveles; un nivel de monitoreo y recuperación en tiempo real de la información crítica del proceso, la cual proviene de las variables más importantes del mismo; un nivel donde se realizará un análisis de la información recuperada para tomar decisiones para controlar el proceso; estas decisiones le serán comunicadas al nivel de actuación que realizará los cambios al proceso que sean solicitados.

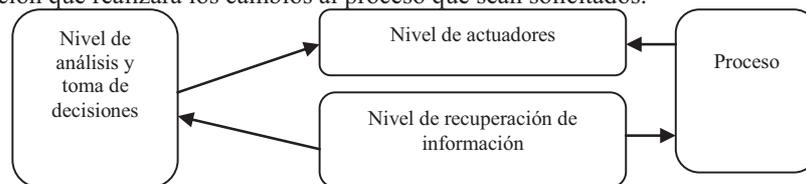


Fig. 1. Arquitectura para monitoreo y control de procesos industriales.

Para validar la viabilidad de la implementación de la arquitectura, en este trabajo se desarrolló el nivel de monitoreo y recuperación de la información del proceso, el cual se describe a continuación.

4 Desarrollo del nivel de monitoreo de información de las variables críticas en un proceso de producción

Para apoyar en el monitoreo de variables críticas en procesos industriales, hemos diseñado una arquitectura multiagente que pueda ser adaptada a diferentes tipos de procesos. A continuación se describe el diseño del sistema siguiendo la arquitectura, así como un prototipo para validar la viabilidad del sistema y la arquitectura.

4.1 Diseño del sistema.

El sistema cuenta con una comunidad de agentes, que interactúan entre sí para llevar a cabo las tareas de supervisión de las variables más importantes dentro del proceso. Para este modelo se definieron las variables procesadas y generadas por un PLC (Controlador Lógico Programable) y los datos que son capturados por el sistema de gestión de calidad (en hojas de Excel) como las fuentes principales de datos sobre las cuales actuarán los agentes, esto por ser una configuración común en la práctica.

La comunidad de agentes está formada por cuatro tipos de agentes, Agentes Coordinadores, Agentes de proceso, Agente Concentrador y Agentes que monitorean los datos del sistema de calidad, descritos a continuación.

- **Agente Coordinador.** Se encarga de coordinar la información que será requerida del proceso, solicitándola a los agentes de proceso. También se encarga de recopilar y almacenar dicha información en una base de datos.
- **Agente de Proceso.** Se encarga de monitorear una o varias variables específicas del proceso, y de enviarlas al agente coordinador cuando éste se la solicite o cuando ocurra un cambio significativo en las variables.
- **Agente Concentrador.** Establece el enlace con el PLC, para obtener el valor de las variables importantes del sistema, y mandársela a los agentes de procesos cuando estos las soliciten.
- **Agente Monitor de SGC.** Monitorea los datos capturados para el sistema de calidad, estableciendo el enlace con las hojas de cálculo donde son capturados, para obtener su valor y mandarlos al agente coordinador cuando este lo solicite o cuando ocurran cambios significativos.

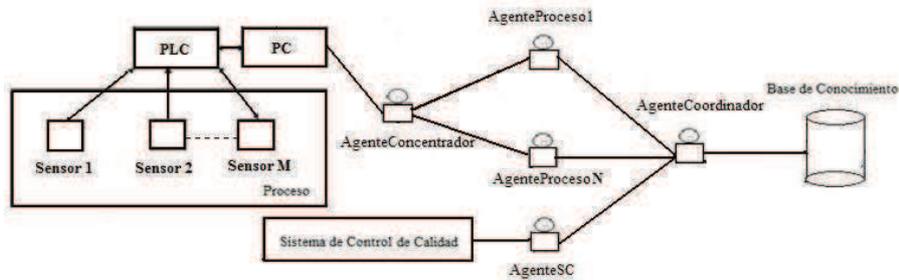


Fig. 2. Arquitectura multiagente.

La figura 2 muestra la arquitectura del sistema. Es posible observar las interacciones que se dan entre los diferentes tipos de agentes. El objetivo general del sistema es almacenar las variables más importantes en una base de conocimiento para su análisis.

Con el fin de que los agentes cooperen entre sí para cumplir con sus metas y objetivos, estos deben de ser capaces de comunicarse, por lo tanto fue necesario definir un vocabulario común para los agentes, para lo que se desarrolló una ontología que representa el dominio de conocimiento en el cual actúan dichos agentes.

En la tabla 1 se observa la ontología que se creó para este prototipo, aquí se muestran los conceptos, predicados y acciones que se definieron para describir los actos comunicativos de los agentes dentro del sistema.

Tabla 1. Ontología

Ontología (proceso)		
Conceptos	Predicados	Acciones
DatoPr	EnviaDatoP	SolicitaInfoVariable
VariableP	EnviaVariableP	MonitoreaVp
Variable	EnviaInfoSol	MonitoreaDp

5 Implementación del sistema en un caso de estudio

5.1 Caso de Estudio: Monitoreo de Temperaturas Críticas en un Proceso de Extrusión de Caucho

La extrusión de materiales termoplásticos es un proceso de transformación de la materia prima, que consiste en la fusión de dicho material y una posterior inyección a través de un conducto que le dará la forma deseada. Es posible encontrar varios tipos de extrusoras, siendo la más comúnmente utilizada la extrusora mono-husillo (mono-tornillo). El husillo

está dividido en tres zonas bien definidas (ver Fig. 3): 1) zona de alimentación, 2) zona de compresión, 3) Zona de dosificación.

Dentro de este proceso, uno de los factores que más incide en la calidad del producto terminado y en el aprovechamiento de la materia prima, es la temperatura durante la extrusión, por lo que el monitoreo y control de este parámetro es de vital importancia en el desempeño del proceso.

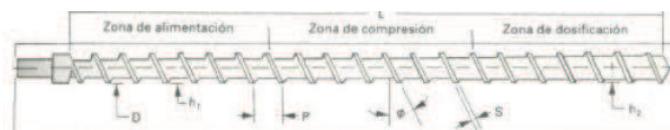


Fig. 3. Partes del husillo

Tomando en cuenta lo anterior, en este trabajo se realizó un sistema que monitorea la temperatura de las zonas en las que está dividido el husillo del extrusor, con el fin de garantizar la estabilidad de la temperatura ya que el polímero debe ser fundido dentro de un rango de temperaturas específicas para no alterar sus propiedades.

Para esta aplicación se monitoreará el proceso de extrusión de caucho de santoprene; un material estable al calor hasta temperaturas de 246 °C [15]. Las condiciones de temperatura óptimas para la extrusión de este caucho se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Temperaturas óptimas para extrusión de caucho santoprene [15].

Zona del Extrusor	Temperatura (°C ± 5)
Zona de Alimentación.	176 °C
Zona de Compresión.	182 °C
Zona de Dosificación.	182 °C

5.2 Implementación del prototipo.

La implementación de los Agentes se hizo sobre la plataforma JADE (<http://jade.tilab.com/>). El desarrollo de las aplicaciones se realizó en NetBeans 7.0, con java JDK 1.6.

Para la implementación de una aplicación se trabajó con una red capaz de simular una red de trabajo real localizada en un área de producción industrial. Los componentes de la red, son un dispositivo de control industrial PLC Allen Bradley 1768, un equipo de acceso remoto, una LAN (por sus siglas en inglés Local Area Network), una PC donde se ejecutan los agentes y que contiene la base de datos (SQL Server 2008) donde se captura la información recopilada, una PC donde se encuentra cargado el software LabView 2009 el cual nos permitió simular el proceso monitoreado y finalmente un equipo con el software básico de Allen Bradley (RSLinx y RSlogix 5000) para realizar la comunicación y programación del PLC.

Fue necesario contar con una aplicación que le enviara datos al PLC, simulando el proceso de producción. Para esto se utilizó LabView, que permitió simular las variaciones de temperaturas en las diferentes zonas del extrusor que los agentes estaban encargados de monitorear (ver figura 4).

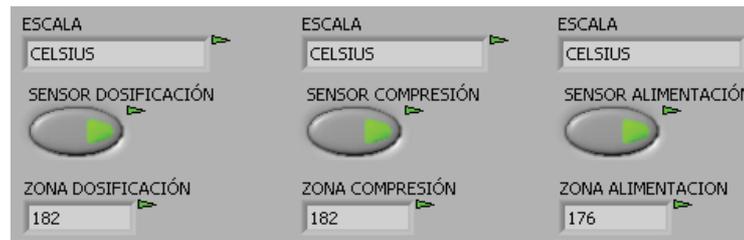


Fig. 4. Simulación de temperaturas de extrusión en LabView.

El PLC cuenta con un modulo capaz de alojar páginas web (véase figura 5), por medio de las cuales el agente Concentrador obtiene la información relevante del proceso.



Fig. 5. Página web generada por el PLC.

Para el análisis de las variables mostradas en la figura 5 fue necesario analizar la manera en la que está codificada la información dentro del servidor web del PLC, esto se muestra en la figura 6, donde se puede apreciar que las variables están agrupadas como etiquetas de XML. Se usó la librería Jdom que permite el manejo de archivos XML, tanto para leer un sitio web como para enviar información.

```

<view xmlns="http://www.rockwellautomation.com/technologies/data_access/data_views/1.0/" xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" xsi:schemaLocation="http://www.rockwellautomation.com/technologies/data_access/data_views/1.0/ /schemas/dataview.xsd" xmlns:cip="http://www.rockwellautomation.com/technologies/data_access/data_types/1.0/" name="Temperaturas" description="">
  <tag name="Muestreo" valueType="cip:dt_BOOL" path="1,0" display="String" access="admin">
  <tag name="Muestreo2" valueType="cip:dt_BOOL" path="1,0" display="String" access="admin">
  <tag name="Registro" valueType="cip:dt_DINT" path="1,0" display="Decimal" access="admin">
  
```

Fig. 6. Código en XML de la página web generada por el PLC.

El sistema realiza las actividades de monitoreo de dos formas, en la primera el usuario puede operar el sistema utilizando la interfaz mostrada en la figura 7 para solicitar información de una de las zonas monitoreadas en el momento que lo desee. Al ejecutar los agentes, se carga dicha interfaz mediante la cual el usuario será capaz de realizar las solicitudes de información sobre el proceso que se está monitoreando.

Al mismo tiempo el sistema está monitoreando las variables críticas en forma automática, en este caso los agentes realizan una revisión cada 4 segundos tomando el valor actual de las variables y comprobando que se encuentra dentro de rango.

Fig. 7. Pantalla principal del sistema monitorador de variables.

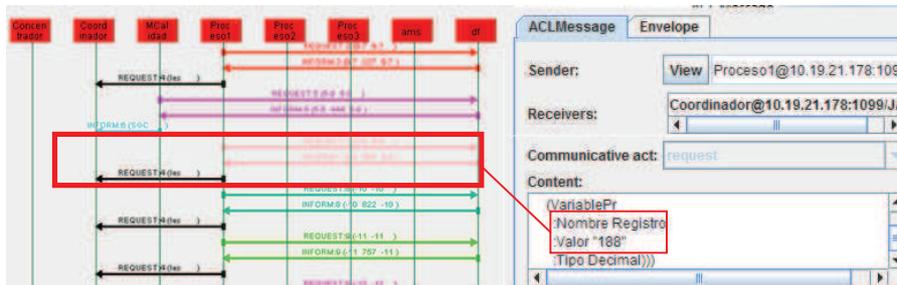


Fig. 8. Cambio en variables detectado automáticamente.

Si se detecta una diferencia considerable en el valor de la variable que es monitoreada del PLC, como se muestra en la figura 8, en este caso que la temperatura de algunas de las zonas sobrepase por 10 °C a la temperatura deseada, los agentes de proceso envían este valor al agente coordinador para que sea almacenado.

Finalmente en la figura 9 se muestra como los agentes almacenan, en una base de datos en Microsoft SQL server 2008, los cambios significativos de las variables, en este caso un incremento de 10 °C en las temperaturas ideales de extrusión del caucho de santoprene.

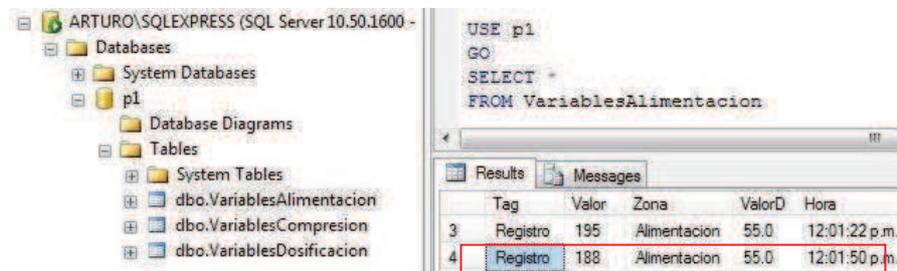


Fig. 9. Almacenamiento de cambios significativos en base de datos.

6 Conclusiones y Trabajo a Futuro

En este trabajo se ha mostrado el diseño de una arquitectura multiagente genérica para apoyar en el monitoreo de variables críticas en procesos industriales. La arquitectura ha sido validada con la implementación de un prototipo para el monitoreo de variables críticas de temperatura en un proceso de extrusión simulado. Se pudo comprobar que los agentes desarrollados para este caso de estudio, cumplieron con las actividades de monitoreo y almacenamiento de los cambios significativos en las variables críticas del sistema, lo cual es el primer paso, a fin de que estas variables sean posteriormente analizadas y sirvan para una adecuada toma de decisiones.

Cabe destacar que para la implementación del sistema se han aprovechado las capacidades de transmisión de datos vía Ethernet de los dispositivos de control industrial, en nuestro caso un PLC con un módulo web. El siguiente paso en la implementación del sistema multiagente es agregar las fases de análisis de los datos capturados, para posteriormente apoyar en la mejora del sistema de control de forma inteligente, flexible y en tiempo real, lo cual constituye nuestro trabajo futuro.

El objetivo de este trabajo en el mediano y largo plazo, es proveer herramientas que apoyen en la mejora de sistemas de automatización y control industrial, integrándolos con los sistemas de manejo de información y toma de decisiones mediante el uso de tecnologías de inteligencia artificial, particularmente agentes de software, que apoyen en

la gestión de datos, información y conocimiento al interior de los procesos de producción, vía la comunicación directa con los dispositivos de control industrial. El presente trabajo constituye un avance significativo en el logro de dicho objetivo.

Agradecimientos

Se agradece el apoyo de Conacyt con la beca numero 58920. Este proyecto es parcialmente financiado por PROMEP (Oficio PROMEP/103.5/12/4633).

Referencias

1. Rao M., "Knowledge Management Tools and Techniques: Practitioners and Experts Evaluate KM Solutions," *Knowledge Creation Diffusion Utilization*, 2005.
2. Leitão P. and Restivo F., "A Framework for Distributed Manufacturing Applications," in *Proceedings of ASI'2000 International Conference*, pp. 1–7, 2000.
3. Rios-Bolívar J., Addison; Cerrada, Mariela; Narciso, Flor; Hidrobo, Francisco; Aguilar, "Implantando sistemas de control con agentes inteligentes Control system implementation with intelligent agents," *Revista Ciencia e Ingeniería. Vol.29, No. 3*, vol. 29, no. 3, pp. 249–260, 2008.
4. Wagner T., "An agent-oriented approach to industrial automation systems," in *In: Proceedings of the 3rd International Symposium on Multi-Agent Systems, Large Complex Systems, and E-Businesses - MALCEB'2002*, 2002.
5. Elst L. V. and Abecker A., "Agent-Mediated Knowledge Management," *Knowledge Creation Diffusion Utilization*, pp. 1–11, 2004.
6. Rodríguez Elias O. M., "Metodología para el diseño de sistemas de administración del conocimiento: su aplicación en mantenimiento de software.," 2007.
7. Wooldridge N., Michael and Jennings, "Intelligent agents: Theory and practice. The Knowledge Engineering Review." 1995.
8. Taylor J. H. and Sayda A. F., "Intelligent Information, Monitoring, and Control Technology of Industrial Process Applications," in *The 15th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing (FAIM)*, 2005.
9. Cerrada M., Aguilar J., Cardillo J., and Fainete R., "Agent-based design for fault management system in industrial processes," *Rev. Téc. Ing. Univ. Zulia. Vol. 29*, vol. 29, no. 3, pp. 258 – 268, 2006.
10. Anjewierden A., Shostak I., and D. Hoog R., "KMsim: A Meta-Modelling Approach and Environment for Creating Process-Oriented Knowledge Management Simulations," *Knowledge Management*, no. October, 2002.
11. Chen J. R., Wolfe S. R., and Wragg S. D., "A distributed multi-agent system for collaborative information management and sharing," *Proceedings of the ninth international conference on Information and knowledge management - CIKM*, no. 1, pp. 382–388, 2000.
12. Enric P. & J. L. A., "Context Aware Agents for Personal Information Services," 2001.

216 Luis Arturo Madrid Hurtado, Oscar Mario Rodríguez-Elias, Germán Alonso Ruiz Domínguez, Guillermo Valencia Palomo

13. Tamma V., Bench-capon T., and Art A., "A conceptual model to facilitate knowledge sharing in multi-agent systems," *Artificial Intelligence*, 2001.
14. . Mercer S, Keynes M., and Greenwood S., "A MULTI-AGENT ARCHITECTURE FOR KNOWLEDGE SHARING," *System*, 2002.
15. Avanced Elastomer Systems, "El Caucho vulcanizado que se procesa como termoplástico." p. 20, 2002.

Captura y utilización del conocimiento basado en un modelo conceptual de una memoria organizacional: Caso KMSolución

Alonso Perez-Soltero¹, Leonardo Ernesto Llanes Hoyos¹, Mario Barceló Valenzuela¹,
Heriberto Aja Leyva², José Luis Ochoa Hernández¹

¹ Universidad de Sonora, Departamento de Ingeniería Industrial, Rosales y Blvd. Luis Encinas S/N,
C. P. 83000, Hermosillo, Sonora, México.

aperez@industrial.uson.mx, leonardoe.llanesh@correoa.uson.mx, mbarcelo@industrial.uson.mx,
jose Luis.ochoa@industrial.uson.mx,

²KMSolución, Sonora, México
heriberto.aja@kmsolucion.com

Resumen. Al considerar el desarrollo de una memoria organizacional se tiene que pensar en sus diferentes características y componentes para que sea exitosa. En este artículo los componentes de la memoria organizacional que son los individuos, cultura, transformaciones, roles y la estructura física de la empresa van dirigidos a una empresa consultora que tiene varios servicios y productos, desde alineación estratégica o de tecnologías y alineación de mandos medios. La empresa consultora en su situación actual no cuenta con una herramienta que gestione el conocimiento; por ello, este activo se pierde y provoca un re-trabajo en las diferentes actividades de la consultoría. Con el conocimiento que se genere en la empresa se propone almacenarlo en la memoria organizacional como el activo que ayudará a los miembros de la empresa y a sus colaboradores a mejorar sus prácticas y proyectos futuros.

Palabras clave. Conocimiento, Empresa consultora, Memoria Organizacional.

1 Introducción

El objetivo del presente artículo es proponer un modelo conceptual de las características y componentes a considerar para el desarrollo de una memoria organizacional para la empresa consultora KMSolución, que le permita utilizar el conocimiento que se genera durante los procesos de adiestramiento, capacitación y seguimiento en la aplicación de modelos y técnicas de intervención en la consultoría que ofrecen a sus clientes.

El enfoque de este artículo es básicamente describir de manera general una propuesta que está en sus etapas iniciales de desarrollo.

La estructura del artículo inicia con el marco teórico en el cual se desarrollan los conceptos de empresa consultora, memoria organizacional y la memoria organizacional en empresas consultoras. Luego se explican los antecedentes del problema y la solución propuesta. Posteriormente se plantean los principales resultados esperados y, finalmente, se desarrollan las conclusiones del artículo.

2 Marco teórico

El conocimiento puede transmitirse y almacenarse en diferentes contenedores, pero ¿Para qué sirve? ¿A qué empresas les puede ser útil? ¿Quiénes son las personas que lo usan?. En esta sección se hablará de los temas que se abordan en el artículo, como son las empresas consultoras, la memoria organizacional y aspectos de la memoria organizacional en empresas consultoras.

2.1 Empresas consultoras

Quinn sostiene que las firmas más exitosas pueden considerarse empresas inteligentes porque transforman los bienes intelectuales de una entrada humana a una salida como un producto o servicio [1].

Las empresas consultoras son organizaciones involucradas en una gran variedad de sectores como los relacionados con leyes, ingeniería civil, tecnologías de la información y arquitectura que auditan, contabilizan, consultan, dan publicidad y producen software. Estas organizaciones comercializan principalmente con el conocimiento de su capital humano, es decir, empleados y dueños, para desarrollar y entregar soluciones intangibles a los problemas del cliente [2].

Las empresas consultoras que se dedican a las tecnologías de la información proveen conocimiento técnico, subcontratación de procesos y algunas veces proveen a los empleados de infraestructura para implementar y mantener un sistema de tecnologías de información [3].

2.2 Memoria Organizacional

El conocimiento reside en la memoria de los individuos, puede describirse y ponerse en bases de datos, pero siempre sabemos más de lo que podemos decir. La memoria organizacional se puede ver como un sistema de procesos de información que puede interpretar el conocimiento existente y de dónde emerge. Las organizaciones tienen una memoria particular que contiene el conocimiento de saber hacer las cosas, cómo atacar problemas y dificultades y cómo lidiar con uno u otro [4].

Para complementar Nevo y Wand mencionan que la memoria organizacional (MO) puede ser descrita como la forma en que las organizaciones almacenan conocimiento del pasado para dar soporte a las actividades del presente [5].

Los contenedores de la MO pueden residir en diferentes lugares y el conocimiento es intencionado para ayudar a la organización a mejorar su competitividad y efectividad [6]. Reforzando lo anterior, Jackson menciona que las MO pueden incrementar la productividad mediante el mejoramiento del trabajo rutinario, desarrollo de mejores controles de producción, logística y entrega de servicios, como también identificar los mejores atributos para un trabajo [4].

Estas MO generalmente residen en contenedores diferentes en la organización y los miembros de la organización recuperan ese contenido basado en sus necesidades de trabajo. Los cinco principales contenedores son: Individuos, quienes retienen el conocimiento en sus almacenamiento de memoria, valores y suposiciones; cultura, que almacena el conocimiento en lenguajes, marcos de referencia compartidos, símbolos e historias; transformaciones, procedimientos y reglas, donde incluyen conocimiento integrado como la lógica detrás de él; las estructuras y roles, que representan la percepción de la organización del ambiente y la expectativas sociales y finalmente los ajustes físicos de lugar de trabajo que representan el conocimiento acerca del status de jerarquía y su percepciones de comportamiento[5].

2.3 Memoria Organizacional en Empresas Consultoras

Las empresas inteligentes son organizaciones que son capaces de crear, adquirir, compartir y transferir el conocimiento entre todos sus miembros, en otras palabras, son empresas que gestionan eficientemente su conocimiento organizacional [7].

Tobin [8] señala, que un empleado de conocimiento es el que realmente distingue una firma de sus competidores, esto es especialmente verdad para una firma consultora porque su éxito depende de las soluciones que los consultores proveen a sus clientes, específicamente el éxito es manejado por el conocimiento de sus consultores quienes lo usan para desarrollar y entregar las soluciones a sus clientes.

El tratamiento del conocimiento en firmas consultoras, se realiza de dos formas, el conocimiento articulado (bases de datos) y el conocimiento tácito (individuos); ambos facilitan dos funciones, una es la transferencia del conocimiento de consultor a cliente en un marco de trabajo común, la otra es proveer soporte cognitivo y alentar el aprendizaje

220 Alonso Perez-Soltero, Leonardo Ernesto Llanes Hoyos, Mario Barceló Valenzuela, Heriberto Aja Leyva, José Luis Ochoa Hernández

de los colaboradores. Estos dos tipos de conocimiento no se tratan por separado, en cambio ambos son aspectos de conocimiento base para las firmas consultoras [9].

El conocimiento articulado almacenado en contenedores de una MO es utilizado como una forma para que los consultores puedan usar su experiencia colectiva. Como en los resultados de un estudio de cinco empresas consultoras (ABB Mac, Andersen Consulting, BCG, Ernst & Young Management Consulting (MC) and McKinsey) se obtuvieron tres categorías “métodos y herramientas”, “casos” y “experiencia” como conocimiento base en cada una de ellas, y dos formas de utilización del conocimiento en proyectos una jerárquica y otra de forma colectiva [10].

3 Antecedentes y descripción del problema

KMSolución es una firma de especialistas que ofrece soluciones a las empresas con el propósito de alinear el talento del personal en el cumplimiento de metas y objetivos estratégicos, en los procesos de negocio, la comercialización de sus productos y servicios que finalmente impactan en los resultados de la empresa mediante el empleo de modelos, técnicas, métodos y estrategias de conocimiento y experiencias profesionales. La empresa consultora ofrece soluciones a empresas dedicadas a varios sectores, empresas con estructura de matriz y sucursales; empresas comerciales, industriales y de servicios; del giro pequeña empresa, superior a 20 empleados. Dicha empresa es administrada por su director quien lleva a cabo las actividades sustanciales de la organización, atender directamente a los clientes y coordinar las actividades operativas de la empresa. Cuando el director de la empresa consultora analiza el requerimiento del servicio, puede recurrir a colaboradores especializados en su área de conocimiento como Administración, finanzas, ventas y mercadotecnia, administración, Tecnologías de Información para que lo auxilien a resolverlo; él y/o sus colaboradores, hacen su intervención directamente en la empresa asesorada.

La empresa consultora al momento de asesorar a un cliente se apoya en modelos de intervención propios o externos. Cada modelo es específico dependiendo del problema encontrado o necesidad comunicada por el cliente. Modelos como administración de tecnologías de información, alineación estratégica, alineación de mandos medios, son algunos ejemplos. Al enseñar las técnicas propias de cada modelo, el consultor y/o sus colaboradores tienen que explicarlas de una forma que el cliente pueda entenderlas, normalmente se hace en sesiones presenciales o virtuales y esto requiere juntas semanales o mensuales, se necesitan varias sesiones para una capacitación total. Si el cliente no asimila el conocimiento de las técnicas, retrasa el resultado esperado del trabajo de consultoría y el aprendizaje organizacional para tener mejores resultados y poder evaluar el trabajo realizado.

Después de la capacitación, se tiene un seguimiento que se lleva a cabo con los altos mandos de la organización con quienes se realiza la asesoría, estas juntas describen los problemas o avances que se tienen con respecto al proceso organizacional que se quiere

Captura y utilización del conocimiento basado en un modelo conceptual de una memoria organizacional: Caso KMSolución 221

corregir o mejorar. Este seguimiento no se documenta de forma eficiente para la facilidad de su análisis, además, la vía de comunicación más común es cara a cara lo que restringe el tiempo y el lugar para el aprendizaje acerca de las mejoras de cada individuo asesorado. Aunado a lo anterior, algunos de estos proyectos de consultoría no son documentados, se pierden o desaparecen, lo que dificulta aprovechar el conocimiento adquirido, así como el aprendizaje grupal para su aplicación en otros proyectos.

De lo anterior, se puede definir el problema como una gestión ineficiente del conocimiento existente en los procesos de gestión, adiestramiento, capacitación y seguimiento de la empresa consultora debido a una inadecuada organización de información y de recuperación de la información para ser utilizada o aprovechada por KMSolución al momento de capacitar en el uso de los diferentes modelos y técnicas de intervención que ofrece a sus clientes.

4 Propuesta de solución

Se sabe que en una organización se concentra mucho conocimiento, por lo que el proceso de identificar, representar, capturar y compartir es muy complejo. Por este grado de complejidad, la propuesta de solución contemplará la identificación, captura y recuperación del conocimiento clave existente al momento de que KMSolución ofrece la asesoría a otras empresas cuando aplica algunos de sus modelos y técnicas durante el proceso de la consultoría. Este proceso abarca desde que se enseñan las técnicas al personal de las empresas asesoradas, hasta el seguimiento de las mismas durante su implementación por parte de dicho personal.

En la figura 1, se muestra un modelo conceptual propuesto para la captura de conocimiento en el aprendizaje de modelos y el seguimiento que se tiene mediante el transcurso de su capacitación. El modelo está compuesto de 4 elementos generales que serían la captura de procesos de alineación, adiestramiento y capacitación y seguimiento realizada por los equipos de trabajo; la estandarización y la evaluación de los procesos por expertos para poder formar parte de la memoria organizacional; las diferentes bases de datos que contienen los datos importantes para cada una de las empresas asesoradas; por último, sería la búsqueda de información de las empresas asesoradas que contienen conocimiento importante de sus procesos en la memoria organizacional para su utilización.

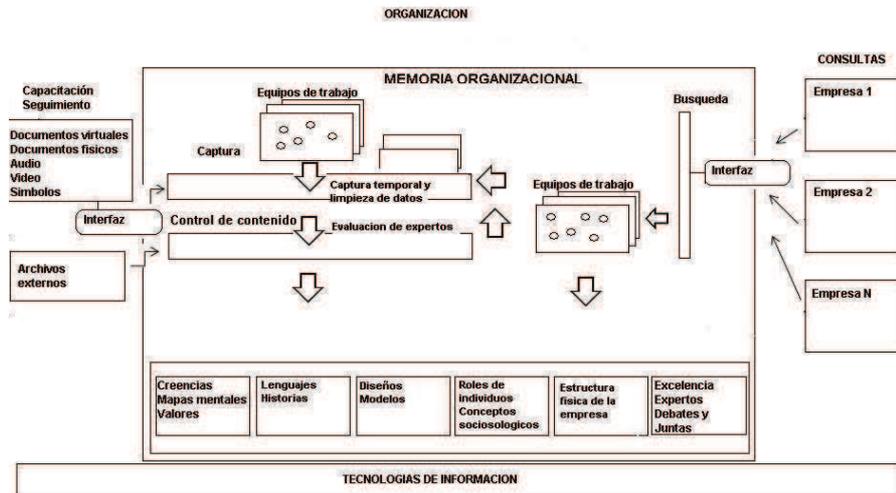


Fig. 1. Modelo conceptual de una memoria organizacional en la empresa KMSolución.

A continuación se explica el modelo conceptual propuesto de una memoria organizacional para la empresa consultora.

Los equipos de trabajo (coordinadores y ejecutivos) son los que realizarían la captura temporal de datos e información en la memoria organizacional y los expertos de temas e ingeniero con especialidad en conocimiento evaluarían ese conocimiento para dar la aceptación de almacenamiento. Se puede hacer mediante la aplicación de alguna tecnología de información que permita el registro de documentos de diferentes tipos, ya sean documentos virtuales, físicos, audio, video o símbolos (algún dibujo o lenguaje común que es útil o es único en la empresa). Otra forma de capturar información sobre las juntas, es ubicar a un coordinador que forma parte del equipo en una junta y que ella tenga el trabajo de anotar todo lo que sucede de la manera más formal posible, para enriquecer los documentos físicos.

El paso siguiente sería llevar un control o limpieza de información como nombres, fechas, comentarios y extensiones de cada uno de los archivos integrados a la memoria organizacional como también la aceptación de expertos de cada uno de los procesos a evaluar.

En la memoria organizacional existen varios tipos de contenedores como el de “Creencia, mapas mentales y valores”, que contienen a las personas que tienen experiencia sobre algún campo como sus creencias individuales sobre algún tema; el contenedor “Lenguajes e Historias” como experiencias pasadas que pueden ayudar en algún caso parecido a la empresa como el lenguaje, los marcos compartidos, historias,

Captura y utilización del conocimiento basado en un modelo conceptual de una memoria organizacional: Caso KMSolución 223

entre otras; “Diseño y Modelos” se refieren a experiencias pasadas sobre prácticas de diseño, selección, socialización en los procesos, presupuestos y planeación de mercado. “Roles de individuos y conceptos sociológicos” son la clasificación de los individuos en un medio ya sea mediante un organigrama u otra estructura posible de representar esta clasificación. La “Estructura física de la empresa”, son los planos físicos que se presentan de cada una de las empresas, son importantes por tener valor intangible en cuestiones de socialización como en importancia de normas y políticas. Un contenedor de “Excelencia de expertos” que contiene todas las juntas de expertos o proyectos especiales que son de mucha importancia para la empresa, también puede estar conocimiento nuevo que solamente tenga que ser utilizado para procesos muy específicos y archivos externos como políticas gubernamentales, experiencias e historias sobre otras empresas u organizaciones creadoras de conocimiento. Cada contenedor recibirá los archivos específicos en la captura con el fin de enriquecer el conocimiento de este.

El buscador de los archivos podrá hacer búsquedas de datos, documentos, proyectos y mostrar consultas mediante una interfaz proporcionada por alguna tecnología de información. Estos documentos estarán almacenados en las diferentes bases de datos, estos documentos contendrán información sobre la capacitación y seguimiento del aprendizaje sobre los modelos impartidos en cada una de las empresas donde se aplicó el proceso de consultoría. Estas empresas estarán registradas como clientes de la empresa consultora KMSolución y se tendrá un seguimiento como el mencionado anteriormente, ya sea solamente a un empleado o a varios de ellos. Estos registros serán parte de un conocimiento que tendrá re-uso para otros proyectos futuros.

La capacitación y adiestramiento será de diferentes formas dependiendo del modelo a impartir, ya sea mediante exposiciones, actividades individuales o grupales, videos e imágenes, lectura de historias, mapas conceptuales, entre otras actividades, cada una en su respectivo paso en el modelo. Este modelo propuesto de memoria organizacional apoya a la capacitación y seguimiento de miembros de la organización en la consultoría por tener información y casos aceptados por expertos como conocimiento importante en la empresa, como también bitácoras de todo lo que se realizó en el día de trabajo o en una junta, esto disminuirá o anulará la pérdida de documentos porque se busca documentar todo conocimiento importante, así como datos, documentos, procesos y proyectos.

5 Resultados y beneficios esperados

Estas consultas serán de ayuda para las empresas en seguimiento del personal de mandos medios, así como el personal ejecutivo de los capacitados. Se obtendrán cifras y gráficas de los productos y servicios gestionados, que servirán además como una forma de tener un aprendizaje continuo de casos y experiencias de los individuos de la empresa.

KMSolución tendrá un seguimiento de las actividades de cada una de las empresas asesoradas, se incluirá el conocimiento específico necesario para el aprendizaje de algún individuo en algún departamento, también, contendrá resultados sobre actividades

generales como la forma de comunicación informal de los empleados, procesos importantes entre la empresa consultora y sus clientes y una retroalimentación general de toda la memoria organizacional.

6 Conclusiones

Este concepto de memoria organizacional usado para almacenar de forma eficiente el conocimiento con sus diferentes características y componentes es uno de los factores claves para que la empresa cumpla sus objetivos de una forma mas rápida y teniendo bases de experiencias pasadas. Con el conjunto de expertos y especialistas en conocimiento y el uso de esta memoria organizacional propuesta KmSolución obtendrá una mejor aplicación de sus modelos y mejorará su servicio de consultoría.

7 Bibliografía

1. Quinn, J.B.: The Intelligent Enterprise: A New Paradigm. *Academy of Management Executive* 48–63, 1992.
2. Morris, T., Empson, L.: Organisation and expertise: An exploration of knowledge bases and the management of accounting and consulting firms. *Accounting, Organizations and Society* 23, 609-624, 1998.
3. Chen, J.V., Li, H.C., Yen, D.C., Bata, K.V.: Did IT consulting firms gain when their clients were breached? *Computers in Human Behavior* 28, 456-464, 2012.
4. Jackson, P.: Transactive directories of organizational memory: Towards a working data model. *Information & Management* 49, 118-125, 2012.
5. Nevo, D., Wand, Y.: Organizational memory information systems: a transactive memory approach. *Decision Support Systems* 39, 549-562, 2005.
6. Weinberger, H., Te'eni, D., Frank, A.J.: Ontology-based evaluation of organizational memory. *Journal of the American Society for Information Science and Technology* 59, 1454–1468, 2008.
7. Perez-Soltero, A.: El papel de las Tecnologías de Información y la memoria organizacional dentro de las Empresas Inteligentes. *Novática Revista de la Asociación de Técnicos de Informática*, 52-56, 2006.
8. Tobin, D.R.: The Knowledge-Enabled Organization: Moving from “Training” to “Learning” to Meet Business Goals. AMACOM, New York, 1998.
9. Werr, A., Stjernberg, T., Docherty, P.: The functions of methods of change in management consulting. *Journal of Organizational Change Management* 10, 288–307, 1997.
10. Werr, A., Stjernberg, T.: Exploring Management Consulting Firms as Knowledge Systems. *European Group for Organizational Studies*, 882-908, 2003.

Validación de un modelo de evolución de necesidades de conocimiento para ingenieros de software

Leonel Ulises Ortega Encinas, Oscar Mario Rodríguez-Elías, Ignacio Fonseca Chon, José Miguel Rodríguez Pérez, Sonia Regina Meneses Mendoza

División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Hermosillo,
Av. Tecnológico S/N, Hermosillo Sonora, México, C.P. 83170
mtb_leonel@hotmail.com, omrodriguez@ith.mx,
ifonseca@industrial.uson.mx, {joserp | so_meneses}@hotmail.com

Resumen: El conocimiento juega un papel muy importante en las actividades de la ingeniería del software. Debido a esto, existen esfuerzos por determinar las áreas de conocimiento que deben dominar los ingenieros de software. Sin embargo, en un estudio previo [1] se observó que dichas necesidades pueden cambiar con el paso del tiempo y la adquisición de experiencia. El presente trabajo busca realizar un estudio para medir la relación que existe entre las necesidades de conocimiento y el tiempo de experiencia de los encargados del desarrollo y mantenimiento de software. Hasta el momento se ha diseñado una encuesta que pretende medir esta relación, la cual fue diseñada en función de una revisión bibliográfica, y se pretende aplicar en un entorno regional.

Palabras clave: Necesidades de Conocimiento, Ingeniería de Software, Caso de estudio.

1 Introducción

La ingeniería del software es una actividad intensiva en conocimiento, dado que en general los ingenieros de software requieren una muy amplia variedad de áreas de conocimiento que es difícil que una sola persona las domine. Debido a esto, existen trabajos que han tratado de establecer propuestas sobre lo que necesitan conocer los ingenieros de software, tales como el SWEBOK (Software Engineering Body of Knowledge), que es la certificación de la ingeniería de software de la IEEE.

El SWEBOK busca definir las materias que los ingenieros de software deben saber a partir de 4 años de práctica [2]. Por otro lado, el SEEK (Software Engineering Education Knowledge) establece ciertos tópicos que un alumno de Ingeniería de software debe dominar al momento de egresar de la ingeniería [3].

Lethbridge [4], mediante una encuesta, realizó un análisis sobre las necesidades de conocimientos de los ingenieros de software, considerado la experiencia de los

Leonel Ulises Ortega Encinas, Oscar Mario Rodríguez-Elías, Ignacio Fonseca Chon, José Miguel Rodríguez Pérez, Sonia Regina Meneses Mendoza, *Validación de un modelo de evolución de necesidades de conocimiento para ingenieros de software*, en: Mario Barceló-Valenzuela, Alonso Perez-Soltero, Oscar Mario Rodríguez-Elías, María Trinidad Serna-Encinas (Eds.), *Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora*, pp.225 - 231, 2012.

profesionales que realmente realizan el trabajo en desarrollo de software. Lethbridge detectó que los ingenieros de software pueden carecer de habilidades tales como la negociación, liderazgo e interacción humano-computadora, poniendo de relieve temas que a veces son poco valorados o exagerados, y hace hincapié en las matemáticas, la química y la física donde los profesionales tienden a olvidar estas materias.

Dependiendo de las actividades, la experiencia y los conocimientos del desarrollador de software, podría haber una relación con el conocimiento específico que va a requerir en ciertas etapas de su desarrollo profesional. Este proyecto busca realizar un estudio en la región para identificar lo que requieren los ingenieros de software y cómo varían sus necesidades en función del tiempo y la experiencia.

En un estudio reportado en [1], se observó que existe una posible relación medible entre el tiempo de experiencia y las necesidades de conocimiento que pueden tener los encargados de desarrollo y mantenimiento de software (ver Figura 1).

En la literatura se puede observar que los ingenieros de software tienen necesidades de conocimiento amplios y diversos. Sin embargo, no hay datos que indiquen, dentro de todas las áreas de conocimiento del software, lo que realmente requiere un ingeniero de software en función de su experiencia.

Con lo anterior en mente se ha propuesto esta investigación, que busca realizar un estudio para determinar si se presenta un patrón con respecto a los conocimientos que requieren los ingenieros de software de la región, y cómo varían sus necesidades en función del tiempo y de la experiencia. De manera específica, la hipótesis que se busca comprobar o refutar es que: “existe un patrón de evolución de necesidad del conocimiento identificable, con respecto a las necesidades del conocimiento de los ingenieros de software, en función del tiempo que tienen trabajando”, y que dicho patrón se asemeja al que se muestra en la Figura 1.

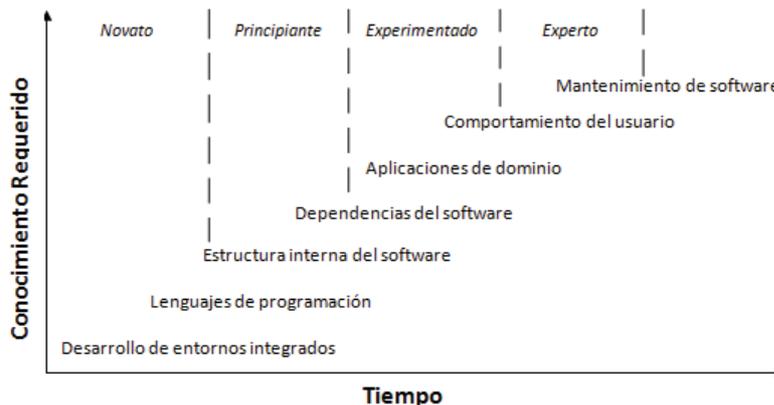


Fig. 1. Modelo de Evolución de Conocimiento para ingenieros de software [1].

Para realizar esta investigación, se llevará a cabo una encuesta fundamentada en los antecedentes, de la cual ya se aplicó una prueba piloto, y se encuentra en ajustes finales para aplicarla en la región y validar o refutar la hipótesis mencionada.

2 Marco teórico

2.1 El conocimiento

El conocimiento se ha vuelto muy importante durante las últimas décadas, ya que ha permitido el desarrollo acelerado de las nuevas tecnologías. El conocimiento es información con valor agregado. La persona que obtiene esa información le da más valor, en el sentido de que agrega algo, por ejemplo, la interpreta, la pone en algún contexto, o agrega algún significado tomando su propia experiencia, intereses, ideas, etc.

Nonaka y Takeuchi [5] identifican dos formas del conocimiento: **Explícito**: está expresado de una manera formal (palabras, números, etc.), y por lo tanto puede ser fácilmente comunicado y transferido (datos, documentos, etc.). **Tácito**: es el conocimiento personal utilizado para realizar las tareas y para obtener un entendimiento del medio ambiente. Por lo general este tipo de conocimiento es difícil de articular de una manera formal, por lo que resulta difícil de transferir.

El conocimiento tácito puede segmentarse en dos dimensiones: **Técnica o conocimiento procedimental (*saber cómo*)**.- es dinámica y tiene que ver con la pericia para llevar a cabo una tarea; puede verse como la experiencia o habilidad para realizar alguna actividad. **Cognitiva o conocimiento declarativo (*saber qué*)**.- es estática y se refiere a esquemas, modelos mentales, creencias y percepciones sobre conceptos (objetos, personas o eventos), sus propiedades y las relaciones entre ellos.

2.2 El conocimiento en la ingeniería del software

Un ingeniero de software siempre se encuentra en una intensiva toma de decisiones al momento de estar construyendo o dando mantenimiento al software, por ello el conocimiento se ha vuelto muy importante para ellos, ya que se ha convertido en un capital muy necesario para poder lograr tomar las mejores decisiones. Todo esto a lo largo de su carrera como desarrolladores de software, debiendo poseer un cierto nivel de conocimientos para desempeñar un rol en la empresa.

En la literatura existen trabajos que sugieren cuáles son los conocimientos que un ingeniero de software debe poseer. Youhong Yang [6] establece que para los estudiantes de ingeniería, el conocimiento profesional es importante, pero es más importante convertir el conocimiento profesional en competencia profesional, si no se tiene la capacidad de utilizar los conocimientos para analizar y resolver problemas prácticos, no se puede completar las tareas en las que los conocimientos profesionales tengan que ser aplicados. El conocimiento no es igual a la competencia, y sólo puede ser transformado en la

competencia a través de la práctica. La mejora de la competencia profesional requiere la acumulación de experiencias de aplicación del conocimiento.

Anna Hart [7] cita a Dreyfus y Dreyfuss al argumentar acerca del progreso desde el principiante al experto. Mientras que los novatos tienden a aceptar los hechos y las normas y exhibir un comportamiento que sigue reglas, los expertos tienden a actuar de forma más intuitiva, no aceptan las reglas, y se comportan de una manera que es más como autor “patternmatching” (Reconocimiento, mapeo de patrones). Esta autora pone en claro que un ingeniero debe de poseer ciertas habilidades necesarias para poder desempeñar su trabajo de una manera concisa, siendo las principales la paciencia, la determinación, el pensamiento lógico, el tacto, la empatía, la versatilidad, la creatividad, el ingenio y la humildad.

Steve Tockey [8] basado en la ingeniería de software del Institute’s Capability Maturity Model y sus recomendaciones de curricula de posgrado, combinado con sus más de 20 años de experiencia en la industria y academia de software, realizó una clasificación de las necesidades de conocimiento que deben dominar los ingenieros de software. Estas habilidades y conocimientos se cree que habilita el diseño competente, la construcción y mantenimiento de sistemas informáticos rentables, también se cree que caracteriza “la práctica profesional adecuada”; una persona que posee tales conocimientos debe ser considerado más valioso para una organización de software que una persona que no lo hace.

Chen y Dong [9] proponen un conjunto de áreas de conocimiento específicas para los estudiantes de ingeniería de software en china, con el fin de diseñar un sistema de conocimiento para contribuir a mejorar la calidad de la enseñanza de la especialidad de la ingeniería de software.

Ghezzi y Mandrioli [10] sugieren que el requerimiento curricular, en el contexto de la Ingeniería de Software se pueden clasificar de la siguiente manera: 1. Formación matemática: la matemática es fundamental para todos los ingenieros, pero menos maduro en los ingenieros de software. Cualquier ingeniero, no sólo un ingeniero de software, debe tener una sólida formación en todas las áreas fundamentales de las matemáticas. 2. El núcleo de la informática: programación, arquitectura de computadoras, algoritmos y estructuras de datos, teoría de la informática, lenguajes de programación, bases de datos, sistemas operativos, redes y todos los temas que se imparten normalmente en virtud del ingeniero de software (a partir de metodologías de programación, de arquitecturas de software, requisitos de ingeniería, especificaciones de software y modelado, pruebas y análisis, procesos de software, estimación de costos, gestión de proyectos, etc.). 3. Los elementos esenciales del mundo físico con los que interactúan los sistemas de software intensivos, tales como: la mecánica, la termodinámica, la electricidad, etc.; la tecnología, la electrónica; el mundo físico social: economía, empresas, organizaciones, comunicación, gestión, etc.

3 Métodos y materiales

En función de lo anterior se ha comenzado a diseñar una encuesta que tiene como objetivo conocer cuáles son las necesidades de conocimiento que existe en ingenieros de software. La encuesta está compuesta de 3 partes: datos generales del encuestado, preguntas relacionadas con la profesión y por último, una evaluación de tópicos de ingeniería de software; basados en una escala likert [12] con valores que van del 1 al 5, respondiendo el impacto que tuvo dicho tópico en la escuela, en su trabajo y en su carrera profesional como desarrollador.

Al momento se tiene un diseño preliminar, donde ya se aplicaron 20 pruebas pilotos y se identificaron problemas en los cuales se están realizando ajustes finales. Se espera obtener datos cuantitativos y estadísticos, que ayuden a determinar si realmente existe esa relación entre el tiempo y los conocimientos requeridos, y cómo es esa relación, para con esta información, clasificar las necesidades por periodo de tiempo, definir características para sistemas de gestión de conocimiento en procesos de ingeniería de software, e implementar estrategias que ayuden a solventar las necesidades de conocimiento en los ingenieros de software.

4 Resultados Parciales

A partir del planteamiento del problema que incluyó la definición de los objetivos y la hipótesis, de esta investigación, se realizó una revisión de bibliografía existente acerca de las necesidades de conocimiento en los profesionistas de la ingeniería del software.

Esta revisión permitió recopilar trabajos relativos a estándares, cuerpos de conocimiento, propuestas de planes curriculares, estudios empíricos y ensayos basados en experiencias tanto en la práctica como en la academia, de las cuales se logró el diseño de una encuesta.

El diseño de la encuesta tiene como objetivo poder identificar cuáles son los conocimientos que el ingeniero de software, en función de su experiencia, requiere a lo largo de su carrera como desarrollador de software, por lo que con base en la revisión de bibliografía que se realizó, se identificaron 65 tópicos que se imparten en las currículas de ingeniería de software, y que son esenciales para un egresado. La encuesta busca medir la importancia de cada área de conocimiento con relación al aprendizaje que obtuvo en la escuela, en el trabajo y en su carrera como desarrollador. Esta encuesta fue aplicada en un estudio piloto que permitió realizarle algunos ajustes, para su posterior aplicación en empresas dedicadas al desarrollo y mantenimiento de software en la región, con el propósito de poder validar o refutar la hipótesis que sustenta esta investigación.

5 Conclusiones y Trabajo Futuro

El conocimiento es un capital muy importante en las organizaciones en la actualidad, y no es la excepción en la ingeniería del software. En este sentido, en la literatura se observa que es importante poder determinar cuáles son las necesidades de conocimiento de los ingenieros de software. Sin embargo, no se encontraron datos que describan de qué manera cambian las necesidades de conocimiento en los ingenieros de software, particularmente en función del tiempo que tienen trabajando y su experiencia. Este proyecto busca obtener datos que contribuyan a este respecto.

Como se ha mencionado, hasta el momento se ha logrado el diseño de una encuesta, y una aplicación piloto que ha permitido mejorar la encuesta. El siguiente paso es la aplicación de la encuesta, y el análisis de los resultados, para finalmente determinar si la hipótesis planteada en esta investigación se valida o no. Se busca determinar si existe un patrón en la evolución de las necesidades de conocimiento en ingenieros de software, de ser así, dicho patrón tendría implicaciones en la elaboración de programas de estudio para este campo, en la realización de programas de capacitación para la industria, así como en la planificación del desarrollo profesional de estos ingenieros, entre otras aplicaciones prácticas.

7 Agradecimientos

Se agradece el apoyo otorgado por la DGEST así como a la división de estudios de posgrado e investigación del Instituto Tecnológico de Hermosillo por la beca No. 20110000007. Este proyecto es parcialmente financiado por PROMEP (Oficio PROMEP/103.5/12/4633).

8 Referencias

1. Rodríguez Elías, O. M.. "Metodología para el diseño de sistemas de administración del conocimiento: su aplicación en mantenimiento de software." *Centro de investigación y educación superior de ensenada*. (2006).
2. Bourque, P., Dupuis, R., Guide to the Software Engineering Body of Knowledge (SWEBOK), IEEE Computer Society. (2004).
3. IEEE Computer Society, Association for Computing Machinery. Software Engineering 2004 Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Software Engineering. (2004).
4. Lethbridge, T.. "What knowledge is important to a software professional?" *IEEE Computer*, vol. 33(5), pp. 44-50. (2000).
5. Nonaka, I. y Takeuchi, H. "The knowledge-creating company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation." *Oxford University Press. New York-Oxford*. (1995).

6. Yang, Y.. "The design and operation of engineering education modular curricular system" *2011 2nd International Conference on Artificial Intelligence, Management Science and Electronic Commerce (AIMSEC)*. pp. 5874–5877, doi: 10.1109/AIMSEC.2011.6009851. (2011).
7. Hart, A. "Advances in knowledge engineering: do we need psychologists or engineers?" *Computing & Control Engineering Journal*, (September), 1(5) pp. 209-213. (1990a).
8. Tockey, S. "Recommended skills and knowledge for software engineers", *Proceedings 12th Conference on Software Engineering Education and Training*, pp. 168–176. doi:10.1109/CSEE.1999.755198. (1999).
9. Chen, H., & Dong, H. "Design of software engineering knowledge system base on knowledge topic". *Consumer Electronics, Communications and Networks (CECNet), 2012 2nd International Conference on*. Vol. 211, Xiamen, China, 21-23 April 2012, pp. 985–988, doi: 10.1109/CECNet.2012.6201507. (2012).
10. Ghezzi, C., & Mandrioli, D. "The challenges of software engineering education." *Proceedings of the 27th International Conference on Software Engineering*, ACM, New York, USA, pp. 637–638, doi: 10.1109/ICSE.2005.1553624. (2005).
11. Hart, A. "The way forward for knowledge elicitation - psychologist or engineer?" *Sources and Training of Knowledge Engineers, IEE Colloquium on*. pp. 1-3. (1990b).
12. Méndez, L., & Peña, J. "Manual práctico para el diseño de la escala likert". Universidad Autónoma de Nuevo León-UANL. Editorial Trillas, México. pp. 1-95, ISBN: 9789682475542. (2006).

Un diagnóstico del Uso de las Redes Sociales en las Empresas de Hermosillo Sonora.

Mario Barceló-Valenzuela, José Luis Ochoa-Hernández, Gerardo Sánchez-Schmitz,
Jorge Abraham Martínez Ibáñez
Dpto. de Ingeniería Industrial, Universidad de Sonora,
Rosales y Blvd. Luis Encinas S/N, C. P. 83000, Hermosillo, Sonora, México
{mbarcelo, joseluis.ochoa, gsanchez} @industrial.uson.mx
jorgeabr.martineziba@correoa.uson.mx

Resumen. En la actualidad, numerosas empresas aprovechan la conectividad de las redes sociales para mejorar la productividad, la innovación, la colaboración, la reputación y la implicación de los empleados. Las redes sociales se presentan como una oportunidad, que cuando son usadas apropiadamente por los empresarios pueden a transformar sus procesos laborales. Los negocios tienen que buscar formas de aprovechar la popularidad y el valor comercial de las redes sociales para incrementar el rendimiento de la organización y ampliar los objetivos corporativos. Una red social en una empresa incrementa la comunicación entre sus empleados y hace que sus procesos de producción fluyan de una manera más eficaz y eficiente. En este documento se presenta un diagnóstico preliminar sobre el panorama de las redes sociales en las empresas, negocios u organizaciones dentro de la región de Sonora.

Palabras Clave: Redes Sociales, Tecnologías de información, PYMES.

1 Introducción

El presente trabajo tiene como propósito conocer el estado de las redes sociales en la región, principalmente en el municipio de Hermosillo, ya sea promocionando sus productos o el ofrecer un servicio al cliente más personal y más directo. Se toma como referencia a las empresas conocidas mundialmente con sus productos o servicios y que tienen a las redes sociales como un importante pedestal para el contacto y promoción de sus productos. Además, se pretende que la investigación proporcione una base para darle a las empresas locales, más conocimiento y técnicas que pudieran incluir en sus procesos internos para el incrementar las ganancias y conseguir más demanda en sus productos y servicios.

El objetivo de éste estudio es caracterizar las redes sociales y sus usos en la nueva era de la comunicación, para apoyar la producción y oferta de los productos y servicios de las pequeñas y medianas empresas. Para ello, se ha realizado un estudio del contexto de las redes sociales y su uso en empresas internacionales, para aprovechar en lo posible las lecciones aprendidas en sus diferentes contextos y campos sobre el impacto que han tenido las redes sociales en éste tipo de organizaciones.

Mario Barceló-Valenzuela, José Luis Ochoa-Hernández, Gerardo Sánchez-Schmitz, Jorge Abraham Martínez Ibáñez, *Un diagnóstico del Uso de las Redes Sociales en las Empresas de Hermosillo Sonora*, en: Mario Barceló-Valenzuela, Alonso Perez-Soltero, Oscar Mario Rodríguez-Elias, Maria Trinidad Serna-Encinas (Eds.), *Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora*, pp.232 - 241, 2012.

La idea central será implementar este conocimiento y el aprendizaje generado en el plano internacional, en las empresas de la ciudad de Hermosillo, para ello, es necesario recopilar datos y conocer su situación actual relacionada al uso o no de una o varias redes sociales, posteriormente se procesarán esos datos para bosquejar, la situación posible (actual y futura) en caso de adoptar estas estrategias.

2 Marco Teórico

Según Llorens i Cerdà [1] es difícil pensar en la sociedad y el individuo antes de la información. Sabemos que el Internet forma parte vital de nuestra vida diaria ya que nos permite estar mejor comunicados con personas de otras partes del mundo compartiendo información, intereses y opiniones (en algunos casos, de forma maliciosa). Todo esto se debe a la sociedad, la cual actualmente es una sociedad meramente informática. La Sociedad de la Información estaba asociada a las primeras teorías de la comunicación definidas alrededor de 1940, con la fórmula ¿Quién dice que, a quién, en qué canal, con qué efecto? y al paradigma audiovisual fundado en la radio, televisión y los medios McLuhanianos que son todos aquellos que representan una extensión del comportamiento del hombre.

La sociedad informatizada [2], está basada en los terminales de computadora y la individualización del conocimiento. Su paradigma es la computadora personal, los soportes de información y las bases de datos. Pero la Sociedad Virtual surge por el proceso de diferenciación y abstracción respecto a los modelos anteriores. Por una parte, el individuo se multiplica y desubica, al no independizarse de la computadora donde éste se comunica o adquiere conocimiento.

Por otro lado, el canal de comunicación se vuelve en red, y la bidireccional (o circularidad del flujo de información) se convierte en un alto flujo de información. La efectividad de los procesos comunicativos pasa a definirse por la segmentación e identificación de grupos de consumidores-tipo, una nueva arma de los que quieren convertir Internet en un paraíso del comercio electrónico.

Una red es una serie de puntos y nodos interconectados por diferentes medios de comunicación, es decir, las redes pueden interconectarse con otras redes y crear nuevas redes. Una red informática está formada por un conjunto de dispositivos intercomunicados entre sí que utilizan distintas tecnologías de hardware/software. Las tecnologías que utilizan (tipos de cables, de tarjetas, dispositivos, etc.) y los programas (protocolos) varían según la dimensión y función de la propia red.

En la actualidad, es frecuente el uso y la utilización de las redes sociales para diversas aplicaciones. Es muy común que las personas físicas tengan una cuenta en diferentes redes sociales y, a la vez, las empresas también disponen de una cuenta. Sin embargo, son muchos los estudios sobre el uso de las redes sociales pero pocos son los relacionados a que las empresas, sobre todo las pequeñas, aprovechen en lo posible el potencial del uso de las redes sociales.

2.1 Beneficios de las redes sociales empresariales

Cimino [3] y Ogneva [4], mencionan que en los últimos años se ha dado un gran auge de las redes sociales corporativas o empresariales, las cuales suponen espacios de trabajo que se estructuran dentro de las organizaciones, de forma que se crean entornos controlados y seguros (figura 1).

Ogneva [4], argumenta que el crecimiento del negocio puede llegar a crecer con las redes sociales, agrega además, que si no se está creciendo, los competidores innovadores pueden expandirse y eventualmente dejar a uno fuera del mercado. Cuando los empleados se intercambian la información libremente, la compañía es capaz de brindarle un servicio apropiado a los otros negocios, y buscar agresivamente a nuevos negocios.

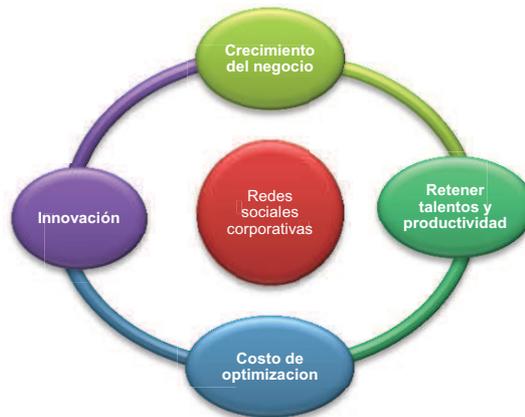


Figura 1 Los beneficios de las redes sociales empresariales [4].

Otro beneficio que se puede alcanzar es el de retener talentos y aumentar la productividad, ya que el crecimiento no puede ocurrir sin la atracción y retención del talento adecuado. Un negocio en el cual sus relaciones interpersonales son buenas tiende a ha una mejor cultura de enriquecimiento, innovación, apertura y corre con más riesgos ante la competencia. En este tipo de cultura es más probable de atraer y retener un talento con un desempeño alto. Una tendencia clave emergente en la nueva empresa, trata a sus empleados como un bien y por lo tanto, como un cliente interno y como un accionista. Las organizaciones reconocen que al darles el poder a los empleados para lograr algo en vez de impedirselos, genera una ventaja competitiva al identificar un talento clave. La nueva generación de medios sociales, está acostumbrada a trabajar con herramientas que son incrementalmente sociales y colaborativas, la habilidad de hospedar ese tipo de trabajo ambiental es la clave para el compromiso en el área de trabajo.

El costo de la optimización, es una habilidad de permanecer apoyado y muchas veces es un determinante de supervivencia. Sin embargo, los trabajadores de la información, gastan más y más tiempo porque sus sistemas de negocio no entregan la información adecuada en el tiempo requerido. De acuerdo a un trabajo de la IDC [5], “Los costos escondidos en el trabajo referentes a de la información en la empresa”, la mayoría de los empleados pierden 8.8 horas cada semana buscando y recaudando la información, de las cuales 3.7 se pierden buscando y no encontrando la información adecuada, de las otras horas, 2.5 gastan en la recreación de lo que ya existe. Estas 6.2 horas cuestan \$10,001 dólares por trabajador por año, sumando la cifra de 10 millones de dólares por cada 1000 empleados, lo cual representa una cantidad considerable desde solo un trabajador. Al usar una red social empresarial y haciendo que el contenido sea social, se pueden reducir los costos de búsqueda de la información.

La innovación también se da en las empresas con la ayuda de la red social empresarial. La discusión de la funcionalidad cruzada simplemente permite el nacimiento de las mejores ideas. Cuando los equipos se juntan y trabajan en sesiones sin la necesidad de ir por capas en la toma de decisiones, la compañía ahorra tiempo y por lo tanto dinero.

2.2 Relación de beneficios de las redes sociales empresariales.

En la Tabla 1, se expone en resumen las ideas de algunos autores sobre los beneficios de las redes sociales. Se presenta el autor así como también el año de la publicación de su trabajo. En la columna adyacente se puede visualizar cada uno de los beneficios que se obtienen al trabajar con las redes sociales en una empresa.

Autor	Beneficios
Miletsky [6]	Mejor acceso a las diferentes audiencias Oportunidades mejoradas de marca Mejores accesos a la información del usuario Investigación de mercado en tiempo real Servicio al cliente mejorado
Mendoza [7]	Crear siempre perfiles de empresa y no personales Mentalizarse para los aspectos negativos Solucionar a la brevedad los conflictos Atreverse a dar el salto
Janoon [8]	Encontrar candidatos cualificados para la apertura de un trabajo Conectarse con los clientes Incremento la marca Incremento en las ventas Trabajar en red con otras compañías

Lifestyle Lounge [9]	Crea relaciones significativas Genera tráfico Ayuda a desarrollar vínculos Incrementa la visibilidad Atrae negocios y oportunidades Habilita el compartimiento de conocimiento
Collins [10]	Literatura en los medios Resultados formales educacionales Educación y aprendizaje Creatividad Identidad individual Fortalecimiento de relaciones sociales Sentido de pertenecer e identidad colectiva Crear y fortalecer comunidades Participación política y cívica Auto-eficacia y bienestar
Cimino [3]	Crecimiento del negocio Retener talentos y productividad Costo de optimización Innovación

Tabla 1. Relación de Autores y sus beneficios de las redes sociales.

3 Situación de las Empresas de la Región

Se necesita una comprensión acerca de la caracterización de las empresas con las tecnologías de información para establecer los ejes directores que se forman al usar las redes sociales.

Al identificar las principales problemáticas de las TI dentro de las empresas sonorenses, abarcando todas las regiones y estratos económicos de la entidad, se percibe que las principales problemáticas de estas organizaciones se relacionan con:

3.1 Redes sociales en las empresas.

La investigación se realizó para conocer en que redes sociales se encuentran registradas todas las empresas consideradas en este estudio. Cada red se usa con motivos diferentes y es necesario conocerlas para explotarlas al máximo para que en un futuro sean consideradas como una ventaja competitiva.

El 45% de las empresas usa principalmente la red social Facebook y los usos que le dan es la promoción de sus productos o servicios en fotografías, respuestas a cuestiones de los clientes y promociones o dinámicas para recibir descuentos o premios (figura 2).

El 26% de las empresas usa Twitter y principalmente se usa como un medio de comunicación móvil, debido a esto, se crea una oportunidad para las empresas acerca de

mantener a un público en movimiento y que no trabaja en un lugar fijo. Las estrategias que mayormente usan las empresas son las de mantener un servicio para responder cuestiones de clientes y promocionar sus artículos por medio de imágenes.

En cuanto a las organizaciones que utilizan LinkedIn, que es una red social con objetivos diferentes a los anteriores, la utilizan para contratar a personal ya ofrece servicios para ver los currículos de los usuarios, la experiencia profesional y las conexiones con otras empresas. Se manifiesta que la red social Blogger, permite crear y publicar una bitácora en línea. Las redes sociales que menos se utilizan son: Google+ con el 5%, MySpace con el 3% y en la categoría de otras con el 3%.

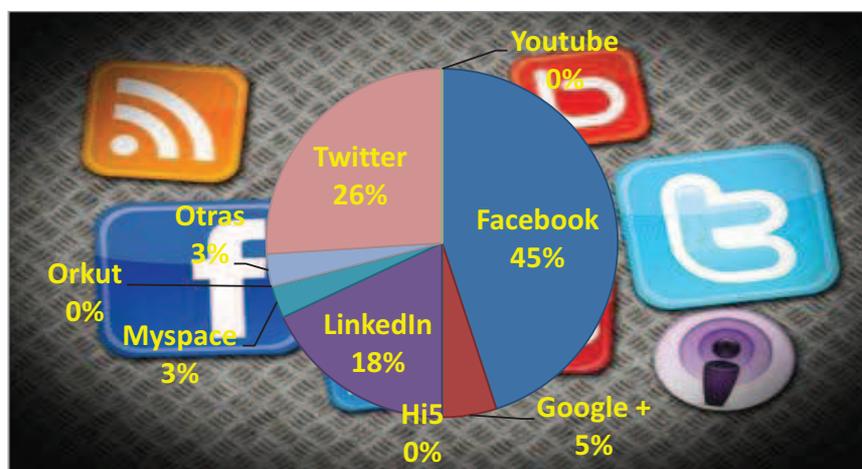


Figura 2 Resultados obtenidos acerca de las redes sociales en las empresas.

3.2 ¿Cuántas redes sociales se usan actualmente en las empresas?

De las empresas que se encuentran registradas en las redes sociales se obtuvo:

- El 18% de las empresas en el estudio se encuentran registradas en únicamente una red social, siendo Facebook donde las empresas mayormente se registran. Seguida por Twitter, LinkedIn y Google+ (figura 3).
- El 6% de las empresas se registraron a dos redes sociales, siendo Facebook y Twitter las más usadas.
- El 4% mantiene un registro en al menos 3 redes sociales, siendo Facebook, Twitter y LinkedIn las redes en las que se registran.
- Únicamente el 1% de las empresas se han registrado en 4 redes sociales, siendo Facebook, Twitter, LinkedIn y Google+ donde las empresas están suscritas.

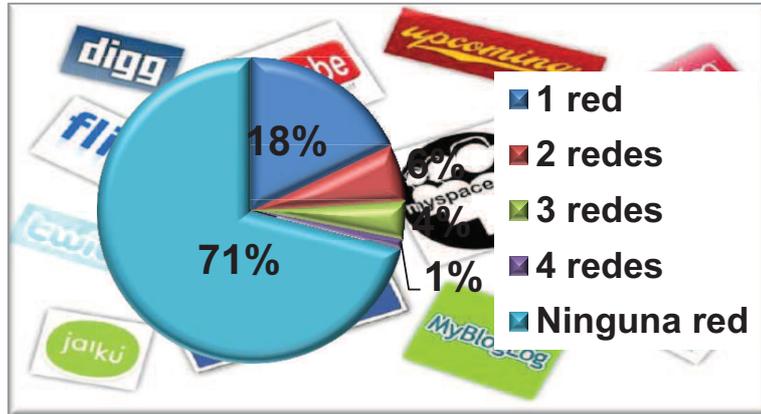


Figura 3 Redes sociales donde las empresas están registradas.

4 Estrategias para el aprovechamiento de las Redes Sociales en las empresas

La estrategia que se identificó en este trabajo para lograr el aprovechamiento óptimo de las redes sociales se muestra en la figura 4, a ello es indispensable añadirle el tiempo, ya que el hecho de pertenecer a una red social, de crear una página web de difusión o de ingresar a los medios sociales, no significa que los resultados serán inmediatos, hay un gran trabajo adicional a realizar que el solo hecho de publicar. Sin embargo, las estrategias mencionadas ayudan a que en un futuro se conviertan estas en ventajas competitivas que darán valor a la empresa.



Figura 4 Estrategias para las redes sociales en las empresas de la región.

5 Resultados

Los resultados muestran que en el “Número de redes en las que se está registrado”, el 11% de las empresas están suscritas a 2 o más redes sociales, mientras que el 18% cuenta con una sola red y el 71% no cuenta con una red.

En cuanto a las empresas que solamente se han registrado en una red, es muy recomendable que se suscriban a otras redes sociales para así incrementar la presencia de la empresa en la red. Si ya se está en Facebook, incluir a Twitter, a LinkedIn, Google+ de preferencia, debido a que son las más comerciales en México o a cualquier otra red social que sea de su agrado.

Para aquellas empresas que tengan dos o más redes sociales, lo necesario es actualizar sus perfiles, publicaciones o mensajes para que sus seguidores no se aburran y hacer que los clientes se interesen en la empresa y en todos los productos o servicios que ofrezca.

Se cuenta por lo tanto con un marco de referencia con el cual es posible hacer recomendaciones a las empresas según su ubicación en el entorno empresarial, con esto, será posible posteriormente, aplicar procesos de medición de las estrategias propuestas, mediante la definición de indicadores especializados en medir el impacto de las redes sociales.

6 Conclusiones

Las redes sociales están proliferando rápidamente, habilitando mecanismos de comunicación alternativos a los utilizados normalmente. Este tipo de redes han potenciado un mecanismo de encuentro y conversación entre usuarios. Los accesos no solo se realizan a través de mecanismos tradicionales como un PC, sino que la movilización de estos entornos ha generado que cualquier usuario pueda acceder a ellos en cualquier momento y en cualquier lugar.

De la información que se obtuvo a lo largo de este proyecto, se observa que la mayoría de las empresas no se encuentran suscritas a ninguna red social, para enfrentar a los competidores, e incluso sobresalir en la situación económica actual requiere nuevas y mejores maneras de hacerse llegar a los clientes, presentar nuevos productos o simplemente promocionar los que ya se tienen.

De hecho, se ha identificado que solamente el 24% de las empresas cuentan con un sitio web. Una empresa debe de tener un sitio web en este tiempo, la mayoría de las personas pasan su tiempo en el internet, sin mencionar que el internet ofrece espacios gratis para que las empresas promocionen sus productos o servicios.

Este proyecto se dirigió al sector productivo de la región de Sonora, por lo tanto, se requiere un entendimiento sobre el estado actual de la economía en este lugar. Por ello, se recomienda hacer un estudio previo en cada una de las empresas de la zona de estudio, para que se puedan implementar las estrategias, acciones y metodologías para aprovechar en lo posible las redes sociales.

7 Bibliografía

1. Llorens i Cerdà, La sociedad virtual. Apuntes para una genealogía de la cultura mediática, Grupo de Tecnología Educativa, 2009 [en línea]. Disponible en <<http://tecnologiaedu.us.es/nweb/htm/pdf/archivoPDF.pdf>> [citado el 22 de Febrero del 2011].
2. Lyotard, Jean-Francois, La condición postmoderna. Informe sobre el saber. 1998 [en línea] Disponible en: <[http://inabima.org/BibliotecaINABIMA---/A-L/L/Lyotard,%20Jean-Fran%20ois%20-%20La%20condici%20F3n%20postmoderna/Lyotard,%20Jean-Fran%20ois%20-%20La%20condici%20F3n%20postmoderna%20\(S%20EDntesis\).pdf](http://inabima.org/BibliotecaINABIMA---/A-L/L/Lyotard,%20Jean-Fran%20ois%20-%20La%20condici%20F3n%20postmoderna/Lyotard,%20Jean-Fran%20ois%20-%20La%20condici%20F3n%20postmoderna%20(S%20EDntesis).pdf)> [citado el 27 de Abril del 2011].
3. Cimino, M. Red social corporative, 2010. Disponible en: <<http://www.slideshare.net/mcimino/red-social-corporativa>>. Consultado el 16 de Abril de 2012.
4. Ogneva, M. Benefits of Enterprise Social Networks Align With CEO Priorities, 2011. Recuperado el 1 de marzo del 2012, de <http://blog.yammer.com/blog/2011/11/benefits-of-enterprise-social-networks-align-with-ceo-priorities.html>.
5. IDC Consultora Internacional, <http://mx.idclatin.com/> Consultado el 22 de Marzo del 2012

6. Miletsky J. 101 Ways to Successfully Market Yourself. By: Jay. Publisher: Course Technology PTR. Pub. 2010
7. Mendoza, V. ¿Tu pyme necesita a las redes sociales?. 2012 Disponible en: <<http://www.cnnexpansion.com/emprendedores/2012/02/09/tu-pyme-necesita-a-las-redes-sociales>>. Recuperado el 14 de Abril de 2012.
8. Janoon, T. Social Networking Benefits For Business, 2012. Recuperado el 26 de febrero de 2012, de <http://blackboxsocialmedia.com/social-networking-benefits-for-business/>.
9. Lylifestyle lounge, Advantages of Social Networking., 2010 Disponible en: <<http://lifestyle.iloveindia.com/lounge/advantages-of-social-networking-7852.html>>. Recuperado el 9 de marzo del 2012.
10. Collins, Ian, 5 common uses for social networking and the effect on your target audience. Blogussion.com, 2010. Disponible en: <<http://www.blogussion.com/general/uses-social-networking/#>> Consultado el 22 de Marzo del 2012.

Agrupación de datos multidimensionales utilizando operadores *Roll-up* y *Drill-down*

Eduardo Bojórquez-Martínez, María Trinidad Serna-Encinas, César Enrique Rose-Gómez, Sonia Regina Meneses-Mendoza

Instituto Tecnológico de Hermosillo, División de Estudios de Posgrado e Investigación,
Av. Tecnológico S/N CP 83170, Hermosillo, Sonora, México
eddiebomt@gmail.com, tserna@ith.mx, crose@ith.mx,
so_meneses@ith.mx

Resumen. Existen herramientas que permiten visualizar la información contenida en un almacén de datos en forma de reporte, con la desventaja que consumen un mayor espacio en la pantalla y el usuario debe desplazarse constantemente para comparar la información, lo que dificulta tener una visión global de los procesos más importantes para la organización. El proyecto de investigación se enfoca en el desarrollo de un sistema que permita visualizar la información en forma tridimensional, contenida en un almacén de datos para facilitar la lectura de los mismos, permitiendo un análisis de los datos más eficiente. El presente trabajo describe cómo se genera una consulta *OLAP* (Procesamiento Analítico en Línea) de manera semi-automática, aplicando el operador *Roll-up* o *Drill-down*; dicha consulta se crea a partir de un cubo de datos almacenado en una vista materializada, terminado este proceso, se presenta la información de forma tridimensional.

Palabras clave: Almacén de datos, Servidor *HOLAP*, *Roll-up*, *Drill-down*, Visualización tridimensional

1 Introducción

En la actualidad, las empresas dependen cada vez más de los sistemas de información, debido a que generalmente cada departamento requiere almacenar las transacciones en una base de datos, de manera que se registran los datos para uso cotidiano y consulta de la información. Este proceso conlleva un registro diario de todas las transacciones realizadas por la organización, lo que requiere un gran almacenamiento de datos.

Las herramientas de visualización de datos multidimensionales, muestran los datos en forma de reporte bidimensional (tabla); sin embargo, es ineficiente ya que un almacén de datos tiene varias dimensiones y requiere la anidación del conjunto de éstas

Eduardo Bojórquez-Martínez, María Trinidad Serna-Encinas, César Enrique Rose-Gómez, Sonia Regina Meneses-Mendoza, *Agrupación de datos multidimensionales utilizando operadores Roll-up y Drill-down*, en: Mario Barceló-Valenzuela, Alonso Perez-Soltero, Oscar Mario Rodríguez-Eliás, María Trinidad Serna-Encinas (Eds.), Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora, pp.242 - 251, 2012.

en un reporte o tabla bidimensional, de tal manera que el usuario tiende a confundirse al volverse los datos más esparcidos, dificultándose así el análisis de los mismos.

En el presente trabajo se generó de manera semi-automática una consulta *OLAP* para la agrupación de datos multidimensionales, utilizando los operadores *Roll-up* y *Drill-down*; para ello se accede a un servidor *HOLAP* que contiene el almacén de datos a partir del cual se obtiene la información, utilizando diferentes tipos de consultas aplicando los operadores mencionados. La sección 2 presenta de manera sucinta algunos conceptos básicos. En la sección 3 se presenta el esquema en estrella utilizado y la implementación de la interfaz antes mencionada; finalmente, el análisis de resultados y las conclusiones generadas del trabajo realizado, son abordadas en la sección 4 y 5 respectivamente.

2 Marco teórico

Según Bill Inmon [1], conocido como el padre de los almacenes de datos, un almacén de datos "es un conjunto de datos integrados, históricos, variantes en el tiempo y unidos alrededor de un tema específico, que es usado por la gerencia para la toma de decisiones". Los almacenes de datos proporcionan apoyo a la toma de decisiones con la ayuda de procesamiento analítico en línea (Online Analytical Processing), abreviado comúnmente como *OLAP*.

Los sistemas *OLAP* y los almacenes de datos son complementarios, debido a que en un almacén se manejan y guardan los datos. *OLAP* permite transformar los datos contenidos en el almacén en información estratégica, ya que es posible realizar una serie de operaciones y cálculos, para apoyar el análisis de la información; de tal manera que se facilite la toma de decisiones y así realizar acciones en un futuro [2].

2.1 Almacenes de datos y vistas materializadas

Ralph Kimball, define un almacén de datos como "un sistema que extrae, limpia, adapta y proporciona almacenamiento de datos dimensional para las fuentes de datos, además ofrece apoyo a la toma de decisiones" [3].

Una vista materializada permite almacenar tanto la estructura de la consulta como el conjunto de datos resultado de la consulta. La actualización se realiza de forma periódica a partir de las tablas originales, esto mejora el tiempo de respuesta ya que el acceso frecuente a tablas básicas resulta demasiado costoso [4].

2.2 Operadores *OLAP*

En 1993, Edgar Frank Codd introdujo el término *OLAP* y lo definió como: "La síntesis dinámica, análisis y consolidación de grandes volúmenes de datos multidimensionales", este tipo de herramientas son utilizadas para el apoyo a la toma de decisiones, permitiendo analizar información almacenada generalmente en cubos. Un cubo contiene datos

resumidos, tanto de bases de datos como de almacenes, los cuales se utilizan en informes de negocios de ventas, mercadotecnia, informes de dirección, etc. [5-6].

Existen 3 tipos de operadores *OLAP*: Los operadores clásicos, los operadores que afectan la estructura y los operadores de granularidad. Los primeros, son las operaciones clásicas que se utilizan en las bases de datos normales; por ejemplo, selección, proyección, reunión, etc. Los segundos, se desarrollaron con el propósito de dar un aspecto interactivo de la manipulación *OLAP* y la necesidad de animar la representación; por ejemplo, *rotate*, *switch*, *split*, *nest*, *push*, etc. Los operadores de granularidad son los que permiten subir o bajar un nivel en la jerarquía, los cuales se explican a continuación ya que son los operadores que se utilizaron para el desarrollo de este trabajo:

Drill-down, permite bajar un nivel en la jerarquía; es decir, es posible introducir un nuevo criterio de agrupación en el análisis, esto significa que si tenemos en la jerarquía tiempo día, mes, año y los datos que se están mostrando son las ventas de un producto por mes, al aplicar el operador *Drill-down*, se mostrarán las ventas por día [7].

Roll-up, permite subir un nivel en la jerarquía; es decir, permite resumir los datos del cubo de una determinada dimensión, tomando el mismo ejemplo de la jerarquía tiempo y las ventas de un producto, si los datos que se están mostrando son las ventas de un producto por día, al aplicar el operador *Roll-up* se mostrarán las ventas por mes [7].

3 Desarrollo

3.1 Esquema multidimensional

Para la realización del sistema, se asumió la existencia de un almacén de datos, el ejemplo utilizado es *Sales History* del manejador de bases de datos Oracle 10G. Cabe destacar que se realizó una copia y se requirió ejecutar la integración de datos, en la que se eliminaron campos que fueron considerados innecesarios para la toma de decisiones.

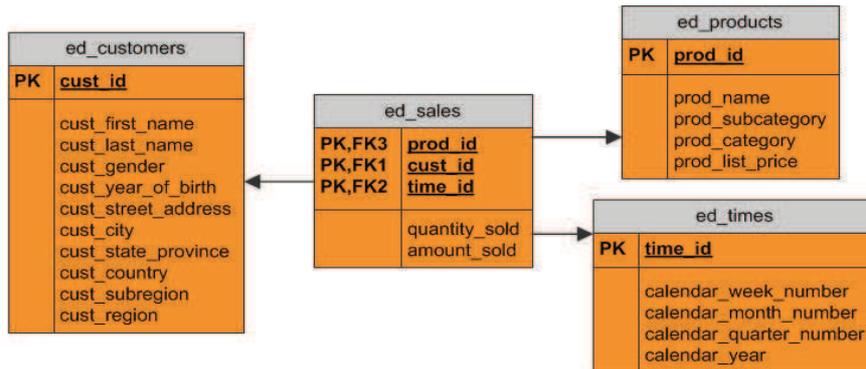


Fig. 1. Esquema en estrella del cubo de datos.

En la figura 1 se muestra el esquema en estrella utilizado para la generación de cubos de datos, la tabla de hechos corresponde a *ed_sales* y contiene dos medidas *quantity_sold* y *amount_sold*; además, sus dimensiones son: *ed_customers*, *ed_products*, *ed_times*. Cada dimensión tiene sus niveles de jerarquía, para *ed_customers* son: *cust_id*, *cust_street_address*, *cust_city*, *cust_state_province*, *cust_country*, *cust_subregion* y *cust_region*; para *ed_products* son: *prod_id*, *prod_name*, *prod_subcategory* y *prod_category*; por último para *ed_times* son: *time_id*, *calendar_week_number*, *calendar_month_number*, *calendar_quarter_number*, *calendar_year*.

3.2 Generación de consultas OLAP

En el proyecto de investigación, se creó una interfaz que considera la selección de la tabla de hechos y sus dimensiones; esto permite crear un cubo de información a partir de la selección realizada por el usuario, la información recopilada fue utilizada para la generación de una consulta OLAP y es materializada, esto tiene por objetivo el disminuir el costo de acceso a las tablas básicas, permitiendo así mejorar el tiempo de respuesta en la ejecución de las consultas OLAP; finalmente se visualiza la información de manera bidimensional y tridimensional en un cubo de datos.

En las siguientes subsecciones se presentan los componentes implementados para la creación y carga de vistas materializadas almacenadas en el *DataStore* y la ejecución de consultas OLAP, cuyo objetivo es permitir la manipulación del cubo al agrupar los datos multidimensionales con los operadores *Roll-up* y *Drill-down* y visualizar la información tridimensionalmente.

3.2.1 DataStore

Para la creación y carga de vistas materializadas, se implementaron 3 módulos: El primero es la selección de tablas de hechos y dimensiones, el segundo es la generación del cubo de datos y por último la carga de datos del *DataStore*.

En el primer módulo, se solicita al usuario la tabla de hechos, se muestran las dimensiones relacionadas con ella, de las cuales el usuario seleccionará las dimensiones deseadas. Por último permite agregar, eliminar las dimensiones y guardar la selección.

El segundo módulo permite crear el cubo de datos almacenándolo en una vista materializada y se graba en el *DataStore*, este módulo solicita un nombre para el cubo de datos, así como la especificación de las medidas y las dimensiones que se desean añadir y el atributo que se mostrará en las caras del cubo (las medidas, las dimensiones y los atributos, son obtenidos a partir de la tabla de hechos y dimensiones que se seleccionaron en el módulo para la selección de tablas); por último, permite la generación de la consulta y su respectiva materialización, además de la pre-visualización del cubo.

El tercer y último módulo, permite mostrar al usuario el listado de las vistas materializadas contenidas en el *DataStore*, y que pueden ser seleccionadas por el usuario;

una vez hecho esto, existe un proceso interno en el que se obtiene la consulta de la vista materializada, con el fin de adquirir las dimensiones que contiene la misma y mostrar los niveles de jerarquía en el componente para la agrupación de datos multidimensionales.

3.2.2 Generación de consultas OLAP

Este componente muestra al usuario las jerarquías para cada dimensión del cubo de datos obtenidos en el componente para la carga de vistas materializadas, este módulo tiene como objetivo el manipular el cubo de datos permitiendo la agrupación de datos multidimensionales utilizando los operadores *Roll-up* y *Drill-down*.



Fig. 2. Componente para la agrupación de datos multidimensionales

En la figura 2 se presenta el componente para la agrupación de datos multidimensionales, en la que el usuario puede seleccionar un nuevo criterio de agrupación para una o varias de las jerarquías. El componente tiene 3 listas desplegables, en el primero se tiene la dimensión que se encuentra en Z, en el segundo la que está en Y y el tercero el que está en X, todas muestran los niveles de jerarquía que tiene cada una. Además permite aplicar el operador *Roll-up* o *Drill-down*.

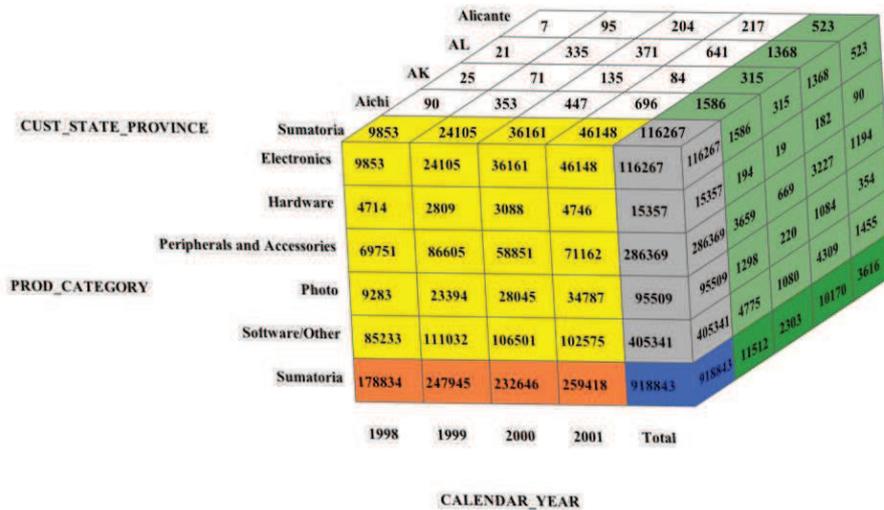


Fig. 3. Visualización 3D del cubo de datos de pruebas

En la figura 3 se muestra el cubo de datos de pruebas, el cual se compone de 3 dimensiones: `ed_times`, `ed_products` y `ed_customers`; la primera está en el eje de las X y se muestra el campo `calendar_year`, la segunda en el eje de las Y y se visualiza el campo `prod_category`, y la última dimensión en el eje de las Z presenta el campo `cust_state_province`; además, la medida seleccionada fue `quantity_sold`.

El primer paso para la generación semi-automática de la nueva consulta es almacenar en una variable llamada atributos cada uno de las opciones elegidas por el usuario, y en la nueva consulta se reemplazan los atributos de la vista materializada por los seleccionados. La nueva consulta no se materializa, ya que se busca evitar que se llene el espacio disponible del *DataStore*, en su lugar se obtienen los datos del almacén de ejemplo utilizado, para ello se genera una subconsulta que se encarga de agrupar o desagrupar los datos con el operador CUBE en la cláusula GROUP BY, el cual genera un reporte con los subtotales y los totales [8], de tal manera que se aplica el operador *Roll-up* y *Drill-down*.

Para cada cubo de datos, se generan 3 consultas distintas para convertir el reporte bidimensional en tridimensional. En todas las consultas se utilizó la pseudocolumna ROWNUM para obtener los primeros 6 registros de la cara de frente, los 4 primeros registros en el caso de la cara de arriba y los 4 primeros registros para la cara del lado derecho; de manera que esto permitirá la paginación de las caras del cubo de datos, en caso de exceder el límite de registros que pueden ser visualizados en la pantalla. Por limitante de espacio, sólo se incluye la descripción del proceso para generar la cara del frente del cubo de datos y su correspondiente consulta; sin embargo, cabe señalar que se deben generar procesos similares para la cara de arriba y la cara del lado derecho del cubo.

Cara de frente: En este caso, se añadió una subconsulta para convertir las filas en columnas, para ello se utilizó la instrucción CASE, con el fin de convertir las filas que contienen la medida `quantity_sold` en columnas. Para la generación de la subconsulta, primeramente se obtuvieron los años del campo `calendar_year`, el primer año que comparó la sentencia CASE fue 1998, si coincide entonces se muestra la cantidad vendida, en caso contrario se agrega un 0; el proceso se repite para los años 1999, 2000, 2001 y *null* (este último representa el total vendido para cada categoría). Al finalizar la comparación se obtendrá el siguiente resultado para la primera fila:

Y19 98	Y199 9	Y200 0	Y200 1	Total
9583	0	0	0	0
0	24150	0	0	0
0	0	36161	0	0
0	0	0	46148	0
0	0	0	0	116267

Debido a que al finalizar la conversión en cada columna existirá un sólo valor de cantidad vendida y los demás tendrán 0, se utilizó la instrucción MAX, para agrupar todo

en una sola fila. Por último, se añadió la condición *cust_state_province is null*, en la clausula WHERE debido a que la instrucción CUBE generada en la subconsulta destinada para subir o bajar el nivel de agrupación, añade valores *null* al primer campo, que en el ejemplo es *cust_state_province*, con esto se identifica que es el total, ya que en la cara de frente se muestran subtotales y totales. Una vez terminado este proceso, se genera de manera automática un cubo para presentar la información obtenida de la consulta y así permitir la visualización tridimensional.

A continuación se presenta la consulta generada para el cubo de datos de prueba de la figura 3.

```
SELECT * FROM(SELECT ROWNUM R, Y1998, Y1999, Y2000, Y2001, TOTAL
FROM (SELECT MAX(CASE WHEN CALENDAR_YEAR = '1998' THEN
QUANTITY_SOLD ELSE 0 END) Y1998, MAX(CASE WHEN
CALENDAR_YEAR='1999' THEN QUANTITY_SOLD ELSE 0 END) Y1999,
MAX(CASE WHEN CALENDAR_YEAR = '2000' THEN QUANTITY_SOLD ELSE 0
END) Y2000, MAX(CASE WHEN CALENDAR_YEAR = '2001' THEN
QUANTITY_SOLD ELSE 0 END) Y2001, MAX(CASE WHEN CALENDAR_YEAR
IS NULL THEN QUANTITY_SOLD ELSE 0 END) TOTAL FROM (SELECT
C.CUST_STATE_PROVINCE, P.PROD_CATEGORY, T.CALENDAR_YEAR,
SUM(TH.QUANTITY_SOLD) QUANTITY_SOLD FROM ED_CUSTOMERS C,
ED_PRODUCTS P, ED_TIMES T, ED_SALES TH WHERE TH.CUST_ID =
C.CUST_ID AND TH.PROD_ID = P.PROD_ID AND TH.TIME_ID = T.TIME_ID
GROUP BY CUBE(C.CUST_STATE_PROVINCE, P.PROD_CATEGORY,
T.CALENDAR_YEAR) ORDER BY C.CUST_STATE_PROVINCE,
P.PROD_CATEGORY, T.CALENDAR_YEAR) WHERE CUST_STATE_PROVINCE
IS NULL GROUP BY CUST_STATE_PROVINCE, PROD_CATEGORY ORDER BY
CUST_STATE_PROVINCE, PROD_CATEGORY)) WHERE R BETWEEN 1 AND 6
```

4 Resultados

A partir del esquema presentado en la figura 1, se crearon varios cubos de datos y se eligieron las siguientes dimensiones: *ed_customers*, *ed_products* y *ed_times*.

En la figura 4 se muestra un ejemplo de cubo de datos en el que se eligieron los campos *calendar_quarter_number*, *prod_subcategory* y *cust_city*, el primero está en el eje de las X, el segundo en el de las Y y el último campo en el de las Z. En el eje de la X se muestran todos los cuatrimestres que se encuentran en el campo *calendar_quarter_number* (1 al 4), en el eje de las Y se muestran sólo las primeras 9 subcategorías de producto que se tienen almacenados en el campo *prod_subcategory*, para poder visualizar los demás se debe de implementar la paginación; por último, en el eje de las Z, se muestran las primeras 4 ciudades del campo *cust_city*, por lo que de igual manera, también se requiere de la paginación para visualizar el resto de los datos.

En el cubo de datos de prueba, los datos que están de color blanco representan la cantidad vendida en las diferentes ciudades; por ejemplo, en la ciudad de Aachen se vendieron 23 accesorios en el primer cuatrimestre. Los que están de color amarillo representan los subtotales por ciudad; por ejemplo, en la subcategoría accesorios se vendieron en todas las ciudades 42,681 en el primer cuatrimestre. Los de color gris, representan los totales por ciudad y cuatrimestre; por ejemplo, en la subcategoría accesorios se vendieron 160,067 en todas las ciudades y cuatrimestres. Los de color naranja, representa los totales por ciudad y subcategoría; por ejemplo, en el primer cuatrimestre, se vendieron 230,678 en todas las ciudades y subcategorías. El único de color azul indica que se vendieron 918,843 para todos los años y ciudades.

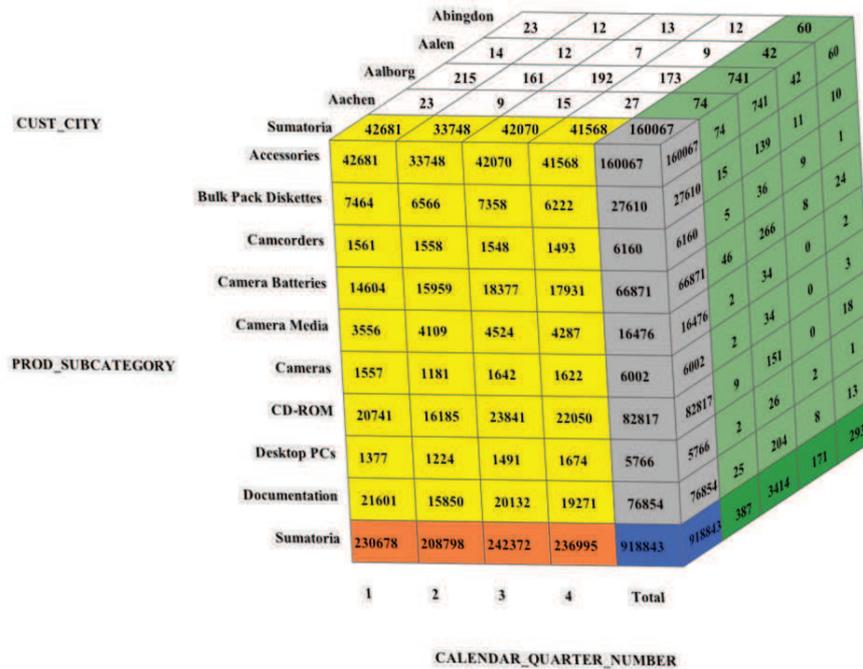


Fig. 4. Cubo de datos cuatrimestre, subcategoría y ciudad.

En las figuras 5 y 6 se muestra un ejemplo de aplicación del operador *Roll-up* y *Drill-down* respectivamente. En el primer caso, se presenta los niveles más altos de agrupación *calendar_year*, *prod_category*, *cust_state_province* de las jerarquías tiempo, categoría y zona geográfica, mismos que se encuentran en las dimensiones *ed_times*, *ed_products* y *ed_customers* respectivamente. Para el segundo caso, se bajaron dos niveles de agrupación de los datos en todas las jerarquías quedando de la siguiente manera: mes, producto y dirección (*calendar_month_number*, *prod_name*, *cust_street_address*).

250 Eduardo Bojórquez-Martínez, María Trinidad Serna-Encinas, César Enrique Rose-Gómez, Sonia Regina Meneses-Mendoza

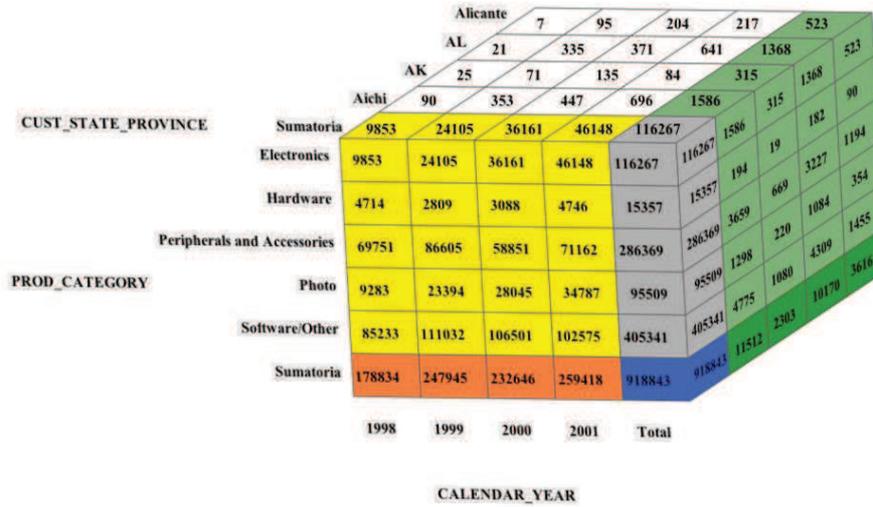


Fig. 5. Cubo de datos año, categoría y estado.

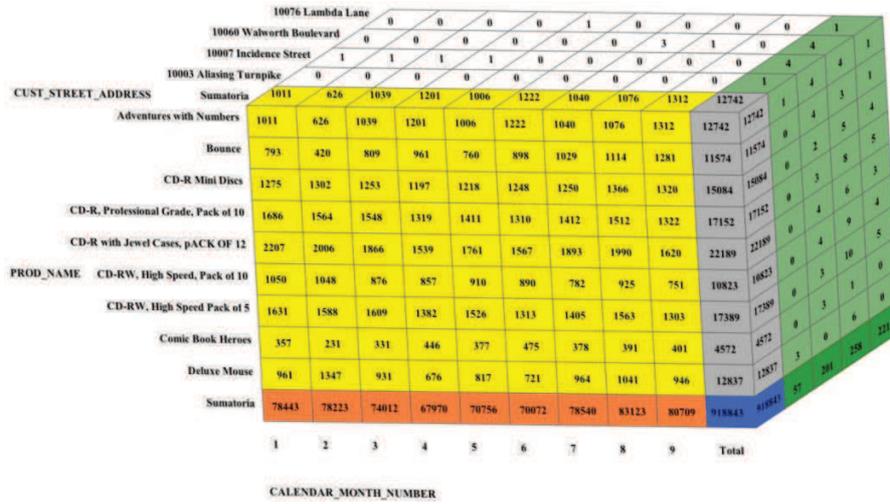


Fig. 6. Cubo de datos mes, producto y dirección.

5 Conclusiones

En el presente trabajo se generó una consulta *OLAP*, de manera semi-automática, a partir de un cubo de datos almacenado en una vista materializada, el usuario puede cargar la vista materializada desde el *DataStore* para que permita manipularlo al agrupar o desagrupar por medio de la aplicación de los operadores *Roll-up* y *Drill-down*; para la implementación de la manipulación se decidió no materializar las nuevas consultas para optimizar el espacio de almacenamiento del *DataStore*. Por último se genera un cubo que permite la visualización tridimensional del cubo de datos, para ello, se realizaron 3 consultas, una para cada cara del cubo, se requirió la conversión del listado de la medida a forma de matriz utilizando la sentencia CASE para acomodar la información.

6 Agradecimientos

Agradecemos el apoyo de CONACYT con la beca para los estudios de la maestría al primer autor.

7 Referencias

1. Inmon William Harvey.: Building the Data Warehouse Third Edition, Chapter 2: The Data Warehouse Environment, pp. 31-35, Wiley Publishing, Inc., 2002.
2. Satyanarayana Reddy G., Srinivasu Rallabandi., Poorna Chander Rao M., Reddy Rikkula Srikanth.: Data warehousing, data mining, OLAP and OLTP technologies are essential elements to support decision-making process in industries. International Journal on Computer Science Engineering, pp. 2865 – 2873, 2010.
3. Caserta Joe., Kimball Ralph.: Chapter 1: Surrounding the Requirements. Wiley Publishing, Inc., 2004.
4. Gupta Ashish., Singh Mumick Inderpal.: Materialized Views, Techniques, Implementations, and applications, Part 1: Rejuvenation of Materialized Views, The MIT Press Cambridge, Massachusetts, London, England, 1999.
5. Hui Tang Zhao., MacLennan Jamie.: Data Mining with SQL Server 2005, Chapter 11: Mining OLAP Cubes, pp. 265-267, Wiley Publishing, Inc., 2005.
6. Gorla Narasimhaiah.: Features to consider in a data warehousing system. Communications of the ACM, pp. 111 – 115, 2003.
7. Marcel Patrick., Jean Jours Place.: Modeling and Querying Multidimensional Databases: An Overview, Networking and Information Systems Journal, 1999.
8. Lane Paul.: Oracle Database Data Warehousing Guide 10g Release 2, SQL for aggregation in Data Warehouses, pp. 20-24, 2005.

Desarrollo de un Sistema de Información para procesos de evaluación y acreditación de programas educativos, caso: Universidad de Sonora

Lucía G. Estrada Lara, Ricardo A. Rodríguez Carvajal.

Universidad de Sonora, Departamento de Ingeniería Industrial, Rosales y Blvd. Luis Encinas S/N,
C. P. 83000, Hermosillo, Sonora, México.
lestrada@industrial.uson.mx, ricardo@industrial.uson.mx.

Resumen. Actualmente, los programas educativos que se encargan de formar profesionistas deben estar certificados para formar profesionales de la más alta calidad educativa, con la ayuda de las Tecnologías de la Información y Comunicación y los Sistemas de Información se pueden automatizar algunos de los procesos internos dentro de una Institución de Educación de Nivel Superior, optimizando recursos tales como el tiempo y costos involucrados en dichos procesos y por ende se incrementa la calidad educativa en estas instituciones. El desarrollo de este tipo de herramientas ayudará a incrementar el número de programas evaluados y acreditados, además de generar en un futuro nuevas ofertas educativas y aumentar el prestigio de la universidad.

Palabras clave: Sistemas de Información, Evaluación, Acreditación, Programas Educativos.

1 Introducción

En el transcurso de los últimos años, la demanda de ingreso a la Universidad de Sonora ha crecido de manera vertiginosa. De atender un promedio de diez mil solicitudes de aspirantes a ingresar, ahora se atiende entre tres y cuatro veces más.

Para lograr captar el mayor porcentaje de población que solicita ingreso, la Universidad de Sonora ofrece una gran variedad de Programas Educativos (PE), 71 licenciaturas actualmente, brindando oportunidades a los jóvenes de estudiar un programa de calidad, esto se logra gracias a la política institucional de buscar evaluación externa a todos sus PE.

Dentro de la institución existe una problemática en la Dirección de Desarrollo Académico e Innovación Educativa (DACIE) debido a que carece de una estructura para hacer de una manera eficiente el seguimiento de las evaluaciones de los PE, expedidos por cada organismo o comité, mismos que cuentan con su propia metodología para los procesos de acreditación o evaluación de un programa, haciendo que cuando se lleva a

Lucía G. Estrada Lara, Ricardo A. Rodríguez Carvajal., *Desarrollo de un Sistema de Información para procesos de evaluación y acreditación de programas educativos, caso: Universidad de Sonora*, en: Mario Barceló-Valenzuela, Alonso Pérez-Soltero, Oscar Mario Rodríguez-Eliás, María Trinidad Serna-Encinas (Eds.), *Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora*, pp.252 - 258, 2012.

cabo el proceso interno de este tipo, las áreas responsables de un PE demoren mucho tiempo en llevarlas a cabo y por consecuente la DACIE demore en brindar la confirmación de las mismas a los organismos y comités acreditadores. La DACIE propone hacer uso de las Tecnologías de Información (TI), dentro de las cuales se encuentran los Sistemas de Información (SI), que facilitan la gestión de algunas metodologías internas llevadas a cabo para dichos procesos (tales como la emisión de recomendaciones de los organismos o comités a las áreas responsables que forman un PE), mantener la información siempre disponible y actualizada, y ayudan a la reducción de recursos económicos.

Basándose en lo anterior es necesario el diseño e implementación de un sistema de información que permita mejorar los procesos de evaluación y/o acreditación de PE y reduzca el tiempo de los mismos. Esto ayudará a tener una mayor exactitud en la toma de decisiones, conocer la forma eficiente de llevar a cabo los procesos, así como la reducción de recursos económicos utilizados durante el proceso, y el SI automatizará los procesos internos llevados a cabo para lograr la acreditación de programas.

2 Marco Teórico

Autores como [1], mencionan que el diseño de Base de Datos (BD) en un SI es uno de los factores más importantes que ayudan a lograr un sistema de buena calidad.

La BD no existe sola, siempre se asocia con alguna aplicación específica y es creada para aplicaciones específicas, también aseguran que los requerimientos de los usuarios son parte fundamental para un buen diseño de BD y la aplicación [2].

El Desarrollo de Sistemas de Información es la clave de capacidad de los profesionales en Sistemas de Información (SI) y la mejora de las organizaciones mediante la adopción de Tecnologías de Información (TI). Dentro de las capacidades de un profesional en SI incluyen: la mejora de los procesos de organización, aprovechando las oportunidades creadas por las innovaciones tecnológicas, comprender y abordar las necesidades de información e identificar y evaluar soluciones alternativas de abastecimiento de información. El DSI no debe ser confundido con el desarrollo de software, ya que este tiene como objetivo generar productos de TI, y el DSI tiene un alcance más amplio ya que mejora a la organización a través de la adopción y uso de la TI [3].

La acreditación de un PE es un proceso de evaluación basado en criterios y estándares de calidad previamente establecidos que es llevado a cabo por un organismo externo y procura garantizar la calidad de una carrera o programa educativo [4].

El Consejo Para la Acreditación de la Educación Superior A.C (COPAES), es la única instancia validada por la Secretaría de Educación Pública (SEP) para conferir reconocimiento oficial a los organismos acreditadores de los programas académicos que se imparten en este nivel educativo en México. Los organismos acreditadores reconocidos por el COPAES están facultados para llevar a cabo los procesos de evaluación

conducentes a la acreditación de programas a nivel licenciatura y de técnico superior universitario o profesional asociado, en áreas definidas del conocimiento, en las instituciones públicas y privadas de todo el país. El reconocimiento de organismos acreditadores, así como la acreditación de programas académicos, tiene una vigencia de cinco años, con carácter renovable [5].

Para [6] la evaluación de un programa es un procesos sistemático, diseñado intencional y técnicamente, de recogida de información orientado a validar la calidad y los logros de un programa, como base para la posterior toma de decisiones de mejora, tanto del programa como del personal implicado y, de modo indirecto, del cuerpo social que se encuentra inmerso.

En México, los Comités Interinstitucionales para la Evaluación de la Educación Superior, A.C. (CIEES) son los encargados de llevar a cabo los procesos de evaluación de un programa educativo, éstos son nueve cuerpos colegiados, integrados por distinguidos académicos de instituciones de educación superior representativos de las diversas regiones del país, quienes tienen a su cargo la evaluación interinstitucional de programas, funciones, servicios y proyectos ubicados en el quehacer sustantivo de las instituciones [7]. Los niveles alcanzados son tres:

- Nivel 1: puede alcanzar la acreditación a corto plazo.
- Nivel 2: puede obtener la acreditación a mediano plazo.
- Nivel 3: puede obtener la acreditación a largo plazo.

3 Descripción del problema a abordar

En la Universidad de Sonora, específicamente en la DACIE, existe el área de Evaluación y Acreditación, la cual se encarga principalmente de estar en contacto tanto con el organismo evaluador (CIEES) como el acreditador (COPAES), existe una problemática debido a que las comisiones académicas que conforma al programa educativo, no cumplen con el tiempo establecido por la dirección de 15 días para lograr las metas que se deben cumplir para el comité evaluador. La duración para evaluar un programa educativo por parte de CIEES tarda de 6 meses a 1 año y en ese lapso se debe trabajar en conjunto para cumplir con todas las recomendaciones emitidas por el comité y posteriormente poder aplicar para una acreditación del programa educativo en cuestión. En caso de ser un programa educativo reciente se debe esperar a que egrese la primera generación, formar la comisión académica del programa y solicitar la evaluación del mismo, esto hace que el tiempo para evaluar sea aún más largo.

Aunque cada organismo cuenta con su propia metodología para los procesos de acreditación de un PE, la DACIE carece de una herramienta que apoye en la automatización de procesos internos involucrados en la evaluación y/o acreditación de un PE, haciendo que el tiempo de evaluación sea elevado y posteriormente el acreditado y también apoye en cuestión de toma de decisiones a la DACIE.

4 Desarrollo de la solución

La siguiente metodología para el diseño de BD, la proponen [1], la cual consiste cuatro pasos, mostrados a continuación:

1. Análisis de requerimientos.- es un proceso en el cual se trata de comprender ampliamente los requerimientos del usuario, estos pueden reflejar el comportamiento de la BD en el mundo real, se investigan los requerimientos necesarios para obtener un conocimiento amplio del sistema asegurándose de lo que se plasma son los requerimientos del usuario.
2. Esquema de diseño conceptual.- refleja la estructura de la información, el flujo de condiciones, restricciones y almacenamiento, consultas, procesado de información en cada una de las áreas del mundo real. Aquí se realiza el diagrama de Entidad – Relación (E-R), usando mecanismos abstractos para analizar los datos que fueron recolectados en el paso anterior, se señalan las entidades, atributos, índices, conexiones y tipos de conexiones entre las entidades.
3. Diseño de estructura lógica.- este paso consiste en pasar del diseño conceptual que se tiene a un diseño lógico mediante la ayuda de un Sistema de Administración de Base de Datos (DBMS), se utilizan los diagramas para describir y expresar el modelo. En este paso se asegura que la dependencia de los datos, elimine la redundancia de datos, y ajusta el modelo en una estructura apropiada.
4. Diseño de estructura física.- consiste en seleccionar la mejor estructura física del modelo código, de acuerdo al DBMS y las necesidades obtenidas, se diseñan indicador y la forma interna del esquema de BD.

Adaptando la metodología que proponen [1], en cuanto al diseño de BD, se realizará en primer instancia la recopilación de información dentro de la DACIE con el fin de saber las necesidades que presenta dicha Dirección; será necesario llevar a cabo reuniones con el personal involucrado para detectar los requerimientos del sistema y cómo debe funcionar.

En segunda instancia, se llevará a cabo el diseño conceptual de la BD, es decir un diagrama E-R en dónde se muestren las instancias necesarias para almacenar la información y cómo se relacionará entre sí.

Seguido, se pasará de un modelo conceptual a uno lógico en un DBMS, en este caso se usará MySQL, ya que es un administrador gratuito, es compatible con los más reconocidos lenguajes de programación, aparte de ser el más utilizado en aplicaciones Web [8]. Con este paso se logrará llegar a la estructura física de la BD y se podrá trabajar con ella en el código del SI.

En este sistema, las entidades de la BD principales son: programas educativos, recomendaciones, seguimiento, responsables, indicadores, categorías y usuarios del sistema.

Las propiedades principales de programas educativos son: clave, unidad regional, campus, división, departamento, programa, comité, nivel, organismo, vigencia, fechas de seguimiento y fechas de informes.

Entre las propiedades de las recomendaciones se encuentran: categoría, indicador, clave del programa educativo, tipo de recomendación, recomendación, justificación, sugerencias, observaciones, las áreas responsables, y la fecha de alta.

Para los seguimientos se tienen las siguientes propiedades: número de seguimiento, clave de programa educativo, número de recomendación, seguimiento, tipo de seguimiento y fecha de alta.

Las propiedades de responsables son: nombre del responsable, número de responsable, correo electrónico, y tipo de responsable.

Para indicadores son: el número de indicador, categoría, responsables y el nombre del indicador.

En categoría se tienen las siguientes propiedades: número de categoría, nombre y tipo de categoría.

Y por último los usuarios del sistema, cuyas propiedades son: número de usuario, nombre, contraseña, nivel de acceso (Administrador, Responsable, Supervisor, Usuario General), apellido paterno, materno, nombres, área y ocupación.

El diseño de BD juega un papel muy importante en el rol del desarrollo de SI, solamente un diseño razonable puede ofrecer conveniencia al desarrollo de la aplicación, sin embargo el diseño es un proceso que realmente nunca termina, debido a que los requerimientos del usuario y la aplicación cambian y se expande, y la BD debe cambiar junto con ellos [2]

Autores como [9], concuerdan que para el desarrollo de un SI, básicamente se deben involucrar las siguientes etapas:

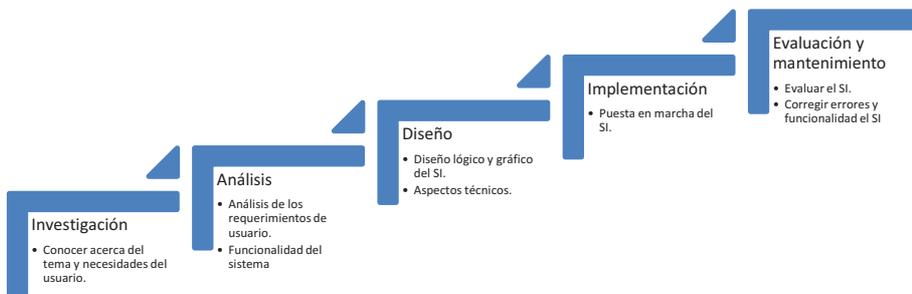


Fig. 1. Etapas para el desarrollo de SI (Elaboración propia basada en [9]).

5 Resultados Esperados

Con el desarrollo de este proyecto se logrará obtener los siguientes resultados:

1. Obtener conocimientos que ayuden a mejorar la práctica de gestión universitaria mediante el uso de las TIC's.
2. Un sistema de información estructurado y eficiente que automatice los procesos necesarios para la acreditación de un PE, reduzca costos y tiempo y ayude a la mejor toma de decisiones.
3. Determinar en qué medida el uso de un SI contribuye a aumentar la eficacia de los procesos.

6 Conclusiones

En el tiempo que se ha llevado a cabo esta investigación y desarrollo del proyecto se ha logrado explorar cómo son llevados a cabo estos procesos en otras Instituciones de Educación de Nivel Superior y cómo los Sistemas de Información son herramientas de gran ayuda para este tipo de actividades y ayudan a la toma de decisiones en cualquier institución u organización.

La base de esta investigación se centra más que nada en el desarrollo de un SI que automatice los procesos más importantes que son llevados a cabo para la acreditación de un PE, haciendo que estos se logren llevar a cabo en el menor lapso de tiempo posible, así como en reducir los costos involucrados en los mismos, sin olvidar que también beneficiara en tomar las mejores decisiones.

El sistema se caracterizará por tener un entorno amigable para el usuario y de fácil uso. En un futuro, en términos de expansión del sistema, se agregarán módulos que sean de utilidad tales como análisis estadísticos que sean de ayuda para mejorar la calidad de los programas educativos existentes así como los futuros programas.

7 Bibliografía

1. Bao, K.-m., & Cheng, G.-g. Design the Database Laboratory Managment System. *1st International Conference on information science and engineering (ICISE)*, 2304-2307 2009
2. Li, L., Shi, L., & Zhang, Y. Design and implementation of universities. *2nd International Conference on Academic affairs management system*, 2494-2497 2012
3. Carvalho, J. A., Sousa, R. D., & Sá, J. O. Information Systems Development Course: Integrating Business, IT and IS Competencies. *Transforming*

Engineering Education: Creating Interdisciplinary Skills for Complex Global Environments, 1-20 2010

4. SINAES. (s.f.). Recuperado el 15 de Febrero de 2012, de http://www.sinaes.ac.cr/proceso_acreditacion/
5. COPAES. (s.f.). *COPAES*. Recuperado el 28 de Octubre de 2011, de www.copaes.org.mx
6. Pérez, R. La evaluación de programas educativos: conceptos básicos, planteamientos generales y problemática. *Revista de Investigación Educativa*, Vol. 18, n° 2., 261-287 2010
7. CIEES. (s.f.). *CIEES*. Recuperado el 28 de Octubre de 2011, de <http://www.ciees.edu.mx/>.
8. *MySQL*. (s.f.). Recuperado el 26 de julio de 2012, de <http://www.mysql.com/products/>
9. Siau, K., & Tan, X. Technical Communication in Information Systems Development: The use of cognitive mapping. *IEEE transactions on professional communication*, vol. 48, 269-284, 2005

Una estrategia para el procesamiento y análisis de imágenes digitales de frutos esféricos

Mario Barceló-Valenzuela¹, Alfonso Coronado-Sesma¹, F. Alfonso Aguilar-Valenzuela²,
Alonso Pérez-Soltero¹

¹ Universidad de Sonora, Departamento de Ingeniería Industrial, Rosales y Blvd. Luis Encinas S/N,
C. P. 83000, Hermosillo, Sonora, México.

mbarcelo@industrial.uson.mx, acoronado@ciad.mx,
aperez@industrial.uson.mx

² Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C., Carretera a la Victoria Km. 0.6, C.P.
83304, Hermosillo, Sonora, México.
aaguilar@ciad.mx

Resumen. El desarrollo de las tecnologías de información ha tenido un importante avance en los últimos años. El procesamiento y análisis de imágenes digitales es cada vez más utilizado en la industria e investigación. Cada día se desarrollan equipos capaces de procesar datos con mayor rapidez, así como, sistemas que pueden extraer infinidad de información de las imágenes. Este documento presenta una propuesta económica, versátil, con un alto nivel de precisión, basada en un sistema de procesamiento y análisis de imágenes digitales, la cual podría ser utilizada para la medición de las características físicas de color y volumen de frutos de forma esférica, con el fin de ofrecer una herramienta de apoyo a los investigadores de un Centro de Investigación.

Palabras clave: Imágenes Digitales, Procesamiento de Imágenes, Análisis de Color.

1 Introducción

En las últimas décadas, la necesidad de contar con herramientas más precisas de análisis de las características físicas de los objetos ha ido en aumento [1-3]. Los métodos utilizados en empresas y por investigadores para la detección, análisis o evaluación de las características físicas de los objetos de estudio, no siempre se han realizado con el apoyo de herramientas especializadas que les permitan obtener mediciones confiables, en gran cantidad de estudios éstas mediciones se han realizado utilizando métodos visuales, dando lugar a errores derivados de la apreciación.

Las necesidades de estandarización de la calidad de los productos o análisis más minuciosos de características como el color, han influido mucho en el desarrollo de

Mario Barceló-Valenzuela, Alfonso Coronado-Sesma, F. Alfonso Aguilar-Valenzuela, Alonso Pérez-Soltero, *Una estrategia para el procesamiento y análisis de imágenes digitales de frutos esféricos*, en: Mario Barceló-Valenzuela, Alonso Pérez-Soltero, Oscar Mario Rodríguez-Eliás, María Trinidad Serna-Encinas (Eds.), *Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora*, pp. 259-264, 2012.

Sistemas de Procesamiento y Análisis de Imágenes Digitales (SPAID). Para muchas empresas o investigadores, este tipo de tecnologías son imprescindibles para su trabajo diario, por lo que, es de esperarse que los estudios sobre los SPAID mantengan una tendencia creciente. Por otro lado, los continuos avances en software y hardware permitirán llevar a cabo investigaciones cada vez más avanzadas, las cuales abrirán las puertas a procesamiento de imágenes cada vez más sofisticados, que incluirán algoritmos que podrán ser implementados en tiempo real y a un costo cada vez más económico.

2 Marco de Referencia

Según Alvarado [4], la palabra “imagen” proviene del sustantivo latino *imāgo*, y éste a su vez del verbo *imitari* que da origen al verbo castellano *imitar*. De este modo, el término *imagen* está relacionado con la imitación de la realidad.

El análisis de imágenes pretende extraer información cuantitativa de las imágenes. La información se empaca en estructuras de datos concretas que varían desde simples números escalares, magnitudes vectoriales, matriciales o tensoriales, listas de puntos, grafos, estructuras complejas, etc. . El procesamiento de imágenes digitales consiste en procesos algorítmicos que transforman una imagen en otra, en donde se resalta cierta información de interés y/o se atenúa o elimina información irrelevante para la aplicación. Así, las tareas del procesamiento de imágenes comprenden la supresión de ruido, mejoramiento de contraste, eliminación de efectos no deseados en la captura, mapeos geométricos, transformaciones de color, etc. [4].

Recientemente se han llevado a cabo distintos estudios relacionados con el procesamiento y análisis de imágenes digitales, todos y cada uno de ellos con el fin de avanzar en ésta área tan relevante. Los SPAID son muy utilizados en distintas áreas de investigación ya que son imprescindibles para su mejor funcionamiento e innovación, tales como las telecomunicaciones, medicina, defensa, robótica, geofísica, sistemas de visión, etc. En esta investigación en particular se abordarán los SPAID para apoyar el área de la agricultura, especialmente en lo que a frutos esferoides se refiere (tomate, naranja, limón, etc.).

Sayinci et al. [5] realizaron estudios con naranjas con el fin de determinar su tamaño y forma, para posteriormente compararlas entre ellas. El Sistema de Procesamiento de Imagen (SPI) utilizado (Figura 1), consistía en una cámara digital con conexión USB, una fuente de luz fluorescente y una bombilla de luz. El programa determinó automáticamente basado en el área proyectada, el diámetro, perímetro, longitud, ancho mayor, ancho menor y el factor de forma de los objetos analizados. Mediante el apoyo del SPI fue posible determinar con un alto nivel de exactitud las características de: masa, volumen, densidad, diámetro medio geométrico, esfericidad y área de los objetos de estudio, en este caso las naranjas.

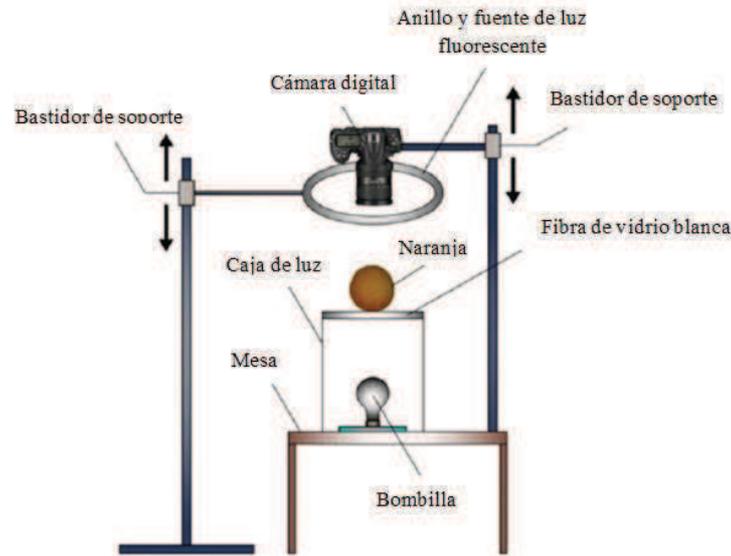


Figura 1. Sistema de Procesamiento de imagen de Sayinci et al (2012)

El SPI utilizado no introduce agentes externos en el estudio para llevar a cabo las mediciones, tampoco es un método destructivo, lo cual en muchas áreas de investigación o industria representa un gran ahorro a la hora de hacer los experimentos.

Otro caso del uso de la tecnología de procesamiento de imágenes es el que expone Vesali et al. [6], quienes llevaron a cabo un estudio para determinar el contenido de humedad en manzana variedad Golden Delicious. El contenido de humedad, índice de densidad y los parámetros de textura, los utilizaron como datos de entrada a una red neuronal para obtener la pérdida de contenido de humedad. En esta investigación, desarrollaron un sistema que hace posible medir el contenido de humedad de las manzanas, a través de un equilibrio simple y procesamiento de imagen, el cual es rápido y no destructivo.

Por su parte Khojastehnazhand et al. [7], utilizando métodos de procesamiento de imágenes, realizaron estudios para determinar el volumen de mandarinas, los cuales fueron comparados con el Método de Desplazamiento de Agua (MDA) y concluyeron que, no existe diferencia significativa entre el método de segmentación propuesto para obtener el volumen y el MDA.

Gatica y Best [8], hicieron un análisis de imágenes digitales para estimar el volumen en racimos de *Vitis Vinicola* variedad de *Carmènère*, logrando resultados excelentes con un coeficiente de correlación muy cercano a 1 en comparación con las mediciones reales.

De los casos de estudio descritos, se deduce que, los sistemas de procesamiento y análisis de imágenes digitales son muy utilizados e importantes y están documentados en diversas investigaciones. Estos sistemas también se apoyan de otras herramientas y metodologías, tales como las redes neuronales, metodologías de segmentación de imágenes, software estadístico, etc. que en conjunto constituyen un instrumento integral de apoyo tanto para las empresas como para investigadores.

3 Problemática

En un centro de investigación de noroeste de México, se presentan necesidades relacionadas con la obtención de color y volumen en los frutos. Actualmente no se cuenta con un sistema que permita hacer el análisis de frutos en campo, ya que, los equipos utilizados para su análisis no son portátiles y es muy complicado utilizarlos fuera de las condiciones de funcionamiento del laboratorio. Esto limita el alcance de algunos proyectos, provocando incremento en el tiempo requerido para realizar los estudios en las mediciones correspondientes de los frutos y obligándolos a utilizar métodos destructivos (cortar el fruto y llevarlo al laboratorio) o utilizar otros métodos alternos de medición, los cuales muchas veces son de apreciación, los cuales tienen un alto grado de variabilidad por el grado de iluminación, obligando a que siempre sea la misma persona que toma la medición para introducir menor variabilidad en los datos.

4 Propuesta de Solución

Se propone un sistema que estará enfocado a obtener el color y volumen de los frutos, en el caso del volumen solamente se trabajará con frutos de forma esferoide, debido a que con frutos de esas características, se tiene un mayor control y es mejor la estimación de volumen ya que los datos no son tan dispersos. Además, con la captura de solo una imagen del fruto, no se podrían estimar dimensiones confiables del mismo si el fruto analizado tuviera una forma irregular. Esto sienta las bases para que, en estudios futuros se puedan desarrollar métodos para obtener el volumen de cualquier fruto sin importar su geometría. En la figura 2, se observa el sistema propuesto a desarrollar:

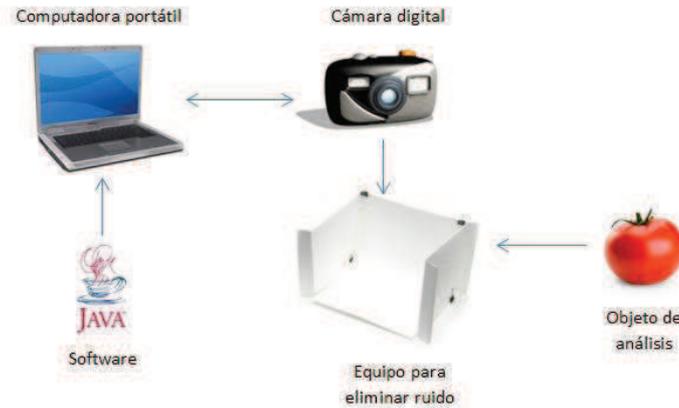


Figura 2. Sistema de Procesamiento y Análisis de Imágenes Digitales (SPAID)

En la figura 2 se muestran los elementos que conformarían una propuesta de solución a la problemática que se presenta en el centro de investigación. Para que el SPAID funcione de la mejor manera, se debe utilizar una computadora portátil convencional, la cual requiere tener instalado el motor de java, ya que este, es un software libre y puede ser utilizado en la mayoría de las computadoras y sistemas operativos, además de que, java contiene muchas librerías de código abierto para la manipulación de imágenes. El software a desarrollar estará desarrollado en éste lenguaje de programación. El equipo para eliminar el ruido, se utilizará para excluir cualquier agente externo que interfiera con la captura correcta de la imagen, especialmente la luz. Al colocar el objeto de análisis dentro del equipo, se capturará la imagen con la cámara digital, la cual se almacenará en la computadora portátil para posteriormente procesarla y analizarla con el software especializado.

5 Resultados

El análisis de los resultados una vez que se lleve a cabo el trabajo del levantamiento de información consistirá:

- En relación al volumen, se medirán los frutos con equipos convencionales (MDA) y se compararán con los resultados obtenidos del método para el volumen utilizando el sistema propuesto de análisis de imágenes.
- En lo que a color se refiere, se medirán los frutos con un colorímetro, para posteriormente compararlos con los resultados obtenidos del método de color utilizando el sistema propuesto de análisis de imágenes.

Se espera que los resultados obtenidos del volumen de los frutos sean muy similares en comparación con las mediciones del MDA, así como también que los resultados

obtenidos de las mediciones de color que se mencionan con anterioridad sean muy parecidos a las de un colorímetro, esto mediante los ajustes a los modelos y cálculos del sistema computacional propuesto hasta obtener resultados dentro de los rangos aceptables.

6 Conclusiones

La utilización de sistemas de procesamiento y análisis de imágenes digitales, representa una opción viable, económica, flexible, confiable y no destructiva para el análisis de ciertas características físicas de objetos de estudio, la cual podría llegar a ser una herramienta muy útil y accesible de apoyo a las empresas y a proyectos de investigación.

El SPAID propuesto apoyará en gran medida a los agricultores, brindándoles información de gran relevancia de sus cultivos, de manera rápida y confiable, lo que ayudará a la toma de decisiones, al conocer el estado físico de sus cosechas.

7 Bibliografía

1. Aggelopoulou, A., Bochtis, D., Fountas, S., Swain, K., Gemtos, T. & Nanos, G. Yield prediction in apple orchards based on image processing. *Precision Agriculture*, 12, 448-456, 2011.
2. Sparavigna, A. & Marazzato, R. An image-processing analysis of skin textures. *Skin Research & Technology*, 16, 161-167, 2010.
3. Patil, S. A. Texture analysis of tb x-ray images using image processing techniques. *Advances in Computational Research*, 4, 53-56, 2012.
4. Alvarado, J.P. *Procesamiento y Análisis de Imágenes Digitales*. Escuela de Ingeniería Electrónica, Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica, 2010.
5. Sayinci, B., Ercisli, S., Ozturk, I., Eryilmaz, Z. & Demir, B. Determination of Size and Shape in the 'Moro' Blood Orange and 'Valencia' Sweet Orange Cultivar and its Mutants Using Image Processing. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 40, 234-242, 2012.
6. Vesali, F., Gharibkhani, M. & Komarizadeh, M. H. An approach to estimate moisture content of apple with image processing method. *Australian Journal of Crop Science*, 5, 111-115, 2011.
7. Khojastehnazhand, M., Omid, M. & Tabatabaeefar, A. Determination of Tangerine Volume Using Image Processing Methods. *International Journal of Food Properties*, 13, 760-770, 2010.
8. Gatica, G., Best, S. *Análisis de Imágenes Digitales para la Estimación de Peso y Volumen en Racimos de Vitis Vinicola para la variedad de Carménère*. [en línea] Disponible en: <<http://www.elsitioagricola.com/CultivosExtensivos/Analisis-Imagenes-Digitales-Para-Estimacion-Peso-Volumen-Vitis-Carmenere.pdf>> [Accesado 14 Noviembre 2011], 2009.

Propuesta de un Sistema de Reconocimiento Vectorial de las Posturas del Operario

Eduardo Rodríguez, María Trinidad Serna, César Enrique Rose, Sonia Regina Meneses

División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Hermosillo, Avenida Tecnológico S/N, Col. Sahuaró, C.P. 83170, Hermosillo, Sonora, México.
Erl29@hotmail.com, tserna@ith.mx, crose@ith.mx, so_meneses@ith.mx

Resumen. Este artículo presenta las bases de análisis y diseño de una propuesta para realizar un sistema de reconocimiento vectorial, mediante la utilización de un dispositivo de captura de movimiento tipo kinect, que tendrá la función de recolectar las posturas de un operador en la estación de trabajo, durante un tiempo de ciclo de operación en la industria maquiladora, utilizando para la realización del sistema el análisis y diseño orientado a objetos y tomando en cuenta las posturas de un modelo ergonómico como base, se generará un vector de posturas finales del operario.

Palabras clave: Modelo ergonómico, reconocimiento vectorial, sensores de movimiento, análisis y diseño orientado a objetos.

1 Introducción

La industria maquiladora en México se desarrolla de manera competitiva a nivel internacional, por lo que, esta estructura industrial condiciona la creación de trabajos con de altas demandas físicas para su operación. De tal manera que se refleja la importancia de una definición de las características operativas de las estaciones de trabajo con ensamble manual, ya que conlleva la ejecución de operaciones repetitivas que tienen un efecto negativo en el desempeño y en la salud del trabajador [1].

Entre los métodos de evaluación ergonómica más conocidos se encuentran los siguientes: REBA (Rapid Entire Body Assessment) [2], RULA (Rapid Upper Limb Assessment) [3] y la norma ISO 11228-3 [4], que sugieren los lineamientos y referencias a seguir para analizar y evaluar las posturas del operario en estaciones de trabajo con ensamble manual.

En la actualidad, estas posturas son detectadas de manera visual por un supervisor o experto en el modelo de evaluación ergonómica, lo que deriva, en la mayoría de los casos, que existan variantes en la definición de la postura exacta del operario, ocasionadas por un error de apreciación [1]. Dada la problemática anterior, se plantea la necesidad de responder la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo implementar un sistema que

permita evaluar, de una manera más precisa, las posturas en las que el trabajador desarrolla sus actividades, en las estaciones de trabajo con ensamble manual?.

En esta investigación los autores presentan la propuesta para el diseño de un sistema que permite el reconocimiento vectorial mediante sensores de movimiento, de las posturas del operador durante un tiempo de ciclo, utilizando los vectores de posición en el espacio tridimensional que el dispositivo captura.

2 Marco teórico

Los problemas posturales en el trabajador ocurren cuando hay una incompatibilidad entre las dimensiones corporales, los requerimientos del trabajo y el diseño de la estación de trabajo. Debido a los efectos de las posturas del cuerpo en las articulaciones del sistema músculo-esquelético, los ergónomos desarrollaron los modelos de análisis de las posturas, generalmente mediante técnicas observacionales. Estas técnicas visualizan una parte del cuerpo de manera angular con respecto a la posición neutral del mismo, que se estima observando el registro de las actividades realizadas por el operario, con respecto al patrón del modelo ergonómico utilizado, para realizar la evaluación y análisis de las posturas de cada operador.

2.1 Modelos ergonómicos

Los modelos de evaluación ergonómica permiten hacer análisis de posturas y brindan algunas recomendaciones para mejorar las condiciones de trabajo, entre los más destacados se encuentran: El Modelo REBA, el Modelo RULA, y el Modelo de Evaluación Ergonómico Multivariante (ver figura 1). La norma ISO11228-3 establece los parámetros que se utilizan como base en estos modelos de evaluación ergonómica, definiendo los siguientes tres umbrales de riesgo para el trabajador [4]:

- (a) Zona verde (riesgo aceptable).
- (b) Zona amarilla (riesgo condicionalmente aceptable).
- (c) Zona roja (no aceptable).

En la figura 1 se muestra de manera esquemática el modelo que se tomará como base para el desarrollo del sistema que se propone, los aspectos a considerar son los siguientes: Posición del cuerpo en estaciones de trabajo (Nivel de incidencia), Aspectos (partes del cuerpo), y Factores de corrección (Ponderación). El tiempo de ciclo se incluye en la parte inferior del modelo.

Posición del cuerpo en Estación de Trabajo					Aspectos	Factores De Corrección	
Nivel de incidencia						PONDERACION	EJEMPLOS
1	2	3	4	5			
					CABEZA	*Si se está utilizando algún dispositivo de apoyo a la visión, como: Microscopios, Lupas etc. +1 *Existe rotación de cuello poco frecuentes +1 *Existe rotación de cuello muy frecuentes +2	
					BRAZOS	a)-Si los hombros están levantados o rotados +1 b)-Si los brazos están abducidos +1	
					ANTEBRAZOS	a)-Si existe apoyo en algún punto del antebrazo -1 b)-Existen desplazamientos laterales de antebrazo superior a la proyección vertical del codo +1 c)-El antebrazo cruza la línea central del cuerpo +1	
					MUÑECA	*Si usa herramienta y existe movimiento de torsión con un esfuerzo menor a 15 lbf/in +1 *Si se utiliza herramienta y existe movimiento de torsión con un esfuerzo mayor a 15 lbf/in +2 *Si existe rotación de muñeca +1 *Si existe movimiento lateral de las manos +1	
					TRONCO	*Si soporta una carga menor de 10kg +1 *Si soporta una carga entre 10 y 20 Kg +2 *Si soporta una carga mayor a los 20Kg +3 *Rotación de cintura +1 *Movimiento lateral de cintura +1	
					PIERNAS	*al activando un pedal +1	
					DEDOS	* Si se utiliza herramientas como por ejemplo, pinzas, tijeras, etc. +1 *si acciona algún tipo de gatillo. +1	
					TIEMPO DE CICLO		
		Variación en producción 1	Variación en producción 2	Variación en producción 3			

Fig. 1. Modelo de Evaluación Ergonómica Multivariante[1]

En las posiciones del cuerpo, de acuerdo al modelo de la figura anterior, se puede observar que se evalúan diversas posturas dependiendo de la parte del cuerpo que está evaluando; por ejemplo, existen 4 posiciones para la cabeza, 5 para el brazo, 3 para el antebrazo y así sucesivamente; al final, el sistema generará una calificación de las posturas del operador en la estación de trabajo evaluada, y permitirá determinar el rango del nivel de incidencia [1].

2.2 Análisis y diseño orientado a objetos

Para el desarrollo de sistemas de información existen varias metodologías, entre las más importantes se tienen: Sistemas de Ciclo de Vida de Desarrollo, conocida como el Análisis y Diseño de Sistemas Estructurados; Análisis y Diseño Orientado a Objetos, entre otros [5].

La metodología utilizada en el presente trabajo es el Análisis y Diseño Orientado a Objetos (ADOO); esta metodología surgió varios años después de que aparecieron los lenguajes orientados a objetos en los años 1960 y 1970 con Simula y Smalltalk. La filosofía de ADOO es muy diferente a la del método de análisis de sistemas estructurados,

ya que en lugar de utilizar la descomposición funcional del sistema, se enfoca en la identificación de objetos y sus actividades.

El enfoque orientado a objetos utiliza un conjunto de diagramas o modelos para representar los distintos puntos de vista y la funcionalidad de un sistema; esto es conocido como Unified Modeling Language (Lenguaje Unificado de Construcción de Modelos, UML, por sus siglas en inglés). Este lenguaje documenta los componentes que integran un sistema orientado a objetos, organizándolos para explicar alguna problemática. El Proceso Unificado sigue un enfoque iterativo e incremental para el desarrollo de sistemas.

2.3 Diagrama 0 del Sistema de Reconocimiento de Patrones

La parte inicial del análisis y diseño del sistema muestra la evolución del sistema de reconocimiento desde el diagrama 0, hasta la generación de la arquitectura del sistema. El diagrama 0, representado en la figura 2, muestra el comportamiento de manera procesal en tres etapas importantes:

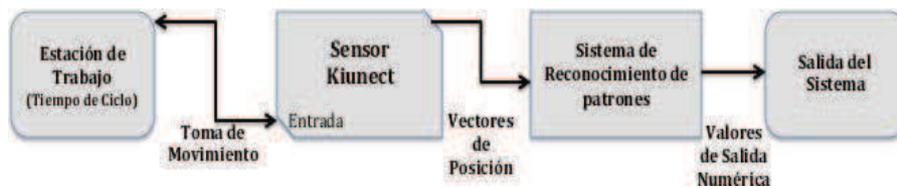


Fig. 2. Diagrama 0 del sistema de reconocimiento de patrones

La primer etapa llamada toma de movimiento, leerá a través del sensor kinect el movimiento del operador durante un tiempo de ciclo de operación, y envía la información al sistema de reconocimiento de patrones que se describe como vectores de posición o etapa 2, y posteriormente generar en la etapa 3, los valores de salida numérica.

En la figura 3, se muestra de manera general el diseño de la arquitectura del sistema propuesto, dividido en 2 componentes principales que son: El proceso de captura y el sistema de reconocimiento de patrones. El primer componente captura las posturas del operador en el sitio mediante el sensor de movimiento, utilizando el mapa de profundidad, el video y el skeleton Tracking [6], requeridos para realizar el análisis comparativo. El segundo componente esquematiza la arquitectura del sistema de reconocimiento propuesto, compuesto de 3 procesos principales: Transformación e interpretación de los datos, análisis y procesamiento de datos y generación de resultados.

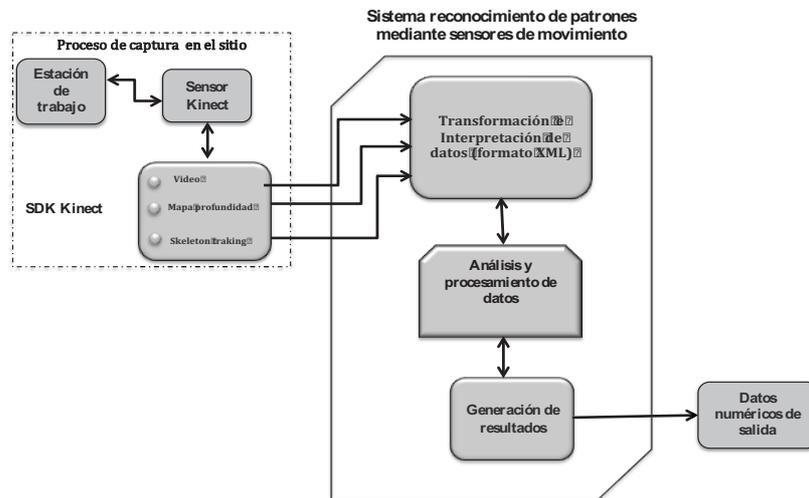


Fig. 3. Modelo propuesto de la arquitectura del sistema

El proceso de transformación e interpretación de los datos consiste en la obtención de las lecturas del dispositivo sensor de movimiento y los almacena en un archivo XML, que permitirá separar cada una de las posiciones de las partes del cuerpo por separado. El segundo proceso permitirá realizar una comparación de las posturas capturadas por el sistema, con las posturas del modelo de evaluación ergonómico multivariante, previamente almacenado en este componente. Finalmente, el tercer proceso generará los parámetros cuantitativos resultantes de la comparación del proceso dos, para obtener un vector de valores.

3 Conclusiones

Con el análisis realizado en el presente trabajo, se logró determinar la propuesta de una arquitectura general para el desarrollo de un sistema que cuenta con los módulos de transformación e interpretación de datos, análisis y procesamiento de datos y generación de resultados. Este sistema permitirá realizar la captura de la postura vectorial de un operario, en una estación de trabajo con ensamble manual, y realizar una comparación con el modelo multivariante seleccionado, para obtener un vector de valores de posición, lo que determinará el rango del nivel de incidencia de malas posturas en el operario.

4 Referencias

1. Vázquez L., Rodríguez E.: Coloquio de investigación multidisciplinaria, IT de Orizaba, pp 510-514. ISBN 978-607-00-1687-5, 2009.
2. Hignett S., McAtamney L.: Technical note rapid entire body assessment. *Applied Ergonomics*, vol. 31, pp. 201-205, 2000.
3. McAtamney L., Corlett E.N.: RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorder, *Ergonomics applied*, vol. 24-2, pp. 91-99, (1993)
4. International Standar ISO 11228-3, vol. 3, pp. 1-10, 2007.
5. Kenneth P.: Using object-oriented analysis and design over traditional structured analysis and design, *International Journal of Business Research*, vol. 8 (2), pp. 219 – 227, 2008.
6. Webb J. And Ashley J.: *Beginning kinect programming with the Microsoft kinect SDK*. Apress Ed., ISBN 978-1-4302-4101-8, 2012.

Implementación de un algoritmo inteligente en un PLC

Arturo Vázquez Gálvez, Oscar Mario Rodríguez-Elias, Guillermo Valencia, German Alonso Ruiz Domínguez

División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Hermosillo, Av. Tecnológico S/N, Hermosillo Sonora, México.
arturov47@yahoo.com.mx, {omrodriguez | gvalencia| gruiz}@ith.mx

Resumen: En este artículo se investiga la manera de implementar un algoritmo inteligente en un PLC de la marca Allen Bradley. El modelo de procesamiento que se seguirá en esta investigación será el de red neuronal. Con la investigación realizada hasta la fecha, se ha encontrado que se puede realizar la implementación de algoritmos inteligentes en un PLC con el fin de optimizar distintos procesos. Para lograr la programación, existen distintos lenguajes que nos ayudaran a lograrlo, entre los cuales se ha optado por seguir con el lenguaje *Visual Basic* para aprovechar las características del PLC a utilizar. Este artículo describe los avances logrados hasta el momento en la búsqueda del objetivo planteado.

Palabras clave: Algoritmo inteligente, PLC, red neuronal, lenguaje de programación.

1 Introducción

A través de su historia la humanidad ha tenido interés en construir una maquina que asemeje la manera de pensar del ser humano. Tomando en cuenta eventos recientes, este interés en construir maquinas inteligentes tuvo un auge durante la segunda guerra mundial [1].

Por su parte, los avances de la tecnología en automatización aplicada a la solución de problemas en la industria han estado evolucionando a grandes pasos desde la época de la revolución industrial. Indudablemente uno de los principales dispositivos que han causado mayor impacto en los procesos industriales es el controlador lógico programable, ó PLC por sus siglas en ingles. Desde sus inicios a comienzos de la década de los años 70's han ofrecido grandes ventajas en la optimización de procesos, que no había disponibles hasta ese momento. Estos logros fueron obtenidos mediante la capacidad que poseen los PLCs de lograr una programación automática de un proceso. Los PLCs además ofrecen grandes ventajas como una gran flexibilidad de adaptación a los distintos procesos a un costo relativamente bajo y han sido de gran ayuda en la optimización de grandes y diversos procesos en la industria.

Arturo Vázquez Gálvez, Oscar Mario Rodríguez-Elias, Guillermo Valencia, German Alonso Ruiz Domínguez, *Implementación de un algoritmo inteligente en un PLC*, en: Mario Barceló-Valenzuela, Alonso Perez-Soltero, Oscar Mario Rodríguez-Elias, María Trinidad Serna-Encinas (Eds.), Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora, pp. 271- 277, 2012.

La forma básica de programación de los PLCs a través de su historia, siempre ha sido mediante el seguimiento del diagrama escalera, este diagrama permite una representación gráfica de los elementos, lo cual la convierte en una lógica sencilla de comprender [2]. Siguiendo su representación gráfica, el lenguaje de programación del diagrama de escalera se asemeja al de un circuito de relevadores, permitiendo al técnico corregir errores sin necesidad de llamar a un experto [3]. Esta lógica, sencilla de comprender, fue diseñada de manera intencional de modo que su aceptación fuera mayor y así romper con el paradigma que existía en la época sobre el control de procesos. Sin embargo, aun cuando el PLC realiza una extraordinaria labor en la disminución de la carga laboral al ser humano, los procesos son cada vez más complejos y requieren ser realizados con mayor rapidez y eficacia, además de que se ven sometidos a cambios con mayor frecuencia [4].

Ante este tipo de problemas, se han implementado nuevas técnicas o lógicas de solución a los problemas como son la aplicación de algoritmos inteligentes, que en conjunto con el PLC, logran mejores soluciones. Dentro de esta nueva gama de sistemas inteligentes aplicados en la industria, uno de los más aplicados durante los últimos años, es el sistema de redes neuronales. Las redes neuronales artificiales son probablemente la tecnología aplicada de mayor éxito en las últimas dos décadas y ha sido aplicada en una gran variedad de campos en distintas industrias, como puede ser en las áreas de medicina, biología, económica, desarrollo de software, entre otras [5].

La conjunción del algoritmo inteligente en un PLC incluso llega a solucionar uno de los problemas que cada vez es más recurrente en la lógica del diagrama escalera en un PLC, esto es, que el procesador siempre correrá el programa sin realizar ningún cambio aun cuando en el proceso hayan surgido nuevas variables o cambiado algunas de las ya existentes.

El objetivo de esta investigación es el de analizar la manera de implementar un algoritmo inteligente, el cual estará basado en los conceptos de redes neuronales, en un controlador lógico programable. Para lo cual, en este caso en particular, se utilizará un PLC Compact Logix Allen Bradley (#1768L43). El resto de este documento se organiza de la siguiente manera: primeramente se aborda el marco teórico en el que se integra este trabajo, para posteriormente tratar los materiales y métodos a utilizar durante el estudio, para finalmente describir el progreso logrado hasta el momento y trabajo por hacer, seguido de las conclusiones.

2 Marco teórico

Existen distintos algoritmos que pueden cumplir con el propósito de apoyar a un PLC en la optimización de un proceso. Después de analizar las herramientas como los métodos estadísticos e inteligencia artificial, se puede concluir que todas ellas contribuyen entre sí para dar una solución óptima a un problema. Dentro de las herramientas analizadas, se han elegido las redes neuronales como el tipo de algoritmo a implementar, debido a las características que ofrecen en comparación con las otras.

Comúnmente el concepto “tradicional” de una red neuronal, es utilizado para explicar la forma en que el cerebro humano procesa la información que recibe a través de los sentidos con el fin de tomar una decisión pertinente [6]. Una red neuronal artificial también puede llegar a “aprender” a realizar una acción mediante el ajuste de variables [7].

Una red neuronal artificial esta compuesta de neuronas artificiales, los cuales pueden representarse como nodos y de igual manera son el principal elemento en una red neuronal artificial. En la figura 1, se muestra una representación gráfica de un modelo neuronal individual, donde se puede apreciar como en un modelo neuronal existen entradas (x_1, x_2, \dots, x_m) las cuales estimulan a las neuronas dependiendo del peso que estas carguen (w_i). Es aquí donde la neurona realiza su trabajo y genera una función “y” como salida [8].

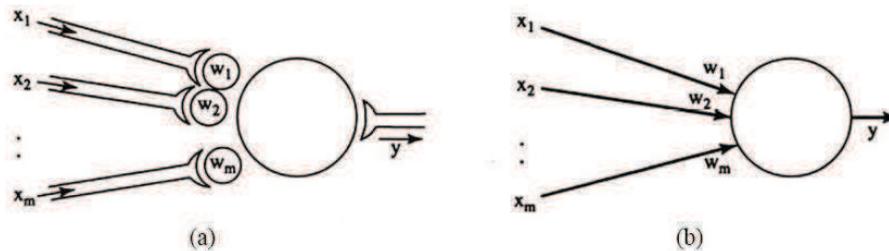


Figura. 1. a) Modelo neuronal que retiene su imagen natural. b) Representación abstracta de la misma neurona [8].

Existen diversas características favorables que nos ofrecen las redes neuronales en comparación con otras herramientas, como las siguientes: [9]

- La aplicación de los métodos neuronales es relativamente sencilla, así como su interpretación.
- A diferencia de los métodos estadísticos, una red neuronal no necesita conocer todos los datos que se verán involucrados en el sistema.
- El método de la red neuronal ofrece la opción de dividir su red en circuitos paralelos con el fin de obtener una respuesta en menor tiempo.
- Una red neuronal ajusta su resultado en medida que recibe los datos del sistema.

Para lograr la programación de una red neuronal en un PLC, se analizan las características del PLC que será utilizado en esta investigación (1768 L43compact logix de Allen Bradley) donde se confirma que el sistema operativo es compatible con la norma IEC 1131-3. Esta norma fue creada por la Comisión Electrónica Internacional (IEC, por sus siglas en inglés) para estandarizar las distintas lógicas con las que se programan los PLCs de distintas marcas y tener una mayor compatibilidad entre dispositivos, independientemente del fabricante [10]

3 Métodos y materiales

El PLC a utilizar, siguiendo la norma IEC 1131-3 permite la programación de su procesador mediante los lenguajes listados en la tabla 1, donde además se mencionan las principales características de cada lenguaje.

El PLC Compact Logix permite la creación de bloques de instrucciones adicionales dentro de una programación basada en la función de diagrama a bloques. La creación de estos módulos permite utilizar lenguajes de programación más “poderosos” como lo es *Visual Basic*. De esta manera, se dispone de una sintaxis que permite la elaboración de algoritmos más complejos, como lo son las redes neuronales.

Tabla 1. Lenguajes permitidos por el PLC Compact Logix Allen Bradley (#1768L43).

Lenguaje	Características
Diagrama escalera	<ul style="list-style-type: none">- Representación gráfica de los elementos.- Evalúa la red basándose en los elementos interconectados.- Elementos que maneja: contactos, bobinas, funciones, bloques funcionales.
Función de diagrama a bloques	<ul style="list-style-type: none">- Es un lenguaje gráfico que permite al usuario programar elementos en tal forma que ellos aparecen interconectados al igual que un circuito eléctrico- Se basa en representación de funciones por bloques enlazados uno a otro.- Resulta especialmente cómodo de utilizar, a técnicos habituados a trabajar con circuitos de puertas lógicas, ya que la simbología usada en ambos es equivalente.
Grafica de funciones secuenciales	<ul style="list-style-type: none">- Utilizado principalmente para describir funciones de control secuencial.- Basado en la norma “GRAFCET” (Grafica de Control de Etapas de Transición IEC848)- Propiedades de acción que permiten temporizar la acción, crear pulsos, memorizar.
Texto estructurado	<ul style="list-style-type: none">- Sintaxis similar a la de PASCAL.- Sucesión de enunciados para la asignación de variables, el control de funciones y bloques de función, usando operadores, repeticiones, ejecuciones condicionales.

Con motivo de ampliar la información relevante al tema y obtener datos sobre los beneficios que ofrece la implementación de los algoritmos, así también conocer las distintas áreas donde su aplicación ha sido efectiva, se llevó a cabo una investigación en

donde se analiza el estado actual de las aplicaciones de control en la industria, tomando como ejemplos publicaciones, libros y artículos académicos de proyectos que utilizan las características de un PLC para poder implementar algoritmos inteligentes, y de esta manera llegar a una solución en distintos campos de la industria.

Se siguieron una serie de criterios de búsqueda basados en los términos de búsqueda, contenido del título, resumen, etc. Como resultado se concluye que existen diversas maneras de implementar algoritmos inteligentes en un PLC y esto puede lograrse mediante los lenguajes de programación que acepta el PLC a utilizar. Además se confirma que los beneficios que se obtienen de la implementación de estos sistemas varían dependiendo de su aplicación, dentro de los cuales los más comunes son el ahorro de energía, mejora de tiempos, optimización de consumo de baterías, entre otros.

4 Resultados parciales

Con la investigación realizada hasta el momento se han logrado establecer los antecedentes, planteamiento del problema, preguntas de investigación, justificación y delimitación. Dentro de estos puntos cabe resaltar la definición del objetivo: “implementación de un algoritmo inteligente en un PLC Compact Logix, de la marca Allen Bradley (#1768L43)”

Analizando el manual de usuario del PLC se vieron sus características de programación, como las ventajas y desventajas que nos ofrece, de esta manera se logró identificar que la programación del PLC sigue la norma IEC 1131-3.

Para definir el tipo de algoritmo que será implementado, se analizaron diferentes herramientas donde, debido a las ventajas que ofrece, se decidió utilizar las redes neuronales como el algoritmo a implementar; el algoritmo será programado en lenguaje Visual Basic debido a características del PLC y sintaxis que posee.

Además de identificar los beneficios que se obtienen al implementar un algoritmo inteligente, el estudio del estado actual sobre la aplicación de algoritmos inteligentes en la industria, ayudó a confirmar que cada tipo de problema necesita una solución específica, en donde intervienen diferentes factores como el tipo de algoritmo, características del PLC, herramientas de apoyo, entre otros; y no se debe tomar un solo tipo de algoritmo para solucionar cualquier tipo de problema.

Aún existen actividades por realizar para lograr el objetivo y los puntos anteriores aun pueden ser actualizados a medida de que se obtengan datos relevantes durante la investigación.

5 Conclusiones y trabajo a futuro

Después de realizar la revisión de literatura se puede concluir que es posible la implementación de algoritmos inteligentes en un PLC con el fin de optimizar distintos procesos o solucionar diversos problemas como pueden ser sistemas hidráulicos, control

276 Arturo Vázquez Gálvez, Oscar Mario Rodríguez-Elias, Guillermo Valencia, German Alonso Ruiz Domínguez

de paneles solares o brazos robóticos, etc. Para lograr esto, existen diferentes maneras de lograrlo, entre las cuales el PLC a utilizar nos permite el diagrama de escalera, función de diagrama a bloques, grafica de funciones secuenciales y texto estructurado. Como herramienta adicional podemos contar con programas como MATLAB que nos pueden ayudar con simulaciones y cálculos.

Basado en la investigación realizada hasta la fecha, el plan de trabajo a seguir consiste en la implantación del problema a solucionar con el diseño del algoritmo inteligente basado en redes neuronales, este algoritmo estará programado en Visual Basic. De esta manera, el próximo paso será elegir el proceso al cual se le aplicara el algoritmo y comenzar con su diseño e implementación. Además se realizará el análisis de resultados obtenidos en la implementación del algoritmo en el PLC Compact Logix Allen Bradley (#1768L43) y se concluirá la redacción final de la investigación

Agradecimientos

Se agradece el apoyo otorgado por el sistema de becas que ofrece la DGEST así como a la División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Hermosillo. Este proyecto es parcialmente financiado por PROMEP (Oficio PROMEP/103.5/12/4633)

Referencias

1. Moravec, H. *Mind Children. The future of Robot and Human Intelligence*. Harvard University Press, 1988.
2. Peshek, C., & Mellish, M. *Recent Developments and Future Trends in PLC Programming Languages and Programming Tools for Real-Time Control* (pp. 219-230). Toronto, Canada, 1993.
3. Ghandakly, A. A., Shields, M. E., & Farhoud, A. M. *Enhancement of Existing PLC's with an Adaptive Control Technique*, 1634–1640, 1995.
4. Lewis, F., Campos, J., & Selmic, R. *Neuro-Fuzzy Control of Industrial Systems with Actuator Nonlinearities*. Philadelphia,: SIAM, 2002.
5. Suzuki, K., *Artificial Neural Networks Industrial and Control Engineering*. India: InTech. 2011.
6. Kasabov, N. K., *Foundations of Neural Networks, Fuzzy Systems, and Knowledge Engineering* (2nd ed.). Massachusetts: Bradford, 1998.
7. Jantzen, J, *Foundations of Fuzzy Control*. Chichester, UK: Jhon Wiley & Sons, Ltd doi: 10.1002/9780470061176, 2007.
8. Munakata, T., *Fundamentals of the New Artificial Intelligence Neural, Evolutionary, Fuzzy and More* (second.). Cleveland, OH: Springer. doi:10.1007/978-1-84628-839-5, 2008.

9. Bonifacio, M., & Sanz, A., *Redes Neuronales y Sistemas Borrosos* (3rd ed.). Madrid: Alfa Omega, 2007.
10. Mandado, E., Marcos, J., Fernández, C., & Armesto, J., *Autómatas Programables y Sistemas de Automatización* (2da ed.). Mexico, D.F.: Grupo Alfa omega, 2010.

Integración de un Algoritmo de Control Predictivo en un PLC de la marca Rockwell Automation utilizando un lenguaje de programación estándar, e.g IEC 61131-3

Adolfo Tapia Borgo, Guillermo Valencia-Palomo, Oscar Mario Rodríguez Elías, Rafael Armando Galaz Bustamante

División de estudios de posgrado e investigación, Instituto Tecnológico de Hermosillo Av. Tecnológico S/N, Hermosillo Sonora, México.

fofo_tapia@hotmail.com, gvalencia@ith.mx, omrodriguez@ith.mx, rafael_galaz_b@yahoo.com.mx

Resumen. El artículo que se presenta a continuación se va enfocar en la implementación de un método de control avanzado conocido como control predictivo dentro de un dispositivo electrónico muy concurrido en el sector industrial para facilitar la secuenciación, automatización y control de una maquina o proceso. El Controlador Lógico Programable o conocido por sus siglas en ingles PLC facilita todo proceso en el sector industrial, reduciendo costos de producción y optimizando procesos, para poder realizar esto se realiza la programación requerida de algoritmos para poder mantener el proceso estable con los algoritmos de control requeridos basándonos en el estándar de programación IEC 61131-3.

Palabras Claves: Control Predictivo, IEC 61131-3, Controlador Lógico Programable, PLC.

1 Introducción

El control implementado en procesos industriales es regularmente aplicado por medio de Controladores Lógicos Programables. Normalmente estos controladores ofrecen estructuras o funciones predeterminadas para el control de un proceso, ya sea un control Prendido-Apagado o un Controlador P, PI o PID. El problema es que la mayoría de los procesos industriales tienen un comportamiento dinámico, los controladores clásicos nomas regulan en ciertos puntos de operación, por lo tanto causa perdida de eficiencia en la productividad y disminución de la calidad de los productos en la manufactura. Dentro de las técnicas de control moderno que se han realizado para responder en aplicaciones las cuales los controladores clásicos no generan optimización esta el control predictivo. Este algoritmo se ha caracterizado por su gran capacidad de respuesta, sin embargo su

Adolfo Tapia Borgo, Guillermo Valencia-Palomo, Oscar Mario Rodríguez Elías, Rafael Armando Galaz Bustamante, *Integración de un Algoritmo de Control Predictivo en un PLC de la marca Rockwell Automation utilizando un lenguaje de programación estándar, e.g IEC 61131-3*, en: Mario Barceló-Valenzuela, Alonso Perez-Soltero, Oscar Mario Rodríguez-Elias, Maria Trinidad Serna-Encinas (Eds.), Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora, pp. 278- 283, 2012.

expansión en la industria ha sido lenta. La idea fundamental de la presente investigación es poder realizar la implementación e integración de un algoritmo de control predictivo en un PLC Compact Logix Allen Bradley (#1768 L43) y ver el comportamiento que tiene el sistema en base a lo realizado.

2 Antecedentes y Marco Teórico

A continuación se muestra un poco del trabajo que se ha realizado respecto al control predictivo y como ha ido creciendo el mismo algoritmo, esto con la finalidad de conocer un poco respecto al funcionamiento del algoritmo para poder generar la propuesta de solución.

2.1 Antecedentes

Una de las estrategias de control que se ha estudiado para que no salgan estos tipos de fallas es el Control Predictivo. Este algoritmo se ha considerado exitosa en diferentes aplicaciones enfocadas en sistemas de control industrial [1]. Las primeras aplicaciones fueron en los años sesenta cuando el ingeniero Jacques Richalet propuso el algoritmo llamado Control Heurístico Predictivo de Modelo (Model Predictive Heuristic Control – MPHIC), el cual pretendía resolver problemas en donde el controlador PID no había respondido de manera adecuada [2].

En la misma década, ingenieros de la empresa Shell Oil aplicaron un algoritmo de control multivariable sin restricciones que llamaron Control Matricial Dinámico (Dynamic Matrix Control – DMC) el objetivo era conducir la salida de la planta tan cerca de la referencia como fuera posible, con un termino de penalidad sobre los cambios de las variables manipuladas. En los ochenta la misma empresa presento una mejora en los algoritmos previos, permitiendo que los usuarios pudieran definir de forma explicita las restricciones de las señales de entrada y salida. El algoritmo QDMC (Quadratic Dynamic Matrix Control), permitía una mayor rentabilidad a través de la optimización en línea, ofreciendo igualmente una transición suave entre los diferentes puntos de operación cercanos a las restricciones de las variables.

La ultima generación de controladores fundamentada básicamente en los productos DMC-plus (Dynamic Matrix Control Package – DMC+) y RMCPT (Robust Model Predictive Control Technology), se caracteriza por utilizar interfaces graficas de usuario; disponer de niveles de optimización múltiples para priorizar los objetivos del controlador, incluir funciones objetivo económicas; considerar directamente la incertidumbre del modelo; y disponer de tecnología de identificación mejorada; entre otras ventajas [3]. Los algoritmos del CPM difieren entre si principalmente en el modelo utilizado para representar el proceso que se desea controlar y en la función objetivo que va a ser minimizada [3].

2.2 Control Predictivo Basado en el Modelo

Las ventajas de estos algoritmos se obtienen al considerar el modelo del proceso y las restricciones de las variables en su formulación, lo cual permite que el controlador trabaje con una replica aproximada de la dinámica del sistema real, obteniéndose de esta forma un mejor desempeño del control de las variables [4].

En cuanto a las desventajas de este algoritmo, el tiempo requerido para su ejecución por parte del equipo de procesamiento puede limitar su aplicación sobre sistemas de dinámicas rápidas, ya que eventualmente no se puede obtener una señal de control óptima con la velocidad que requiere el sistema. También en muchos casos puede ser difícil obtener el modelo teórico o experimental de la planta, lo cual es lo primordial para el planteamiento del problema de optimización [5].

Entrando más en forma al proceso de control se toma en cuenta el sistema esquematizado en la Fig. 1, donde la finalidad del controlador es mantener la variable de salida (y) lo mas cerca posible de la señal de referencia (r), ajustando la variable manipulada (u). El bloque CPM representa el Controlador Predictivo basado en Modelo usado.

Además de la variable manipulada, pueden existir señales de perturbación medibles (v), y señales de perturbación no medibles (d), estas son todo fenómeno inesperado que altera el comportamiento de la variable de salida.

La señal de ruido (z), esta asociada a ruidos eléctricos, errores de muestreo y fenómenos que pueden afectar la precisión y exactitud de las mediciones [6].

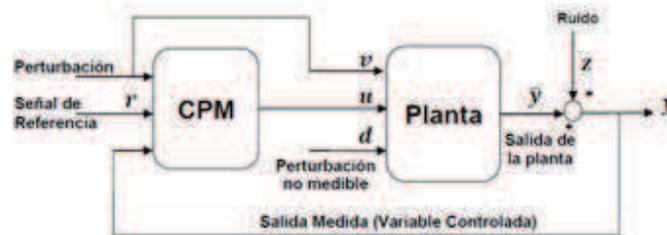


Fig. 1. Diagrama de Bloques de un CPM

En la Fig. 1. Se observa el diagrama de bloques donde el controlador recibe directamente las perturbaciones medibles por lo cual puede compensarlas inmediatamente antes de que lleguen a la variable de salida (y).

El CPM genera un control en tiempo discreto el cual actúa sobre un intervalo de tiempo denominado Intervalo de Control.

En la Fig. 2, el valor entero k representa un instante de tiempo presente, y se considera que los valores de la ultima señal de salida medida (y^k) y las medidas previas (y^{k-1} , y^{k-2} , ...) son conocidas.

En la misma Fig. 2 se muestra el comportamiento previo de la señal de control. Para el cálculo del próximo movimiento, el CPM opera de dos maneras: estimación y optimización. Al momento de estimación el controlador utiliza todos los cambios previos, los valores actuales de las variables conocidas y el modelo de la planta para predecir el desempeño de la variable de la salida, mientras que en la optimización, los valores de la señal de referencia las perturbaciones medibles y las restricciones, se especifican para un Horizonte de Predicción, y con estos datos el controlador calcula varios movimientos futuros de la variable manipulada sobre un Horizonte de Control, los cuales corresponden a la solución de un problema de optimización con restricciones.

El controlador aplica la señal de control restringida (U_k) a la planta, la cual opera con esta entrada hasta el próximo Intervalo de Control, donde el controlador toma nuevas mediciones para repetir los procesos de estimación y optimización.

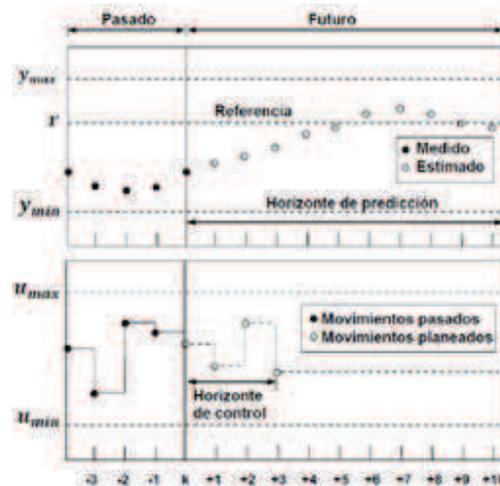


Fig. 2. Funcionamiento de un CPM

3 Propuesta de Solución.

3.1 Controlador Lógico Programable

Los PLC son los computadores más concurrentes en el ámbito industrial esto es debido a la facilidad de trabajo. Es una herramienta en el área de automatización y control la cual cuenta con un conjunto de propiedades las cuales son una ventaja para poder realizar la integración del algoritmo de Control Predictivo.

Dentro de las ventajas principales que se tiene en un PLC están las siguientes [7]:

- Menor tiempo en estructuración de proyectos.
- Mínimo el espacio físico que ocupa.
- Diferentes Lenguajes de Programación

Dentro del conjunto de ventajas un punto de vista muy importante que se debe de tomar es la creación de diferentes subrutinas dentro de la estructuración del programa en el PLC. En el caso de este trabajo nos va a servir para poder implementar el código del algoritmo de control predictivo y adecuarlo al PLC para que trabaje de manera adecuada. Otro punto que hay que tomar en cuenta de los PLC es el uso para implementar secuencias de control en lazo abierto a la vez como diferentes estructuras de controladores PID.

En el caso de nuestro trabajo se utiliza un PLC Rockwell Automation modelo 1768 L43 el cual cuenta con 2 Mbs de Memoria y cuenta con la facilidad de programar con 4 de los lenguajes que están de acuerdo al estándar de programación IEC 61131-3 usando el software de programación Control Logix 5000. Cada lenguaje de programación se puede utilizar para la programación de un mismo proyecto. A continuación se describen los 4 lenguajes de programación más utilizados [7]:

5. El Diagrama Escalera es un lenguaje grafico que se basa en símbolos que representan relevadores lógicos. Los elementos básicos son contactores y bobinas las cuales se van enlazando. Este tipo de programación es muy visual y fácil de entender, programar y diagnosticar.
6. El Diagrama a Bloques este es un lenguaje grafico también el cual se representa por medio de diagramas eléctricos. Los elementos que se utilizan son bloques enlazados en forma de circuitos. Estos mandan información en binario y otros tipos de datos entre los mismos elementos.
7. El Texto Estructurado es un lenguaje programación de alto nivel, similar al de C. Este es utilizado para realizar cálculos complejos de aritmética, permite la creación de expresiones booleanas y aritméticas al igual que poder construir una estructura de programación por medio de condiciones. Funciones y bloques de funciones se pueden utilizar en este tipo de lenguaje de programación.
8. Diagrama de Funciones Secuenciales es un lenguaje de programación grafico, el cual se puede usar para dividir por pasos o secuencia. Donde los componentes principales son los pasos asociados con acciones, las transiciones asociadas con condiciones lógicas y los enlaces que conectan los pasos con las transiciones.

3.2 Dificultades a tomar en cuenta en un PLC

Para poder integrar el algoritmo de control se tiene que analizar ciertos aspectos del PLC. Estos controladores ocupan la integración de diferentes operaciones aritméticas y operaciones matriciales las cuales por las propiedades del PLC son fáciles de poder implementar utilizando el lenguaje de programación estructurado, pero como el objetivo es facilitar la comprensión del algoritmo se recomienda programar en lenguajes gráficos.

Con la finalidad de que el personal pueda realizar correcciones necesarias del controlador en tiempo real. Otra restricción es checar si se cuenta con la cantidad de memoria libre adecuada para poder integrar el código de programación ya que no todos los PLCs cuentan con la misma cantidad de almacenaje.

4 Conclusiones

Se llega a concluir que los Controladores Predictivos basados en Modelos son una alternativa viable en los lazos de bajo nivel, especialmente donde los controladores PID no son adecuados. También se puede implementar algoritmos más complejos en los PLCs siempre y cuando estén dentro de las limitaciones de memoria y de procesamiento del PLC.

5 Bibliografía

1. Fernández, E. & Bordons, C.: Control Predictivo: Pasado, Presente y Futuro, Revista Iberoamericana de Automática e Información Industrial, 1(3), 5-28, 2004^a.
2. Fernández, E. & Bordons, C.: Model Predictive Control, 2^a Edición, 3-20, Springer-Verlag, London, United Kingdom, 2004b.
3. Maciejowski, J.: Predictive Control with Constraints, 145-165, Prentice Hall, London, United Kingdom, 2002.
4. Jalili, M. & Araabi, B.: Neural Network based Predictive Control of a Heat Exchanger Nonlinear Process, Journal Of Electrical & Electronics Engineering, 4(2), 1219-1226, 2004.
5. Hirano, K., Yongsu, U. & Kano, Y.: A simulation of MPC application for linear motor position control", International Journal of Applied Electromagnetics & Mechanics, 1(13), 181-185, 2001.
6. Bemporad, A. Morari, M. & Lawrence, N.: Model Predictive Control Toolbox, version 2, 26-44, MathWorks, Massachusetts, United States, 2008.
7. Bryan L.A.: Programmable Controllers - Theory and Implementation (p. 1047), 1997.

Propuesta para la sintonización de algoritmos de control predictivo utilizando algoritmos genéticos multi-objetivo

Rosalía del Carmen Gutiérrez-Urquidez, Guillermo Valencia-Palomo,
Oscar Mario Rodríguez-Eliás

Div. de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Hermosillo,
Ave. Tecnológico S/N, Col. El Sahuaro, c.p. 83170, Hermosillo, Sonora, México.
ro_gutierrez@ith.mx, gvalencia@ith.mx, omrodriguez@ith.mx

Resumen. El Control Predictivo (MPC) ha tenido gran aceptación tanto en la industria como en el sector académico debido a su formulación en el dominio del tiempo, su capacidad de manejar restricciones y la flexibilidad de incorporar modelos multivariados. En la última década se han propuesto diversas alternativas con el fin de hacer más eficiente el cómputo de la ley de control evitando afectar el desempeño del controlador y su región de estabilidad. Sin embargo, a pesar de que se han logrado grandes avances, no ha sido posible sintonizar de manera sistemática los controladores propuestos. El objetivo de este trabajo es utilizar algoritmos genéticos multi-objetivo (MOGA), para lograr tener una gama de opciones de parámetros que nos permitan elegir de forma sistemática los parámetros del controlador. Con los MOGA se pretende resolver este segundo problema de optimización multi-objetivo que consiste en minimizar los grados de libertad, minimizar el índice de desempeño y maximizar la región de factibilidad del controlador, sin sacrificar el desempeño en lazo cerrado.

Palabras clave: Control Predictivo, algoritmos genéticos multi-objetivo, optimización multi-objetivo, sintonización de controladores.

1. Introducción

El Control Predictivo basado en Modelo (MPC) ha tenido una evolución peculiar: se originó en la industria y posteriormente fue tomada por el sector académico. MPC surge en la industria al presentarse la necesidad de operar sistemas en los límites que rebasan las capacidades de los controladores Proporcional-Integral-Derivativo (PID) tradicionales. Tuvo gran éxito rápidamente debido a su capacidad de tratar con una gran diversidad de sistemas y la facilidad de incluir restricciones, así como la garantía de estabilidad y su adaptación a los cambios en los parámetros en sistemas variantes en el tiempo [1]. El término Control Predictivo es un conjunto de técnicas y algoritmos, para el diseño de controladores que tienen en común los siguientes elementos: el modelo del proceso, el índice de rendimiento (función costo), el algoritmo de optimización y una estrategia de control de "Horizonte deslizante" [2]. El presente artículo está organizado de la siguiente forma: en la Sección 2 se presentan las bases del control predictivo; en la Sección 3 se

plantea la problemática que se pretende abordar; finalmente, la Sección 4 presenta la solución que se adoptará.

2. Control Predictivo Basado en Modelo (MPC)

La estrategia del MPC se muestra en la Figura 1. En cada instante de muestreo k , se resuelve un problema de control óptimo de horizonte finito, sobre un horizonte de predicción n_y , utilizando como estado inicial el estado actual \mathbf{x}_k del proceso y la diferencia entre la variable medida, \mathbf{y}_{k-1} respecto al valor del punto de ajuste, \mathbf{r}_{k-1} , de donde se obtienen las futuras entradas al sistema. El primer elemento de la acción de control, \mathbf{u}_k , se aplica mientras el resto de la secuencia se descarta. En el siguiente intervalo de tiempo, el horizonte se desplaza una muestra y la optimización se reinicia con la información actualizada [3,4].

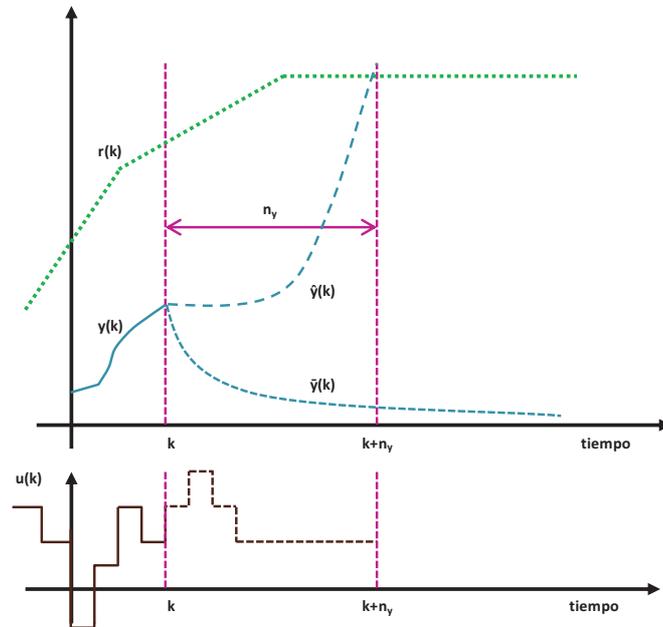


Figura 1. Estrategia del MPC.

Para poder predecir las salidas del proceso, se considera un sistema lineal determinístico, invariable en el tiempo y representado en espacio de estados de la forma:

$$\begin{aligned} \mathbf{x}_{k+1} &= \mathbf{A} \mathbf{x}_k + \mathbf{B} \mathbf{u}_k; \\ \mathbf{y}_k &= \mathbf{C} \mathbf{x}_k + \mathbf{D} \mathbf{u}_k. \end{aligned} \quad (1)$$

Los procesos reales tienen restricciones que representan límites físicos o condiciones de operación. En este caso se consideran restricciones en la señal de salida, en la señal de entrada y en los cambios de la señal de entrada:

$$\mathbf{u}_{min} \leq \mathbf{u}_k \leq \mathbf{u}_{max} \quad \forall k;$$

$$\begin{aligned} \Delta \mathbf{u}_{min} &\leq \mathbf{u}_k - \mathbf{u}_{k-1} \leq \Delta \mathbf{u}_{max} \quad \forall k; \\ \mathbf{y}_{min} &\leq \mathbf{y}_k \leq \mathbf{y}_{max} \quad \forall k. \end{aligned} \quad (2)$$

El rechazo a perturbaciones y el seguimiento libre de errores se logrará mediante el control por retroalimentación de estados en estado estable [5,6].

$$\mathbf{u}_k - \mathbf{u}_{ss} = -\mathbf{K}(\mathbf{x}_k - \mathbf{x}_{ss}). \quad (3)$$

La forma más simple del modelo de perturbación es agregar en la salida la diferencia entre la salida actual medida y la salida prevista en el intervalo de muestreo anterior [7], donde la perturbación estimada será:

$$\hat{\mathbf{d}} = \mathbf{y}_k - \mathbf{w}_k. \quad (4)$$

Algunos conceptos de la teoría de control óptimo se han incluido en MPC [8,9]. La Ley de Control para las predicciones, en un intervalo de muestreo k , se tiene:

$$\mathbf{u}_{k+i} - \mathbf{u}_{ss} = \begin{cases} -\mathbf{K}(\mathbf{x}_{k+i} - \mathbf{x}_{ss}) + \mathbf{c}_{k+i} & i \in \{0, \dots, n_c - 1\} \\ -\mathbf{K}(\mathbf{x}_{k+i} - \mathbf{x}_{ss}) & i \in \{n_c, n_c + 1, \dots\}. \end{cases} \quad (5)$$

donde las perturbaciones \mathbf{c}_k son los grados de libertad. La función de costo, en el caso de regulación, quedaría definida como:

$$J = \sum_{i=0}^{\infty} (\mathbf{x}_{k+i+1} - \mathbf{x}_{ss})^T \mathbf{Q} (\mathbf{x}_{k+i+1} - \mathbf{x}_{ss}) + (\mathbf{u}_{k+i} - \mathbf{u}_{ss})^T \mathbf{R} (\mathbf{u}_{k+i} - \mathbf{u}_{ss}). \quad (6)$$

Para el control predictivo óptimo basado en modelo (OMPC), el problema de optimización se reduce a [9]:

$$\begin{aligned} \mathbf{c}_{\rightarrow k}^* &= \arg \min_{\mathbf{c}_{\rightarrow k}} \mathbf{c}_{\rightarrow k}^T \mathbf{W} \mathbf{c}_{\rightarrow k}; \\ \text{s. t. } \mathbf{M} \mathbf{x}_k + \mathbf{N} \mathbf{c}_{\rightarrow k} &\leq \text{col}(1). \end{aligned} \quad (7)$$

Donde se utiliza el primer elemento $\mathbf{c}_{\rightarrow k}^*$ en la ley de control de (5). En ausencia de restricciones, el óptimo $\mathbf{c}_{\rightarrow k}^* = 0$. Y en el caso de que las predicciones sin restricciones pudieran violar los límites definidos, se emplea un \mathbf{c}_k diferente de cero que asegure el cumplimiento de las restricciones.

3. Problemática actual

Uno de los aspectos importantes en el diseño de un controlador, es su sintonización, en donde sus parámetros se van ajustando de forma tal que se obtenga una respuesta temporal aceptable. En MPC se han propuesto diversos trabajos en los que se procura hacer más eficiente la sintonización del controlador tomando en cuenta los efectos en los cambios de sus principales parámetros de sintonización: La ley de control, la función costo y la definición de los grados de libertad. Algunas de estas propuestas incluyen la reparametrización de los grados de libertad del problema de optimización utilizando funciones ortogonales e.g. Laguerre, Kautz [10,11,12]; o bien, utilizando información direccional del problema de control [12,13].

Sin embargo, a pesar de que se han logrado grandes avances, no ha sido posible sintonizar de manera sistemática los controladores propuestos. En términos generales se requiere:

- a) Minimizar los grados de libertad, n_c , con el fin de reducir la carga computacional.
- b) Minimizar el índice de desempeño, J , para mejorar el desempeño del controlador.
- c) Maximizar la región factible del problema de optimización, que representa la región de estabilidad del controlador.

Estos criterios se encuentran en conflicto puesto que para aumentar la región de factibilidad y mejorar el desempeño del controlador, se requiere aumentar los grados de libertad del problema de optimización. Mientras que, para reducir la carga computacional, se requiere mantener en el mínimo de grados de libertad.

4. Propuesta de solución

El objetivo de este trabajo es utilizar algoritmos genéticos multi-objetivo (MOGA), para lograr la sintonización del algoritmo de control predictivo. Los algoritmos genéticos son métodos sistemáticos para resolver problemas de búsqueda y optimización en los que se aplican los mismos métodos de la evolución biológica de la selección basada en la población, reproducción y mutación. Estos algoritmos transforman un conjunto de objetos matemáticos individuales usando operaciones modeladas de acuerdo al principio Darwiniano de reproducción y supervivencia del más apto [14].

La forma más simple de un problema de optimización es considerar la existencia de un solo criterio u objetivo en la búsqueda de una solución. Sin embargo, cuando existen varios objetivos por optimizar, no existe una solución única, sino más bien un conjunto de soluciones comprometidas entre sí. La técnica de los MOGA fue propuesta por [15]. Se consideran métodos adaptativos que pueden usarse para resolver problemas de búsqueda y optimización, donde se requiere satisfacer dos o más funciones objetivo que posiblemente estén en conflicto entre sí.

Desde que surgieron los MOGA han sido utilizados con éxito para resolver problemas de optimización complejos, ya que permiten obtener buenos resultados satisfaciendo criterios muy distintos que podrían estar en conflicto entre sí. En este caso, se tomarán algoritmos de control predictivo [12,10,13] y se plantearán los problemas de optimización multiobjetivo y se resolverán utilizando MOGA, con el fin de elegir los parámetros adecuados que minimicen la carga computacional del algoritmo sin afectar el índice de desempeño ni la región de factibilidad del controlador.

5. Conclusiones

En este artículo se presentó una propuesta de investigación que se enfoca a la determinación de una estrategia sistemática para la sintonización de algoritmos eficientes de control predictivo. Los algoritmos de control predictivo que se eligen de partida son los

más nuevos que se encuentran reportados en la literatura especializada y poseen características importantes como: garantía de estabilidad y alta eficiencia computacional. Se utilizarán los algoritmos genéticos multiobjetivos como herramienta en el proceso de sintonización debido a su capacidad de resolver criterios que se encuentran en conflicto.

8. Referencias

1. Kwon, W.S., Han, S.: Receding horizon control: model predictive control for state models, Springer Verlag, 2005.
2. Rossiter, J.A., Kouvaritakis, B., Price, M.J.: A numerically robust state-space approach to stable-predictive control strategies, *Automatica*, 34:1, 65-73, 1998.
3. Maciejowski, J.M.: Predictive control with constraints. London, England: Prentice Hall, Pearson Education, 2006.
4. Muske, K.R., Rawlings, J.B.: Model predictive control with linear models, *American Institute of Chemical Engineers Journal (AIChE)*, 39:2, 262-287, 1993.
5. Rossiter, J.A.: A global approach to feasibility in linear MPC, *Proceedings of the International Control Conference*. Glasgow, Scotland, 2006.
6. Cutler, C.R., Ramarker, B.C.: Dynamic Matrix Control - A computed algorithm, *Proceedings of the 86th National Meeting of the American Institute of Chemical Engineers (AIChE)*. Houston, USA (1979).
7. Kothare, M.V., Balakrishnan, V., Morari, M.: Robust constrained model predictive control using linear matrix inequalities, *Automatica*, 32:10 1361-1379 (1996).
8. Scokaert, P.O., Rawlings, J.B.: Constrained linear quadratic regulation, *IEEE Transactions on Automatic Control*, 43:8, 1163-1168 (1998).
9. Rossiter, J.A., Valencia-Palomo, G.: Novel programmable logic controller implementation of a predictive controller based on Laguerre functions and multiparametric solutions, *IET Control Theory and Applications*, 6:8, 1003-1014 (2012).
10. Khan, B., Valencia-Palomo, G., Rossiter, J.A.: Exploiting Kautz functions to improve feasibility in MPC, *IFAC World Congress*, Milán, Italia (2011).
11. Rossiter, J.A., Wang, L., Valencia-Palomo, G.: Efficient algorithms for trading off feasibility and performance, *International Journal of Control*, 83:4, 789-797, (2010).
12. Valencia-Palomo, G., Rossiter, J.A., Jones, C.N., Gondhalekar, R., Khan, B.: Alternative parameterizations for predictive control: why and how?, *American Control Conference*. San Francisco, USA (2011).
13. Jones, C.N., Valencia-Palomo, G., Rossiter, J.A.: Nuclear optimization for maximum volume projections, *Internal report*. Automatic Control Laboratory ETH Zurich (2011).
14. Sanz-Hernanz, D., Valle-Millán, D.: Algoritmos Genéticos e Inteligencia Artificial. España: E.T.S. Ingeniería Informática, Universidad de Valladolid (2005).
15. Fonseca, C.M., Fleming, P., Genetic Algorithms for Multiobjective Optimization: Formulation, Discussion and Generalization, *Proceedings of the Fifth International*

Propuesta para la sintonización de algoritmos de control predictivo utilizando algoritmos genéticos multi-objetivo 289

Conference on Genetic Algorithms, University of Illinois at Urbana-Champaign, Morgan Kauffman Publishers, San Mateo, California, pp. 416-423 (1993).

Diseño de un Sistema de Control Programable

Nabor Romero Villa¹, German Alonso Ruiz Dominguez¹,
Rogelio Acedo Ruiz², Jorge David Gutiérrez Cota³

¹División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Hermosillo

²Departamento de Ingeniería Mecánica, Instituto Tecnológico de Hermosillo

³Departamento de Sistemas Computacionales e informática, Instituto Tecnológico de Hermosillo.
nromero87@gmail.com, gruiz@ith.mx, rogelioacedo@hotmail.com,
sistemas@ith.mx

Resumen. Se presenta el desarrollo de un sistema de control programable para un centro de maquinado vertical de control numérico por computadora, con la plataforma NI LabView®. Se describe los tres tipos de subsistemas, electrónico, mecánico y software, los cuales integran al control así como los componentes adicionales para su complemento. De igual manera se explica la metodología del proyecto y como construir un sistema de control de movimiento con componentes de National Instruments© y NI LabView®.

Palabras Clave: Fresadora CNC, Sistema de Control Programable, NI LabView®, Instrumentación Virtual.

1. Introducción

Hoy en día en la industria, el desarrollo de máquinas de control numérico por computadora (CNC) es más común y necesario, así como la transformación de máquinas de control numérico (CN) convencional a una máquina de control numérico por computadora. Este proyecto trata sobre el diseño de un sistema de control programable para una fresadora CNC, la cual tiene su sistema de control sin funcionar y en estado obsoleto.

Actualmente se está desarrollando el control programable utilizando la programación Gráfica de NI LabView®, y componentes de National Instruments©, así como motores a pasos, drivers, cables, entre otros. Todos estos elementos son necesarios para poder realizar la interfaz, y tener el control de los movimientos de los motores a pasos. Cabe mencionar que una de las finalidades de este proyecto es desarrollar el control de manera semejante al que tenía la fresadora CNC, esto meramente con fines principalmente didácticos.

Nabor Romero Villa, German Alonso Ruiz Dominguez, Rogelio Acedo Ruiz, Jorge David Gutiérrez Cota, *Diseño de un Sistema de Control Programable*, en: Mario Barceló-Valenzuela, Alonso Perez-Soltero, Oscar Mario Rodríguez-Elias, María Trinidad Serna-Encinas (Eds.), *Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora*, pp. 290- 298, 2012.

2. Marco Teórico

La automatización de procesos en la industria es muy importante hoy en día, las empresas lo hacen para mejorar tiempos, calidad, y tener un menor costo de mano de obra. Las máquinas de control numérico (CN) son las primeras que surgieron para la realización de procesos automáticos, por otra parte estos son productos mecatrónicos típicos, que comprenden de herramientas que tienen un sistema mecánico y un sistema de control número que es un componente eléctrico. Antes de que surgiera el control numérico estaba la máquina-herramienta, llamada también máquina madre, en el sentido de que es una máquina que hace máquinas. En particular las máquinas herramientas han tenido un gran avance desde las máquinas-herramienta manuales, hasta las máquinas-herramientas de control numérico. Estas han adoptado el papel principal ya que tienen una gran mejora en la parte de la precisión y la velocidad de maquinado [1].

Por otra parte el control numérico es una forma de automatización programable, en el que las acciones mecánicas de una máquina herramienta o de un equipo están controladas por una programación de datos contenidos en código alfanumérico [2].

Existen diversos tipos de máquinas de control numérico, estas se clasifican en máquinas de corte y máquinas de no corte, las máquinas de corte son aquellas en la que se realiza el proceso de remover una parte de la pieza para realizar una pieza determinada, las fresadoras y los tornos son buenos ejemplos de este tipo de máquinas [1].

Después del control numérico convencional surgió el Control numérico por computadora con sus siglas CNC. En una fresadora CNC (como es el caso de este proyecto) una computadora controla el movimiento de la mesa, el carro y el husillo, realizando así movimientos que pueden ser: círculos, diagonales y otras figuras complejas [3].

El objetivo del proyecto principal del proyecto es realizar el sistema de control de la fresadora CNC, el cual consiste en un sistema en el que la salida se controla para tener un valor específico o cambiarlo, según lo determina la entrada a un sistema de lazo cerrado, en donde existe un lazo de retroalimentación, que es el medio a través del cual una señal se relaciona con la variable real obtenida, y se realimenta para compararse con la señal de referencia [4].

Para realizar el sistema de control se optó por construirlo con productos de National Instruments© así como con la plataforma de programación *NI LabView®* de la misma compañía, esta empresa que se encarga del diseño e implementación del desarrollo gráfico de sistemas, aplicada en áreas como: automatización, aplicaciones de medición, control de sistemas, sistemas embebidos, etc., por otra parte *NI LabView®*, es un entorno de programación gráfica de la empresa de *National Instruments©* en el cual se pueden realizar: mediciones sofisticadas, pruebas y sistemas de control, usando íconos gráficos y cables que asemejan un diagrama de flujo [5].

292 Nabor Romero Villa, German Alonso Ruiz Domínguez, Rogelio Acedo Ruiz, Jorge David Gutiérrez Cota

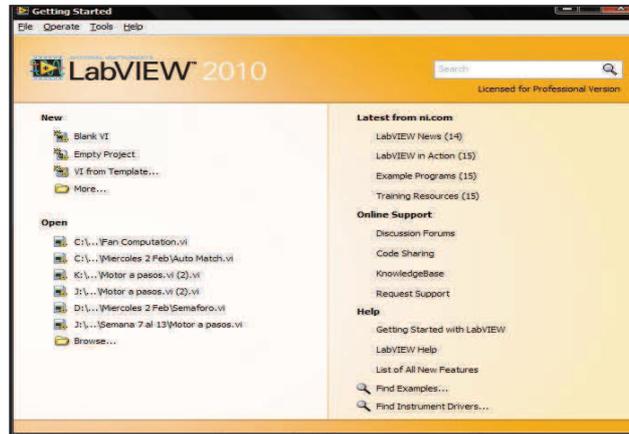


Figura 1. Pantalla de Inicio de NI LabView®.

Además de la Plataforma de la plataforma de programación NI LabView® se utilizarán otros complementos o módulos para la programación como es el caso del software controlador NI-Motion® de National Instruments®, que es un conjunto de comandos de software de alto nivel para comunicar con controladores de movimiento. Y también el módulo LabView® NI SoftMotion® que es un módulo de NI LabView® que nos permite realizar aplicaciones personalizadas de movimientos, así como la creación de prototipos virtuales para Software de diseño como Solidworks® [5].

Para lograr al cabo el objetivo se debe de tomar en cuenta que se necesitan algunos dispositivos como el controlador de movimiento PCI-7334 de National Instruments®, se utiliza para el manejo de motores a pasos de controladores de movimiento de alto rendimiento, el cual nos permite realizar interpolaciones lineales de múltiples ejes.



Figura 2. Tarjeta de Control de movimiento PCI-7334 de *National Instruments*©.

Así mismo se requiere de una interfaz para lograr la comunicación del controlador y la computadora a los drivers y motores a pasos, para esto se adquirió la interfaz UMI-7774 de *National Instruments*©, que es una interfaz de control de movimiento la cual se conecta a la tarjeta NI-7334, a los drives y a los amplificadores de terceros. Este componente permite realizar conexiones como D-sub para cada eje, conectar entradas y salidas adicionales de uso general y un mejor aislamiento de señales [5].



Figura 3. NI-UMI 7774 de *National Instruments*©.

Los motores a pasos de la máquina fueron cambiados por estos motores que observan en la figura 4, el motor a pasos es un actuador electromecánico, que convierte sus pulsos de entrada digitales, a movimiento mecánico rotatorio, la propiedad esencial del motor de pasos es su capacidad para traducir los cambios de excitación conmutadas en incrementos definidos con precisión de la posición del rotor ("pasos") [6].



Figura 4. Motores a pasos de 2 fases, con sus respectivos controladores (drivers) y sus fuentes de voltaje.

3. Descripción del problema

Actualmente se tiene un centro de maquinado vertical CNC (fresadora CNC) sin funcionar en la celda CIM (Manufactura Integrada por Computadora) del laboratorio de Ing. Industrial, en el Instituto Tecnológico de Hermosillo.

Esta fresadora se encuentra en estado obsoleto, ya que actualmente los proveedores no ofrecen ni servicio, ni reparaciones para este modelo de fresadora CNC por estar discontinuado. Por lo tanto, se tendrá que diseñar un nuevo control para su adecuado funcionamiento, ya que la parte mecánica de la fresadora funciona correctamente.

4. Desarrollo de la solución

Para desarrollar una solución se tomaron en cuenta tres aspectos muy importantes, la parte mecánica, la parte electrónica y la parte de la programación, ya que las tres trabajan entre sí para tener un control de nuestro sistema [7].

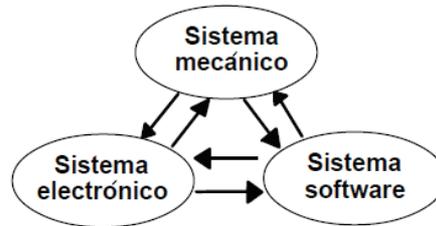


Figura 5. Componentes de un sistema de control numérico.

4.1 Sistema mecánico

Mecánicamente el sistema se encuentra en buen estado, ya que con anterioridad se desarrolló un control preliminar, con el cual se pudo controlar los motores a pasos, así como su velocidad y el cambio de giro, moviendo la mesa de fresadora en dirección x, y, z.

Por otra parte se optó por cambiar los motores a pasos de la fresadora, ya que al ser de 5 fases era más difícil de crear y armar el circuito de control. Por eso se cambiaron a motores de 2 fases, que aunque es cierto que tienen una menor precisión (ya que éstos te dan 200 pasos por revolución y los de 5 fases 500 pasos por revolución), para el objetivo de este proyecto no afecta dicho cambio.

4.2 Sistema electrónico

Los controladores fueron adquiridos junto con los motores, es decir cada motor con su respectivo controlador o driver, acoplándolos así mismo a la Interfaz UMI-7774 de *National Instruments*© y a la tarjeta PCI-7334 de *National Instruments*©.

Todo esto se realizó según el siguiente diagrama de conexión de *National Instruments*©, en el cual se muestra en la siguiente figura:

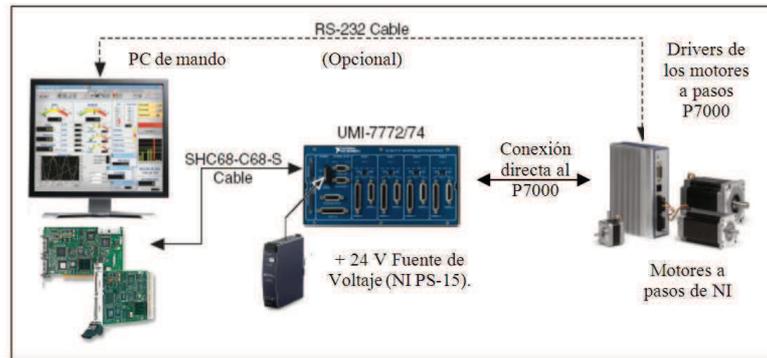


Figura 6. Conexiones de hardware de la tarjeta de control de movimiento NI 73XX y de la interfaz UMI-7774, de *National Instruments*©.

También se adquirieron todos los cables necesarios para las conexiones, así como las fuentes de voltaje y reguladores de voltaje de *National Instruments*©.

4.3 Sistema de Software

Como ya se ha mencionado a lo largo de este documento, la parte más importante de este proyecto es la cuestión de la programación, para esto se está utilizando la plataforma de *National instruments*© *LabView*®, con la cual se realizará la programación necesaria y requerida para lograr el control y movimiento de los motores a pasos, para que la fresadora CNC realice las operaciones necesarias de una máquina de control numérico, moviendo en 3 ejes x, y, z.

Otro de los objetivos es desarrollar una plataforma amigable para el usuario, en donde se asemeje lo más cercano al *software* que tienen las máquinas de control número por computadora convencionales, con la finalidad de que cualquier usuario que tengo conocimiento de programación en CNC pueda utilizarla.

4.4 ¿Cómo construir un Sistema de Control de movimiento de *National Instruments*©?

Un sistema de movimiento se compone de varios componentes que interactúan para poner en práctica las diferentes tareas necesarias para llevar a cabo el control de movimiento. Dependiendo de la complejidad del sistema algunas de estas tareas requieren de más o de menos sofisticación [5].

La siguiente figura muestra la arquitectura de un sistema de control de movimiento:

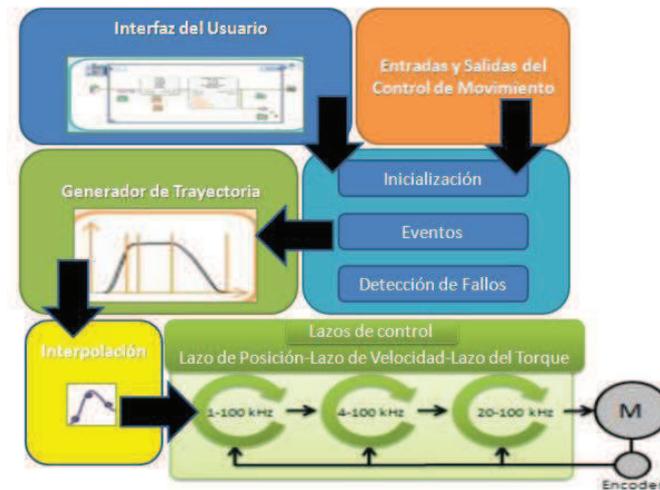


Figura 7. Arquitectura de un sistema de control de movimiento.

En la arquitectura de un sistema de control de movimiento es una especie de lazo cerrado en la cual desde la interface hasta los motores y *encoders* tienen que estar relacionados, en la figura 3 se puede apreciar como la interfaz, las entradas y salidas, realizan el control de supervisión, después generan la trayectoria y las interpolaciones, y así mismo se crean los lazos de posición, velocidad y de torque de los motores.

Esta es la manera en general de cómo sería la estructura del sistema a diseñar, de cómo trabajan los componentes de la familia de *National Instruments*©.

5. Resultados

En actividades anteriores se realizó un control preliminar para probar que el sistema mecánico de la fresadora CNC estaba funcionando de manera correcta, al desarrollar el control se mostró que realmente la parte mecánica estaba funcionando correctamente, moviendo la mesa de trabajo en sus coordenadas x, y, z; realizando el avance adecuado, cambio de giro y control de velocidad.

Después se tomó la decisión de sustituir los motores por unos más convenientes por el tipo de proyecto, y es así cuando se adquirieron los motores a pasos de 2 fases mencionados anteriormente, los cuales ya fueron probados con sus respectivos drivers y fuentes de voltaje.

Por otra parte el sistema mecánico y electrónico ya están acoplados y funcionando de manera adecuada, lo cual se logró montando los motores en la mesa, conectando los

298 Nabor Romero Villa, German Alonso Ruiz Domínguez, Rogelio Acedo Ruiz, Jorge David Gutiérrez Cota

motores a sus respectivos drivers, y los drivers a la interfaz, y de la interfaz a la tarjeta control de movimientos que tiene la computadora de control.

Actualmente se está trabajando en la programación de *LabView*® de control de movimiento y de *Softmotion*®, teniendo como resultado la primera secuencia de movimientos, con lo cual se realizará las secuencias y trayectorias posteriores que realizarán de los motores a pasos.

6. Conclusiones

Los resultados hasta al momento han sido positivos, ya que las pruebas que se han realizado han sido satisfactorias, no obstante falta trabajar más en la parte de programación de *LabView*®, y empezar a desarrollar la plataforma de programación CNC.

Así mismo se pretende que el sistema quede lo más semejante a un entorno de una fresadora de CNC convencional, en donde cualquier persona que tenga este conocimiento pueda utilizar este programa.

7. Referencias

1. Suh D-H, Kang S-K, Chung D-H, Stroud I. Theory and Design of CNC Systems. Springer-Verlag London, 2008.
2. Groover Mikell P. Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing, Prentice Hall, New Jersey, USA. , 2001.
3. Somolinos Sánchez J. A. Avances en robótica y visión por computador. Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha, España, 2002.
4. Bolton W. Ingeniería de Control 2da Edición. Alfaomega, 2006.
5. *National Instrument*®s, *LabView*®. www.ni.com, visitada en julio del 2012.
6. Paul Acarnley. Stepping Motors a guide to theory and practice. 4ta Edición. The Institution of Engineering and Technology, London, 2007.
7. Londoño N. Simanca P. L. Álvarez J. Marín E., Descripción del Diseño y Construcción de un Torno de Control Numérico, Revista Ingeniería y Ciencia, vol. 1, Núm. 2, pp. 40-51, 2005.

Sistema de instrumentación virtual de condiciones de funcionamiento de un cuarto de equipos de cómputo

Mario Barceló-Valenzuela¹, F. Alfonso Aguilar-Valenzuela², Luis Carlos Martínez Castro¹, Alonso Pérez-Soltero¹

¹ Universidad de Sonora, Departamento de Ingeniería Industrial, Rosales y Blvd. Luis Encinas S/N, C. P. 83000, Hermosillo, Sonora, México.

mbarcelo@industrial.uson.mx, lmartinez@ciad.mx,
aperez@industrial.uson.mx

² Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C., Carretera a la Victoria Km. 0.6, C.P. 83304, Hermosillo, Sonora, México.
aaguilar@ciad.mx

Resumen. Actualmente nos encontramos inmersos en una economía basada en el conocimiento que reconoce el papel fundamental que tiene la tecnología en el desarrollo económico, por ello, las empresas cada vez dependen más de las Tecnologías de Información y Comunicaciones como un recurso indispensable para el desarrollo de sus actividades. Esta investigación busca apoyar a las empresas a través de la propuesta de un sistema accesible de virtualización, que proporcione las condiciones actuales de funcionamiento de un cuarto de equipos de cómputo, además de procesar, analizar y almacenar los datos, para posteriormente utilizarlos para elaborar planes de mantenimiento preventivo y/o soporte a la toma de decisiones. El desarrollo e implementación, se llevará a cabo en un Centro de Investigación ubicado en Hermosillo, Sonora.

Palabras clave: Instrumentación Virtual, Sistema de Monitoreo, Tecnologías de Información, Virtualización.

1 Introducción

En la era del conocimiento, la información es un activo esencial y muy importante para el desarrollo y la competitividad de las empresas, por ello, éstas requieren implementar sistemas de seguridad y prevención de errores en sus sistemas de información. Para las grandes empresas, las inversiones en personal y tecnología que asegure el buen funcionamiento de sus equipos forma parte de su presupuesto, sin embargo, en las pequeñas y medianas empresas (PyMES), los costos que representa mantener al personal encargado y monitorear las condiciones de funcionamiento óptimo de sus equipos constituyen una inversión considerable, que en muchos casos no pueden cubrir. Actualmente las PyMES buscan distintos procedimientos para resolver este tipo de

Mario Barceló-Valenzuela, F. Alfonso Aguilar-Valenzuela, Luis Carlos Martínez Castro, Alonso Pérez-Soltero, *Sistema de instrumentación virtual de condiciones de funcionamiento de un cuarto de equipos de cómputo*, en: Mario Barceló-Valenzuela, Alonso Pérez-Soltero, Oscar Mario Rodríguez-Elias, María Trinidad Serna-Encinas (Eds.), Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora, pp. 299- 304, 2012.

problemáticas. Por otro lado, el desarrollo de la tecnología ha creado diferentes herramientas más accesibles y económicas, que pueden ser utilizadas por las PyMES como un recurso para crear un sistema de monitoreo, soportando a la instrumentación virtual para proteger los activos de información. Esta investigación está enfocada a encontrar e integrar este tipo de herramientas, las cuales cumplan con las necesidades básicas de virtualización al menor costo posible y flexibilidad en su arquitectura, que permite generar una base de conocimiento para realizar el proceso de toma de decisiones con bases más sólidas y que a la vez pueda adaptarse a las necesidades de diferentes empresas o departamentos.

2 Marco Teórico

Un sistema de monitoreo basado en un instrumento virtual, puede ser definido como una compleja interfaz de software y hardware que se implementa en las computadoras, por lo que el usuario puede interactuar con las herramientas de análisis tradicionales [1].

El concepto de instrumento virtual nace a partir del uso de la computadora personal (PC) como un “instrumento” de medición. La PC apoyada de los elementos de hardware necesarios para la adquisición de datos, comienza a ser utilizada para realizar mediciones de fenómenos físicos trasladados a señales de corriente y/o voltaje en forma digital. Sin embargo, el concepto de “instrumentación virtual” va más allá de la simple medición de corriente o voltaje, también involucra el procesamiento, análisis, interpretación, almacenamiento, distribución y despliegue de los datos y generación de información relacionada con la medición de una o varias señales específicas [2].

Una herramienta que se ha utilizado recientemente como un recurso para la detección de fallas y generación de alertas en tiempo real, es el sistema de monitoreo, que es muy utilizado en lugares considerados de difícil acceso, el cual lleva a cabo la captura de información de las condiciones de manera constante [3]. La adquisición de datos en sistemas de monitoreo, en general siguen una arquitectura tradicional que emplea sistemas de captura de información y sistemas electrónicos con funciones, como el establecimiento del tiempo en que se debe tomar una muestra de los sensores, transformación de señales análogas de los sensores en señales digitales y su almacenamiento.

La investigación de Juca et al. [4], se orientó al diseño y aplicación de un sistema de adquisición de datos de bajo costo, motivada por la necesidad de ofrecer una alternativa a los sistemas comerciales que son más caros, por lo general importados y tienen software propio. Además los sistemas de adquisición de datos comerciales no permiten modificaciones y adaptaciones de hardware ni software.

Basado en las circunstancias anteriormente expuestas, diferentes investigadores han buscado la manera de prescindir de los servicios de los sistemas comerciales, los cuales pueden resultar en un golpe a la economía de las PYMES.

El objetivo de desarrollar la instrumentación virtual para monitorear la temperatura con sensores tipo integrado fue obtener automáticamente el calor de vaporización de las sustancias de trabajo y presentar las curvas de calentamiento de las mismas. Este

programa fue desarrollado en el lenguaje de programación gráfica LabVIEW de la empresa National Instruments, el software facilitó su desarrollo, análisis e interfaz de usuario. El tratamiento y la adquisición de los datos la hicieron con la tarjeta de adquisición de datos USB6008 de National Instruments, la cual es una tarjeta multifunción de bajo costo que brinda funcionalidad de adquisición de datos, siendo parte importante para aplicaciones como registro de datos simple, medidas portátiles y experimentos académicos de laboratorio [5].

El sistema de monitoreo y análisis de vibraciones para establecer el estado de salud mecánica de máquinas se desarrolló para prevenir fallas que podrían resultar catastróficas [6]. Fue diseñado un analizador de vibraciones basado en un sistema de adquisición de datos el cual permite calcular espectros, formas de onda, analizar órbitas, coherencia, así como también almacenar los datos adquiridos para su posterior análisis. Las etapas del sistema se ilustran en la figura 1.



Fig. 1. Etapas principales de un Sistema de Adquisición de Datos de Estupiñan et al., 2006

Otra aplicación fue un sistema de adquisición de datos para generar controles eficaces para realizar muestreos de variables físicas como temperatura, humedad, presión, fuerza, entre otras. Estos datos posteriormente pueden ser analizados, tratados y almacenados con el propósito de hacer una representación clara de la evolución del proceso. Los datos o variables que se capturan durante un proceso de prueba, son analógicos o digitales, pero su almacenamiento, tratamiento y análisis puede ser más eficaz si se maneja de forma digital [7]. En la figura 2 se muestran de manera general los componentes del sistema de adquisición de datos.

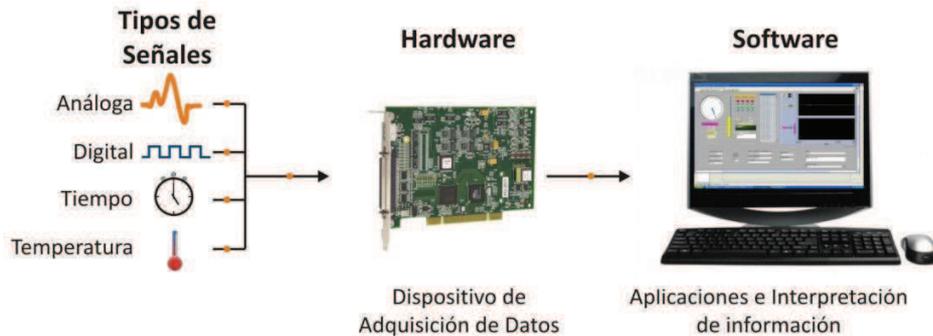


Fig. 2. Estructura Básica de un Sistema de Adquisición de Datos de Vicente y Olguín, 2008.

3 Problemática

La investigación se llevará a cabo en el cuarto de equipos, donde se encuentran los dispositivos que suministran los servicios de tecnologías de información y comunicaciones para todos los empleados de un centro de investigación en la ciudad de Hermosillo, Sonora. En el centro no se cuenta con un sistema que registre de manera continua las condiciones de funcionamiento del cuarto de equipos presentadas a lo largo del año, sobre todo en horarios fuera de las horas y días laborables. Esta falta de información dificulta la toma de decisiones en el Departamento de Tecnologías de Información y Comunicaciones, principalmente a la hora de definir estrategias de mantenimiento preventivo o adquisición de equipos.

Más aún, el centro de investigación se encuentra fuera del casco urbano, lo cual hace que los servicios de electricidad y de internet no tengan la misma calidad y los tiempos de respuesta de los proveedores sean un poco más lentos. Por otro lado, es necesario contar con un sistema de monitoreo para la virtualización de los parámetros críticos de los equipos en todo momento, que genere un historial de las condiciones de operación, con el fin de disponer de una herramienta de soporte a la toma de decisiones. También se requiere de un sistema de señales de alerta que notifique al personal encargado de cualquier condición fuera de los parámetros ideales de funcionamiento para su pronta atención.

4 Estrategia de Solución

Los parámetros críticos que se desea monitorear para su virtualización son: temperatura, voltaje, humedad y movimiento, así como detectar intromisión de personas no autorizadas en el área.

Para visualizar los parámetros, se requiere una tarjeta de adquisición de datos con sensores específicos para su captura, la tarjeta estará conectada a una computadora que contendrá el software para la interfaz de usuario, el cual se encargará de procesar los datos capturados para su almacenamiento. En caso de requerirse y encontrarse algún parámetro fuera de lo normal, enviará la señal de alerta ya sea vía web, correo electrónico o mensaje de texto a los encargados del área. El diagrama general del sistema se puede apreciar en la figura 3.

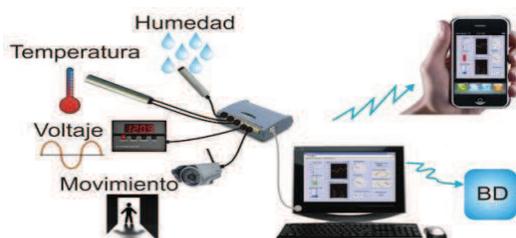


Fig. 3. Diagrama General del Sistema

Los sensores, la tarjeta de adquisición de datos y la computadora, estarán conectados a una unidad ininterrumpible de energía (UPS) para tener un respaldo en caso de fallas en la energía eléctrica y que siga almacenando información. Se prevé que la estrategia de solución, sea validada utilizando Latview y considerando al menos durante dos meses de operatividad del Departamento de Tecnologías de Información y Comunicaciones del Centro de Investigación.

5 Conclusiones

Un sistema de este tipo podría ser una herramienta muy valiosa para el personal encargado del buen funcionamiento de un cuarto de equipos de cómputo. Se prevé que el sistema advierta sobre cualquier situación fuera de los parámetros ideales de funcionamiento establecidos, la cual sería registrada y a la vez se generaría la alerta correspondiente para tomar las acciones pertinentes. Este sistema también almacenaría todas las condiciones de funcionamiento cada minuto para generar una base de datos. Este registro, permitiría en un futuro hacer estudios de comportamiento de los parámetros registrados, lo cual facultaría al personal encargado realizar el proceso de toma de decisiones basadas en información real y confiable. El sistema facilitará; hacer planes de mantenimiento y detectar las fechas más adecuadas para realizar pruebas a los equipos de respaldo de energía eléctrica, tener las bases para considerar la adquisición de una planta de energía alterna, conocer las temporadas en las cuales se tiene mayores incidencias de fallas. Lo anterior, sería apoyado por una base de datos con información real, lo que permitiría tomar decisiones más acertadas, a la vez que no dependería de la memoria, apreciaciones o de la presencia de los encargados. Esta base de información se fortalecerá a medida que pase el tiempo e irse incrementando el volumen de información.

6 Bibliografía

1. Panfiloiu, G., Leopa, A.: Considerations on Using the Virtual Instruments for the Acquisition and Analysis of Experimental Data from Dynamic Systems. The Annals of "Dunarea de Jos" University of Galati Fascicle XIV Mechanical Engineering. 79-85 , 2010.
2. Poma, J., Tello, R., Ruiz, E.: Diseño de una Estación Virtual para el Control de las Perturbaciones que Afectan la Temperatura de los Procesos Industriales. Diseño y Tecnología. 10 (1), 33-41, 2007.
3. Oyala, J.S., Arredondo, C.A., Gordillo, G.: Desarrollo de Prototipo de Sistema de Monitoreo en Tiempo Real del Nivel de Agua en Ríos Usando Instrumentación Virtual. Revista Colombiana de Física. 40 (2), 371-375, 2008.
4. Juca, S., Carvalho, P., Brito, F. A Low Cost Concept for Data Acquisition Systems Applied to Decentralized Renewable Energy Plants. Sensors. 11, 743-756, 2011.
5. Tovar, E., Quiñones, C.: Un Instrumento Virtual Sencillo de Adquisición de Datos y Control de Temperatura para la Determinación Experimental de Calores de Vaporización. Revista Colombiana de Física. 40 (2), 349-351, 2008.
6. Estupiñan, E., Martín, C. S., Solaligue, R.: Diseño e Implementación de un Analizador Virtual de Vibraciones Mecánicas. Rev. Fac. Ing.- Univ. Tarapacá. 14 (1), 7-15, 2006.
7. Vicente, J., Olguín, J.: Adquisición de Datos de un Perfil de Temperatura y Sistema de Monitoreo Mediante Aplicación Web. Revista Espectro Tecnológico. 1-11, 2008.

Un análisis de factibilidad de un sistema de bombeo de agua para riego con energía solar.

Natanael Elenes Félix, Víctor H. Benítez

Universidad de Sonora, Departamento de Ingeniería Industrial, Rosales y Blvd. Luis Encinas S/N,
C. P. 83000, Hermosillo, Sonora, México.
nata_748@hotmail.com, vbenitez@industrial.uson.mx

Resumen.

La escasez de los recursos no renovables como el carbón, el petróleo, el gas natural, etc., se ha vuelto un tema de interés en la sociedad actual, por ello, el uso de las fuentes alternativas (fuentes renovables) como insumo para la generación de energía, representa un área de oportunidad a explotar, en aras de satisfacer las necesidades de las generaciones presentes, sin comprometer a las futuras generaciones.

Por ello, este documento, proporciona el resultado de un análisis de factibilidad técnica, operativa y económica, para la utilización de un sistema de generación de energía eléctrica, usando la energía solar, el cual puede ser empleado en el bombeo de agua.

Palabras clave: Fuentes alternativas, energía solar, análisis de factibilidad.

Abstract.

The scarcity of non-renewable resources such as coal, oil, natural gas, etc., has become a topic of interest in the society, therefore, the use of alternative sources (renewable) as input for energy generation, represents an area of opportunity to exploit, without compromising of present generations and without compromising future generations.

This document provides a test result of feasibility technical, operational and economic, on a system generator of electricity, based on solar energy to be used in pumping water.

Keywords: Alternative sources, solar energy, feasibility analysis.

1 Introducción

En la actualidad, la tendencia mundial se enfoca a la producción de energías renovables, mediante el aprovechamiento de los recursos naturales para generarlas [1]. Dicha tendencia, se encuentra fundamentada en importantes pilares, criterios y condiciones tales como la seguridad en el abastecimiento de los insumos energéticos, la reducción de la actual dependencia energética, así como la prevención y la disminución de los impactos ambientales locales y globales [2].

El presente artículo se divide en seis partes. En la primera sección, se hace una breve introducción de la problemática de una forma general. En la segunda, se muestra un marco de referencia, el cual permite conocer las diversas fuentes alternativas para la generación de energía, así como sus usos y aplicaciones. En la tercera parte, se desarrolla un análisis de factibilidad técnica, operativa y económica, así como un estudio de mercado, estos últimos, con la finalidad de conocer la factibilidad de llevar a cabo el proyecto. La investigación se presentará en base a un modelo de formulación y evaluación de proyectos. En una cuarta parte, serán presentados los resultados de la aplicación de los análisis antes mencionados. En la quinta parte del presente artículo serán presentadas las conclusiones. Por último, se presenta la bibliografía utilizada en la investigación.

2 Marco Teórico

Las fuentes de energías renovables se han convertido en un tema prioritario en las agendas energéticas, tanto en los países industrializados como en muchas economías en desarrollo, esto, gracias a sus efectos benéficos en las esferas económicas, sociales y ambientales [3].

Las fuentes de energía, pueden clasificarse en dos grupos:

a) Fuentes no-renovables: están disponibles en cantidades limitadas y se agotan por su uso, como los combustibles fósiles (carbón mineral, petróleo, gas natural). Estas tienen la característica de que, una vez utilizadas para la generación de energía, no se pueden volver a usar [4].

b) Fuentes renovables: son aquellas que no se agotan por su uso, como la energía del viento y del sol. El agua y la biomasa también se incluyen en esta categoría, aunque son renovables bajo la condición de que la fuente se maneje en forma apropiada [5].

El uso de las fuentes renovables, para la generación de energía eléctrica ha tomado un auge importante en la cotidianeidad, en particular el uso de la energía solar. Así, destacamos la importancia de disponer de fuentes alternativas de energía para satisfacer la demanda de las grandes naciones al proporcionar la expansión del crecimiento en las fuentes alternativas [6].

Reseña de tecnologías de captación solar y sus aplicaciones.

El empleo de la energía solar como recurso energético a través de los procesos naturales, fue aprovechado por el hombre desde sus comienzos para satisfacer sus necesidades diarias. Posteriormente, la aplicación se fue dando en medida que las necesidades de las personas se iban acrecentando y el desarrollo tecnológico iba creciendo en medida de las diversas actividades del hombre.

En la Actualidad, el uso intensivo de esta fuente de energía requiere el empleo de una serie de tecnologías de conversión más elaboradas, que se han ido desarrollando en los últimos años y aun se encuentran en estado de evolución, fundamentalmente para disminuir sus costos. Dentro de estas aplicaciones, se pueden mencionar: el calentamiento de agua, la generación de energía, el bombeo de agua, los hornos solares, El secado de hierbas y frutas, entre otras [7].

Situación actual en México y el mundo.

Debido al interés en México y otras naciones en el aspecto energético, países, tales como Estados Unidos, Brasil, Alemania, España, entre otros, han enfocado sus esfuerzos en la producción de energía partiendo del sol como recurso energético.

En México, en su contexto energético actual, los beneficios económicos y sustentables de las energías renovables han adquirido creciente relevancia, y en ese mismo tenor, tiene que aprovechar su potencial energético proveniente de las energías renovables. Esto, abre una gran oportunidad para contribuir a la seguridad energética, a la vez, que se suma al esfuerzo global de reducir el impacto ambiental e impulsar el desarrollo sustentable en el país.

Las Energías Renovables en México representan una respuesta importante a la demanda generalizada de un modelo sustentable de progreso que no afecte a las generaciones futuras. La utilización de estas fuentes de energía se ha ido desarrollando de manera creciente; el uso de la energía solar como recurso energético ha representado una oportunidad de desarrollo social y tecnológico en el país. Así mismo, permitiéndole ir obteniendo los beneficios económicos, sociales y sustentables mediante el uso y eficiente aprovechamiento de este recurso, el cual contribuye a la conservación de los recursos energéticos no renovables.

Sonora y las fuentes de energía renovable.

El Estado de Sonora se encuentra enfocado en el desarrollo energético sostenible y uno de los elementos fundamentales para ello es el aprovechamiento del gran potencial energético en los recursos renovables de energía que existe en la Entidad. Derivado de este gran potencial, podemos decir que la región costera puede proveer de energía del mar y del aire, la región serrana tiene grandes posibilidades en energía hidráulica y eólica, los

valles pueden aportar cuerpos de agua para la mini hidráulica, y en la mayor parte de la extensión territorial de la entidad tiene una insolación de las más altas del mundo

El uso de la energía solar como recurso energético en Sonora, México.

Sonora funge como uno de los pioneros en cuanto al uso de la energía solar, como recurso energético, tomando como referencia inicial al Proyecto de concentración solar Agua Prieta II [8].

De acuerdo a un comunicado de prensa de la Secretaría de Economía del estado de Sonora, con la reciente inauguración el Campo de Pruebas de Helióstatos del Laboratorio Nacional de Sistemas de Concentración Solar y Química Solar (LACYGS) en Hermosillo, el estado se convierte en el centro de aplicación de la energía solar en todo el país. Así mismo, [9], mencionan que el desierto de Altar, es un área potencial en el estado de Sonora para la generación de energía eléctrica por medio de la energía solar por la alta radiación que recibe esta región del estado.

Debido al gran auge que ha tomado el desarrollo de productos y tecnologías que buscan la satisfacción de la demanda de energía que se requiere para determinada situación, y dada la necesidad de fomentar el uso de fuentes alternativas para la generación de energía eléctrica y, debido a que Sonora cuenta con el potencial para producir energía eléctrica a partir de la energía solar, surge la idea de realizar un análisis de factibilidad técnica y económica que permita tomar una decisión acerca de llevar a cabo o no la adaptación de un sistema de generación de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovable que pueda ser adaptado a un sistema de bombeo convencional dedicado al riego en Rayón, Sonora. Del cual, un grupo de agricultores expresaron su inquietud de buscar una solución a sus altos costos, derivados del consumo de energía eléctrica en sus actividades agrícolas.

Cabe mencionar que para efectos del presente trabajo, el enfoque será dirigido a la presentación de una propuesta teórica del uso de la energía solar para la generación de energía eléctrica en el bombeo de agua para riego derivado de un análisis de los componentes de dicho sistema.

3 Metodología

El desarrollo de tecnología de conversión de energía solar a eléctrica, se ha vuelto un tema de importancia a nivel mundial, donde la manera en cómo se hace la conversión ha pasado a un segundo término, ya que actualmente existen aplicaciones desde las más sencillas, como ejemplo podemos mencionar el secado solar de frutas, carne, etc., a lo más complejo como lo es la generación de energía eléctrica con tecnología de torre central. Por ello, podemos decir que el desarrollo de productos que satisfagan una necesidad expresada por parte de un grupo de personas, de una sociedad, etc., ha ido evolucionando a conveniencia de las personas. Por lo anterior, se realizará un análisis de factibilidad

técnica, económica y operacional (teórica), que permita obtener información del desarrollo de un proyecto de conversión de energía solar a energía eléctrica, en el Municipio de Rayón, Sonora. La investigación se desarrollará bajo el esquema de proyecto factible, que tiene como objetivo central, el determinar la factibilidad técnica, económica y operativa del uso de estos sistemas de generación de energía. La investigación se presentará en base al modelo de formulación y evaluación de proyectos [10].

Este modelo se presenta de la siguiente manera:



Figura 1. Modelo de formulación y evaluación de proyectos (fuente: Elaboración propia del autor a partir de [10])

Como resultado del desarrollo y evaluación de la metodología planteada en la sección tres, se obtienen los siguientes resultados que se muestran en la cuarta parte de esta investigación.

4 Resultados

El análisis de mercado, expresa cuantitativamente el interés de buscar alternativas por parte de un grupo de agricultores, que les provea una solución a la problemática del alto consumo de energía eléctrica derivado de su aplicación para el bombeo de agua de los pozos. A continuación, se muestran los resultados obtenidos de la realización del estudio de mercado, el cual arroja lo siguiente:

- Que el 80% de ellos, realiza 2 siembras al año, sin importar el tipo de producto (frutas, hortalizas, pastura, etc.),
- Que el 100% de los encuestados ha visto mermadas sus ganancias y,
- Que el 50% de ellos ha sufrido de pérdidas económicas debido al alto consumo de energía eléctrica derivado de sus actividades agrícolas.

Por ello, existe el interés por invertir en el desarrollo de un sistema de bombeo de agua a partir de la energía solar si la propuesta es viable. Partiendo de lo anterior, se pudo apreciar la viabilidad de continuar con la etapa del análisis de factibilidad, siguiendo con la metodología antes mencionada.

El estudio técnico arroja como resultado que el municipio de Rayón, así como el estado de Sonora en sí, representa un área de oportunidad para el aprovechamiento de la energía solar, debido al promedio de insolación que recibe anualmente, la cual corresponde a una mínima de 3.9 kWh/m²-día y una máxima de 8.6 kWh/m²-día con un promedio de 6.0

kWh/m²-día [11]. Con este promedio, es posible satisfacer la demanda requerida por el sistema para su operación.

Del análisis operativo, se concluye que obteniendo el voltaje del circuito eléctrico, el voltaje máximo, la corriente máxima y por ende la potencia máxima, se obtiene que el número de células requeridas conectadas en serie es igual a 23 células; si el sistema cuenta con un panel solar, será suficiente para satisfacer la demanda que se requiere para operar el sistema, ya que un panel solar comercial, cuenta con 36 células. También, si el agricultor lo desea, puede aumentar el número de paneles que le permita crear un banco de baterías que pueda utilizar en otros periodos del temporal. Cabe mencionar que existen dos tipos de sistemas fotovoltaicos, el estático y con seguimiento, para el desarrollo de esta investigación, se hará en base a un sistema fotovoltaico estático.

El estudio económico, arrojó tres propuestas a las cuales el agricultor puede acceder para la elaboración de su sistema, del cual la eficiencia del mismo, dependerá de la capacidad de inversión que pretenda realizar.

5 Conclusiones

A partir de la investigación anterior, podemos decir que mediante el uso de las fuentes alternativas para la generación de energía solar, se puede reducir el impacto del costo de operación de los agricultores. Así mismo, podemos decir que es posible promover el uso de fuentes de energías renovables, en particular, la energía solar, como fuente alternativa para la generación de energía eléctrica en el Municipio de Rayón, Sonora.

Por último, para investigaciones futuras se realizará la adaptación de un sistema de seguimiento y/o otras alternativas que puedan ser aplicadas al mismo y que permita elevar la eficiencia del sistema.

6 Bibliografía

1. Vega, V.: Apuestan a proyectos de sustentabilidad energética. Recuperado el 20 de Octubre de 2011, de <http://www.invdes.com.mx/suplemento-noticias/1085-apuestan-a-proyectos-de-sustentabilidad-energetica>, 2010.
2. Bertinat, P. et al.: Desafíos para la sustentabilidad energética en el cono sur, 2004.
3. Del Sol, N, & Cabrera Fernández, E.: Energía renovable y no renovable. Tono: Revista Técnica de la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba, S.A, 5, 2, pp. 85-89, 2008.
4. Agencia Valenciana de Energía.: Energías no renovables. Recuperado el 10 de Octubre de 2011 de <http://www.aven.es/>, (2008).

5. Hermosillo, J.: Energía Solar. Programa de la asignatura. Departamento de procesos tecnológicos e industriales, división de ingeniería. Instituto tecnológico y de estudios superiores de occidente, 1995.
6. Vilela, D.; Araújo, P.: Contribuições das câmaras setoriais e temáticas à formulação de políticas públicas e privadas para o agronegócio. Brasília, DF: MAPA/SE/CGAC, 2006.
7. Durán, J.C. & Godfrin, E.M.: Aprovechamiento de la Energía Solar en la Argentina y en el Mundo. , pp.33-44, 2005.
8. Banco Mundial.: Información sobre el proyecto térmico solar Agua Prieta II, en [tinyurl.com/Agua Prieta](http://tinyurl.com/AguaPrieta), 2009.
9. Gámez, A. Cabrera, J. Castañeda, E. López, F. Morera, M. & Cruz, O. (2008). Control con dos sensores para energías eólica y solar. Revista de Ingeniería Energética, 30, 3, pp. 39-45, 2008.
10. Blanco, A.: Formulación y evaluación de proyectos. Fondo editorial tropykos. 2da edición México, 2001.
11. Almanza, R. Estrada, V. Barrientos, J.: Actualización de los mapas de irradiación global solar en la republica mexicana. Series del instituto de ingeniería No. 543, UNAM, 1992.

Sistema de refrigeración con energía alterna para acondicionar la temperatura interior de una cabina de automóvil

Javier Armando Molina González¹, Víctor Hugo Benitez Baltazar¹.

¹ Universidad de Sonora, Departamento de Ingeniería Industrial, Rosales y Blvd. Luis Encinas S/N, C. P. 83000, Hermosillo, Sonora, México.
vbenitez@industrial.com.mx, jmolina.glz@hotmail.com

Resumen. El siguiente documento propone hacer un análisis riguroso referente al diseño de un sistema de refrigeración por absorción de vapor (VAR - Vapor Absorption Refrigeration) con solución par Bromuro de Litio - Agua (LiBr-H₂O) para sustituir el sistema de refrigeración convencional de un automóvil con motor de combustión interna (MCI), buscando que el sistema propuesto sea lo suficientemente eficiente para contribuir al confort térmico de los tripulantes, y entonces sustituir el sistema de refrigeración por compresión de vapor (VCR – Vapor Compression Refrigeration). Las unidades de refrigeración utilizadas actualmente en los vehículos de transporte por carretera son en su mayoría sistemas VCR. En el sistema VAR, un proceso físico reemplaza el proceso mecánico del sistema VCR, mediante el uso de energía en forma de calor en lugar de trabajo mecánico. Las principales ventajas del sistema VAR radican en la posibilidad de utilizar la energía de los gases residuales calientes [1].

Palabras clave: Refrigeración por absorción, LiBr-H₂O, energía alterna.

1 Introducción

En la actualidad se busca utilizar energías que no dañen el medio ambiente. Una de las opciones son las llamadas “energías alternas”. El presente artículo muestra el análisis del diseño de un sistema VAR utilizando una solución LiBr-H₂O, para sustituir el sistema de refrigeración convencional de un automóvil. El ciclo VAR puede ser operado con una fuente de energía térmica. Este tipo de aplicaciones conllevan a ahorros energéticos y por ende a la protección del medio ambiente [2]. Las principales ventajas del sistema VAR radican en la posibilidad de utilizar la energía de los gases residuales calientes [1]. El objetivo de este proyecto es determinar si es posible sustituir el sistema VCR instalado en un automóvil con MCI por un sistema VAR con solución LiBr-H₂O, aprovechando los gases de escape como fuente de energía térmica.

A lo largo del artículo se mostrara el análisis de cargas térmicas en una cabina de automóvil, el diseño de los diferentes componentes de un sistema VAR para automóvil, mediciones de temperatura en la tubería de gases de escape para determinar la fuente de

Javier Armando Molina González, Víctor Hugo Benitez Baltazar, *Sistema de refrigeración con energía alterna para acondicionar la temperatura interior de una cabina de automóvil*, en: Mario Barceló-Valenzuela, Alonso Perez-Soltero, Oscar Mario Rodríguez-Elias, Maria Trinidad Serna-Encinas (Eds.), *Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora*, pp. 312- 321, 2012.

energía térmica, una propuesta de regulador de flujo de gases de escape y las conclusiones del sistema propuesto con el fin de determinar la viabilidad de la instalación del sistema.

2 Marco Teórico

Las unidades de refrigeración que se utilizan actualmente en los vehículos de transporte por carretera son en su mayoría del tipo VCR en los que el compresor de vapor requiere un aporte de energía en forma de trabajo. En los sistemas pequeños, la entrada de trabajo del compresor se puede obtener a través de una transmisión por correa desde el motor de propulsión principal, mientras que en los grandes sistemas del compresor es normalmente conducido por una combustión interna dedicada del motor. En el sistema VAR, un proceso físico reemplaza el proceso mecánico del sistema de refrigeración por compresión, mediante el uso de energía en forma de calor en lugar de trabajo mecánico [1].

Un sistema de absorción utiliza la capacidad de una sustancia (el absorbente) para aspirar volúmenes, relativamente grandes, de vapor de otra sustancia, por lo común un líquido (refrigerante). El absorbente tiene la capacidad de absorber grandes cantidades de vapor cuando está frío y de liberarlas cuando está caliente.

Uno de los primeros y todavía el más ampliamente utilizado es el sistema de refrigeración por absorción con solución par amoníaco-agua, en donde el agua sirve como absorbente mientras que el amoníaco funge como refrigerante. Pero existen otros tipos de sistemas de absorción, uno de ellos es el sistema de absorción con solución par de bromuro de litio-agua en el cual, en este caso, el agua es el refrigerante y el bromuro de litio el absorbente [3]. En el proyecto en curso, se utilizará el sistema LiBr-H₂O por ser el agua el refrigerante, ya que a diferencia del amoníaco, el agua no presenta ningún peligro para el usuario en caso de alguna fuga.

En la figura 1 el generador contiene la solución LiBr-H₂O la cual es calentada por el vapor caliente resultado del contacto con la fuente de energía térmica de generación (Gases de escape). El agua es evaporada y enviada hacia el condensador en donde vuelve a tomar su estado líquido, de ahí se transporta al evaporador. El evaporador conserva un estado adiabático el cual tiene una presión de vacío en su interior, esto da como resultado que el punto de ebullición del agua baje hasta alrededor de 4.44°C, lo hace que el agua proveniente del condensador se evapore casi al instante, y la parte que se conserva líquida presumiblemente se encuentra a una temperatura menor que la de ebullición. Esta agua fría es la que se utiliza como refrigerante para enfriar el ambiente objetivo. En el absorbedor, el restante vapor de agua, fluye hacia el bromuro de litio el cual tiene la capacidad de absorber grandes cantidades de agua. Por último, la solución LiBr-H₂O es precalentada en el intercambiador de calor para llegar de nuevo al generador con una considerable ganancia de temperatura que facilite después la evaporación del agua y su separación del bromuro de litio.

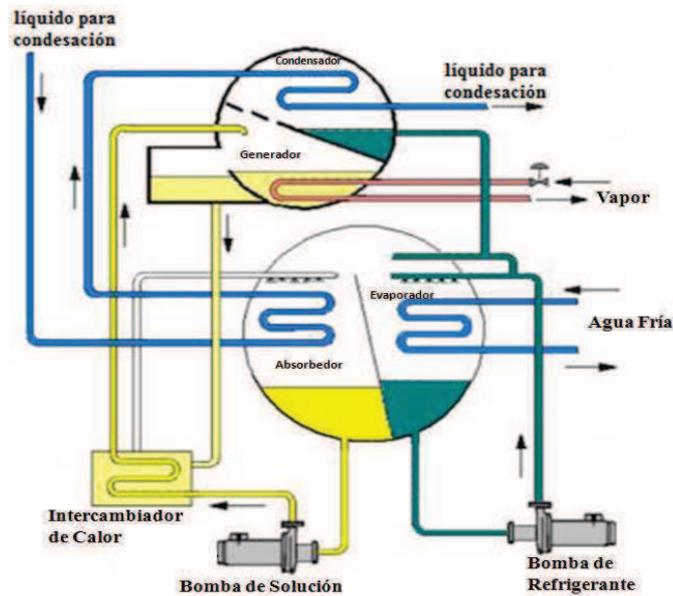


Fig. 1. Esquema del funcionamiento de un sistema de refrigeración por absorción.

Algunas de las ventajas que se atribuyen a los sistemas de absorción sobre los sistemas de compresión son:

- Ahorros en el costo de operación por usar vapor de agua a baja presión y de bajo costo, en muchos casos el vapor de desperdicio de otros procesos.
- Eliminación de cargas energéticas pesadas.
- Simplicidad de la operación y de los sistemas de control.
- Plena eficiencia en todos los rangos de carga reducida.
- Mantenimiento mínimo debido a que hay menos partes móviles.
- Mínima cantidad de equipo móvil necesario [3].

La ventaja principal del sistema VAR es que requiere una pequeña cantidad de trabajo. Sin embargo, se requiere un suministro de calor muchas veces mayor que el trabajo requerido por el sistema VCR. Si el calor es suficientemente barato (monetariamente hablando), el sistema VAR será atractivo económicamente [4].

Con la información contenida en los párrafos anteriores se puede decir que el sistema propuesto para este proyecto será económicamente viable, ya que se utiliza el calor de los gases de escape como principal fuente de energía. Recordemos que los gases de escape son normalmente desechados a la atmósfera sin ningún aprovechamiento de la energía térmica que aún contienen. Entonces esa energía se pierde.

3 Metodología

El diseño de un sistema de refrigeración industrial o de confort requiere de procedimientos integrados. Para un problema dado el diseñador debe:

- Establecer las condiciones de diseño
- Estimar las cargas térmicas
- Establecer el tipo de sistema a utilizar incluyendo los métodos de control.
- Calcular las necesidades de capacidad de cada elemento.
- Seleccionar el equipo disponible comercialmente y/o diseñar equipo especial.
- Diseñar el sistema de distribución del aire y los varios sistemas de tuberías.
- Preparar dibujos y especificaciones del sistema.

La metodología que seguirá esta investigación se desarrolla a partir de lo dicho en los párrafos anteriores escritos por James L. Threlkeld en 1973 [4].

Este proyecto está dirigido a los usuarios de vehículos con motores de combustión interna, en los que se utiliza un sistema de aire acondicionado para mitigar los efectos de las altas temperaturas del medio ambiente. En la figura 3.1 se muestran los pasos a seguir en la metodología como diagrama de flujo.

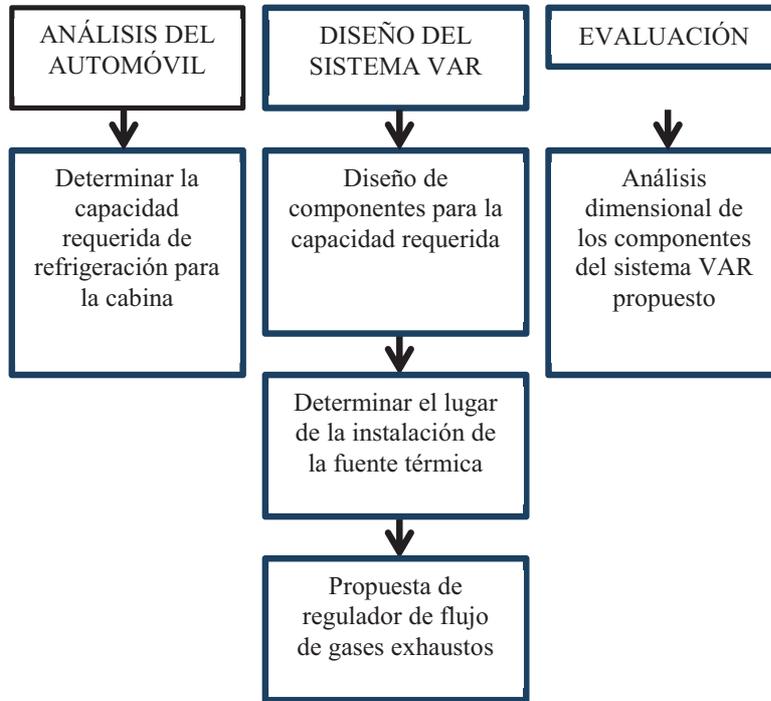


Fig. 2. Diagrama de flujo sobre los pasos a seguir en la metodología.

4 Análisis del automóvil

Un gran número de variables son consideradas en el cálculo de la carga de refrigeración requerida. Sin embargo, para propósitos de diseño la pérdida de calor es usualmente basada en un estado de transferencia de calor continuo, y los resultados obtenidos son usualmente aceptables por completo [5].

La carga de enfriamiento en un equipo de refrigeración raras veces es el resultado de una sola fuente de calor. Más bien es la suma de las cargas térmicas en la que están involucradas diferentes fuentes. Algunas de las fuentes de calor más comunes que suministran la carga de refrigeración del equipo son:

- Calor que pasa por el exterior al espacio refrigerado por conducción a través de paredes no aisladas.
- Calor que llega al espacio por radiación directa a través de vidrieras o de otros materiales transparentes.

- Calor que pasa al espacio debido al aire exterior caliente el cual pasa a través de puertas que se abren y a través de rendijas que se tienen alrededor de puertas y ventanas.
- Calor cedido por el producto caliente a medida que su temperatura es bajada hasta el nivel deseado.
- Calor cedido por cualquier persona dentro del espacio refrigerado
- Calor cedido por cualquier equipo productor de calor localizado dentro del espacio, tales como motores eléctricos, alumbrado, equipo electrónico, planchas de vapor, cafeteras y secadoras de pelo [6].

No necesariamente todas estas fuentes de calor intervienen en cada caso y la importancia de estas fuentes de calor con respecto a la carga de enfriamiento total varía considerablemente para cada aplicación específica [6].

La carga de enfriamiento es la velocidad a la cual la energía debe ser removida de un espacio para mantener la temperatura y humedad en el valor deseado. La carga de enfriamiento difiere de la “ganancia de calor”, esto es porque la radiación de la superficie de muros y objetos del interior, es tanta como la radiación solar que entra al espacio por aperturas, los cuales no calientan el aire del interior del espacio directamente.

La energía radiante es mas absorbida por pisos, paredes interiores y muebles, los cuales son enfriados primeramente por convección tanto como sea suficiente para que logren llegar a la temperatura del aire del espacio refrigerado [5].

Por el momento se encuentra en discusión la evaluación de la carga térmica de la cabina y las fuentes principales de calor.

En un primer acercamiento se ha observado que los cristales del automóvil transmiten una gran cantidad de calor al interior, lo que eleva la temperatura de todos los materiales que se encuentran en la cabina y por lo tanto, del aire confinado en el interior. Esto indica que los materiales interiores de metal o plástico como el vinil, también se encontrarán irradiando calor por un tiempo determinado hasta que su temperatura sea regulada. El material de carrocería de la cabina también juega un papel importante ya que esta hecho de lámina de acero, el cual también tiene un gran coeficiente de transferencia de calor.

Por otra parte, el aire que se encuentra atrapado entre la carrocería y la cubierta vinílica interior de las puertas y techo, se puede tomar como aislante al retardar la transferencia de calor hacia el interior.

5 Diseño del sistema VAR

En este paso se desarrollará, basado en cálculos termodinámicos, todo un sistema VAR que cumpla con la capacidad requerida determinada en el análisis de cargas térmicas realizado para la cabina del automóvil.

5.1 Diseño de componentes para la capacidad requerida

Para el análisis del proyecto deberá determinarse cada uno de los componentes especialmente analizados para éste sistema. El tipo de evaporador, condensador, y el tamaño del generador y absorbedor, así como el material de construcción de cada componente y la cantidad de solución que se requiere en el sistema.

Es de gran importancia diseñar cada uno de los diferentes componentes del sistema de refrigeración VAR, ya que aunque se tienen en común el evaporador y el condensador, se piensa que no serán de las mismas características de transferencia de calor y dimensiones, ya que el sistema VCR instalado utiliza el refrigerante 134a, y el sistema propuesto utilizará agua como refrigerante. Por lo tanto se deben tomar en cuenta las características del refrigerante para el diseño de los componentes, como la capacidad del agua de absorber o ceder temperatura en un evaporador o condensador en contacto con el paso forzado de aire, entre otros factores.

En la esta sección se profundiza en los detalles de los componentes del sistema de refrigeración por absorción con solución Bromuro de Litio – Agua. El estudio de estos componentes ayudará a comprender el diseño integrado que posteriormente se realizará para cumplir con el objetivo de este trabajo.

Esta sección recientemente ha culminado su fase de investigación y se dispone a iniciarse con la fase de análisis.

5.2 Determinar el lugar de instalación de la fuente térmica

La medición de temperatura se utilizará para determinar, en una primera instancia, si la temperatura de los gases exhaustos son adecuadamente altas como para utilizarse como fuente térmica de generación de vapor en el generador, tomando como referencia las mínimas RPM del MCI en cuestión. En caso de obtener un resultado positivo, la medición de la temperatura a través de la tubería de gases de escape también permitirá indicar el lugar donde puede ser instalada la fuente térmica de energía para llevar a cabo el ciclo de refrigeración por absorción.

Utilizando la técnica de medición de temperatura con termografía se verifica si realmente los gases exhaustos, aún en su mínimo flujo por la tubería de escape (mínimas revoluciones por minuto del MCI), cumplen con el requisito de rango de temperatura de generación.

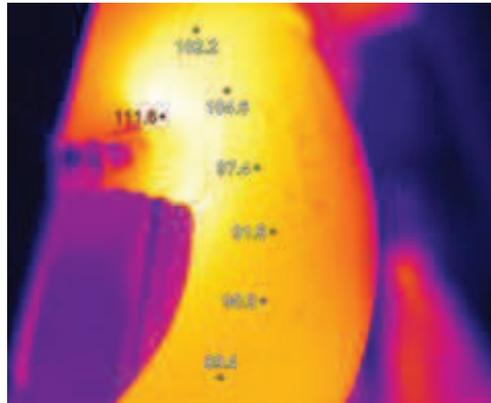


Fig. 3. Medición de temperatura utilizando termografía.

Para llevar a cabo esta acción, se realizará la medición de la temperatura de los gases de escape sobre todo el trayecto de los gases hasta su salida. Para realizar lo anterior, se tomará la temperatura de la tubería de escape utilizando la técnica de termografía con la cual se determinó la ubicación de la temperatura necesaria para utilizarse como fuente de energía térmica de generación. Se seleccionó la parte de la tubería de escape mostrada en la figura 3 por ser el lugar en el que se cuenta con la temperatura adecuada y mostrar facilidad de instalación del sistema, ya que la parte de la tubería con mas temperatura se encuentra demasiado cerca del motor y no sería viable instalar el regulador de gases de escape por falta de espacio.

La imagen en la figura 3 muestra un rango de temperaturas de entre 102.2 a 89.4°C, con una máxima de 111.6°C.

5.3 Propuesta de regulador de flujo de gases exhaustos

La variación de la temperatura en cualquier punto de la tubería de escape se da gracias a la variación de flujo de gases de escape, esto se presenta gracias a que el MCI del automóvil no siempre trabaja con las mismas revoluciones por minuto (RPM). Estas variaciones de RPM son directamente proporcionales al incremento o decremento de la velocidad.

Para evitar ésta variación de flujo de gases en la tubería de escape se debe instalar un sistema de control de flujo de gases, de esa manera se obtendrá un flujo constante en el punto de generación.

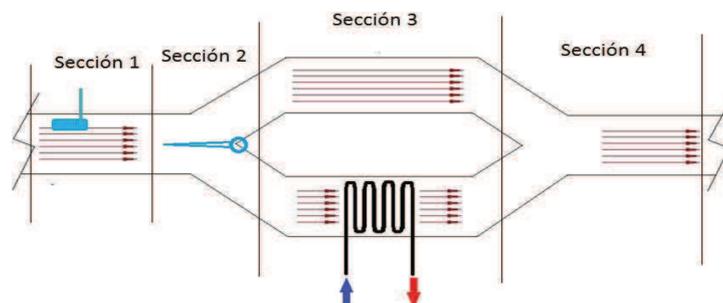


Fig. 4. Propuesta de regulador de gases de escape.

La figura 4 muestra un diseño con 4 diferentes secciones, de las cuales a continuación se explicará su funcionamiento:

La sección 1 indica el sensor de caudal de gases exhaustos. Este sensor determinará la cantidad de gases que fluyen en ese momento. Esto controlará la posición de la válvula de la sección 2.

La sección 2 muestra la válvula multiposición. El trabajo de esta válvula es direccionar la cantidad de gases de escape suficiente para mantener un rango de temperatura adecuada, hacia el lado donde se encuentra colocada la fuente de energía térmica.

La sección 3 está compuesta por 2 vías. Una es la parte en la que se encuentra el serpentín de generación. La otra parte de la tubería es a donde se dirigirán el resto de los gases exhaustos.

La sección 4 muestra la continuación del camino de los gases exhaustos hacia la salida.

Con la instalación de este sistema también se evitará un problema que ha sido de gran cuidado en un sistema VAR, el cual es la cristalización del bromuro de litio.

6 Evaluación: Análisis dimensional del sistema VAR propuesto

Es importante evaluar las dimensiones de las diferentes partes del sistema VAR propuesto con el fin de determinar la viabilidad dimensional de la instalación en el automóvil.

Habrà que analizar el área de instalación del equipo propuesto en el automóvil y determinar si es posible su instalación con los resultados obtenidos en el análisis dimensional de los componentes.

Es importante destacar que los componentes de un sistema VAR son más robustos que los componentes de un VCR, por lo tanto habrá que tomar una decisión sobre el lugar específico y la viabilidad dimensional de la instalación de cada uno de los componentes dentro del automóvil.

El volumen a ocupar por cada componente se determinará en relación con la cantidad de líquido que deba contener, el material y el grosor con el cual deba estar hecho según las características de presión y temperatura a la cual se deba trabajar.

7 Observaciones

El proyecto que se propone en este artículo aún se encuentra en vías de desarrollo. La sección de evaluación de cargas térmicas de la cabina es la sección más pronta a terminar, en donde se obtendrá como resultado la capacidad de refrigeración requerida para llegar al confort térmico de los tripulantes.

El Análisis de los componentes sistema VAR estará basado en los resultados de la capacidad de refrigeración requerida, sin embargo se piensa que se puede comenzar a trabajar en paralelo suponiendo una cantidad cualquiera de capacidad requerida para después solo sustituir datos.

Por último, la evaluación dimensional del equipo VAR está estrictamente ligado a los resultados del análisis de los componentes, sin duda este será el último paso a desarrollar en el proyecto.

El proyecto está pensado para resolver y despejar posiblemente todas las dudas sobre el sistema VAR, su correcto funcionamiento y la viabilidad para su instalación en un automóvil, antes de pasar a la fase de construcción y experimentación. En otras palabras, el resultado global de este proyecto, determinara su paso a la siguiente fase.

8 Referencias

1. Horuz I.: Vapor Absorption Refrigeration in Road Transport Vehicles. *Journal of Energy Engineering*. Vol. 125, No. 2, 1999.
2. Isaza C., Pilatowsky I., Romero R., Cortés F.: Análisis termodinámico de un sistema de refrigeración solar por absorción usando soluciones de Monometilamina – Agua para la conservación de alimentos. *Facultad de Ciencias Agropecuarias*. Vol 8 No. 1, 2010.
3. Elonka S., Minich Q.: “Refrigeracion y aire acondicionado: Preguntas y respuestas”. 3er Edicion, Mc Graw Hill, 1988.
4. Threlkeld J.: “Ingeniería del Ámbito Térmico”. Ed. Prentice Hall International. Englewood Cliffs, New Jersey, 1973.
5. McQuinston F., Parker J.: “Heating, Ventilating and Air Conditioning”, 2nd Edition, John Wiley and Sons, 1982.
6. Dossat R.: *Principios de refrigeración*. CECSA, 1991.

Diseño de Plan de Contingencias ante Agentes Perturbadores en el Área de Control Regional de una Empresa Generadora de Electricidad

Jaime Alfonso León-Duarte¹, Fernando Valenzuela-Nuñez¹, René Daniel Fornés-Rivera²

¹Universidad de Sonora, Departamento de Ingeniería Industrial, Rosales y Blvd. Luis Encinas S/N, C.P. 83000, Hermosillo, Sonora, México

jleond@industrial.uson.mx, fvalenzuela1@hotmail.com

²Instituto Tecnológico de Sonora, Departamento de Ingeniería industrial, Kino y Blvd. Villa Itson, S/N, C.P. 85201, Cd. Obregón, Sonora, México

rene.fornes@itson.edu.mx

Resumen. Los agentes perturbadores o agentes destructivos a lo largo de la historia se han venido manifestado de diferentes maneras, trayendo consigo como principal consecuencia la pérdida de miles de vidas; El problema que más frecuentemente se presenta, respecto al comportamiento individual o comunitario de la población ante los desastres, es la falta de preparación para enfrentarlos en sus tres momentos básicos: antes, durante y después. Estas, entre otras razones hacen necesario documentar los procedimientos, a partir de guías técnicas estandarizadas para reaccionar ante agentes perturbadores, entre ellos planes de contingencias que guíen las acciones para el personal de la empresa bajo estudio, en caso de presentarse alguna situación de riesgo.

Palabras claves: planes de contingencias, agentes perturbadores, manual de procedimientos.

1 Introducción

En la actualidad vivimos en un mundo lleno de riesgos. Eventos de la naturaleza como el huracán Katrina el cual afectó algunos mercados internacionales como el petróleo, el gas y las grandes compañías aseguradoras. Atentados terroristas como los del 11 de septiembre del año 2001 repercutieron en cuantiosos daños materiales y víctimas de muerte, ocasionando daños económicos estimados en cerca de 80 mil millones de dólares [1]. Es por esto que las empresas de todo el mundo deberían de tomar acciones ante la prevención de riesgos y que mejor que contar con un manual de procedimientos que cuente con planes de contingencias en los cuales se especifiquen de manera detallada las acciones a realizar antes, durante, y después de una evento inesperado (contingencia).

Antes: porque generalmente las personas no consideran la posibilidad de que algún desastre pueda ocurrir o afectarles, razón por la cual no se preparan física ni psicológicamente para enfrentarlos.

Jaime Alfonso León-Duarte, Fernando Valenzuela-Nuñez, René Daniel Fornés-Rivera, *Diseño de Plan de Contingencias ante Agentes Perturbadores en el Área de Control Regional de una Empresa Generadora de Electricidad*, en: Mario Barceló-Valenzuela, Alonso Perez-Soltero, Oscar Mario Rodríguez-Elias, María Trinidad Serna-Encinas (Eds.), *Avances de Investigación en Ingeniería en el Estado de Sonora*, pp. 322- 326, 2012.

Durante: porque en muchos casos, el miedo y la confusión del momento no hacen posible que las personas tomen la mejor decisión para actuar en consecuencia y resguardar su vida y la de su familia.

Después: por que la visión de desorden y .desequilibrio que puede presentarse a su alrededor, aunado a un desgaste emocional y físico, puede llevar a la persona a realizar acciones en su perjuicio, tales como ingerir agua contaminada, encender fuego sin cerciorarse de que no haya fugas de gas y tantas otras actividades que podrían ocasionar nuevos desastres [2].

2 Marco teórico

2.1 Manual de procedimientos

Un manual de procedimientos es un instrumento administrativo que apoya el quehacer cotidiano de las diferentes áreas de una empresa. En este documento se establecen tanto las acciones como las operaciones que deben seguir para llevar a cabo las funciones generales de la empresa. Además, con los manuales puede hacerse un seguimiento adecuado y secuencial de las actividades anteriormente programadas en orden lógico y en un tiempo definido. En contraparte, Los procedimientos plantean una sucesión cronológica y secuencial de un conjunto de labores conectadas que constituyen la manera de efectuar un trabajo dentro de un ámbito predeterminado de aplicación [3]. Contar con manuales de procedimientos es necesario en una institución, por que existen gestiones que presentan cierto grado de complejidad y se requiere contar con descripciones claras y precisas de sus procesos; de tal manera que sea fácil consultarlos por parte de los usuarios internos y externos, asegurando así la uniformidad en el desarrollo de los trámites y procedimientos [4].

Cabe recalcar que aún no se ha encontrado (buscando información bibliográfica) un procedimiento estándar para el diseño o desarrollo de un manual de procedimiento. Sin embargo existen diferentes instituciones mexicanas que ofrecen guías para la elaboración de dichos manuales, en las cuales destacan: la universidad Nacional Autónoma de México, el Fondo Nacional de Apoyo para las Empresas en Solidaridad, la Secretaría de Relaciones Exteriores, entre otros.

6.1 Agentes perturbadores

Los Agentes perturbadores se clasifican en dos tipos que son los de origen natural y los de origen humano, estos son fenómenos que pueden alterar el funcionamiento normal de los asentamientos humanos o sistemas afectables y producir en ellos un estado de desastre. Los primeros provienen de la naturaleza, generalmente de cambios en las condiciones ambientales, de los desplazamientos de las grandes placas que conforman el subsuelo, o

de la actividad volcánica. Los de origen humano son consecuencia de la acción del hombre y de su desarrollo. En la tabla 1 se presenta los agentes perturbadores más comunes dependiendo del origen del fenómeno [5].

Table 1. Clasificación de los Agentes Perturbadores Atendiendo su Origen

Fenómenos Geológicos	Fenómenos Hidrometeorológico	Fenómenos Socio-Organizativos
<ul style="list-style-type: none"> • Sismos • Vulcanismo • Deslizamiento y Derrumbes (Cerros) • Colapso de Suelos • Hundimiento y Agrietamiento de Suelos • Tsunamis • Flujo de Lodo 	<ul style="list-style-type: none"> • Huracanes de Impacto Directo • Lluvias Intensas • Inundaciones • Desbordamiento de Ríos • Granizadas • Temperaturas Extremas • Vientos Fuertes • Sequias • Deslaves • Tornados • Tormentas Eléctricas 	<ul style="list-style-type: none"> • Disturbios Sociales • Terrorismo y Sabotaje • Interrupción de los Servicios Vitales a la Población • Accidentes Carreteros, Ferroviarios, Aéreas y Marítimos • Concentraciones Masivas de Población.
Fenómenos Químicos	Fenómenos Sanitarios	Con el crecimiento demográfico, asentamientos humanos de reciente creación y otros factores, la modificación de patrones y secuencias, trae consigo calamidades que, si no son nuevas, vienen a repercutir en la sociedad de manera distinta cada vez; Por lo tanto en la actualidad se analizan agentes perturbadores nuevos.
<ul style="list-style-type: none"> • Incendios Industriales • Incendios Urbanos • Explosiones • Derrame de Sustancias Químicas • Radiaciones • Fuga de Gases • Envenenamientos 	<ul style="list-style-type: none"> • Intoxicaciones • Epidemias • Contingencia ambiental • Plagas • Marea roja • Lluvia acida 	

2.1 Plan de contingencia

Un plan de contingencia identifica y define las acciones que se han de implementar ante una situación inusual que puede alterar el funcionamiento normal de una entidad, ya sea una empresa o una institución pública o privada. El objetivo principal de un plan de contingencias es la protección de la salud de su público objetivo [6].

3 Descripción del problema

En la actualidad el área de control noroeste, no cuenta con un manual de procedimientos ante agentes perturbadores, que ayude a apoyar a las labores de prevención y mitigación

de accidentes. El simple hecho de no contar con el manual antes mencionado podría traer como consecuencia para la empresa (en caso de presentarse alguna contingencia), la interrupción de sus servicios y todas aquellas pérdidas derivadas del mismo, así como algunas personas lesionadas y en un dado caso, hasta la pérdida de vidas. Es por este motivo la elaboración de dicho manual.

4 Metodología

El propósito de la presente metodología es mostrar los pasos en los cuales se esta basando para la elaboración del manual de procedimiento; consta de cuatro puntos esenciales los cuales se pide que sean descritos con la mayor precisión posible.

1. Delimitación del procedimiento 2. Recolección de información 3. Análisis de la información y diseño del procedimiento y 4. Análisis del procedimiento. Así mismo debe de contar con: identificación, índice, introducción, objetivo(s) del manual y desarrollo de los procedimientos.

5 Conclusiones

Con la elaboración del manual de procedimiento se pretende apoyar las acciones de prevención y seguridad de la empresa bajo estudio, es importante mencionar la grata participación del personal ante dicho trabajo. Que una organización prepare sus planes de contingencia ante agentes perturbadores, no significa que reconozca la ineficacia de sus acciones, sino que supone un avance a la hora de superar cualquier eventualidad que puedan ocasionar importantes pérdidas y llegado el caso no solo materiales sino personales [7].

6 Referencias

1. Kunreuther, H., Risk and reaction. Harvard international review [online] 28 (3), 37-42. Available at: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=aph&AN=23508185&site=ehost-live>, 2006.
2. Centro Nacional de Prevención de Desastres. Preparación para enfrentar los desastres en sus tres momentos: antes, durante y después. Recuperado desde: <http://www.cenapred.unam.mx/es/Publicaciones/archivos/2892006Desastres.pdf>, 2006.
3. Universidad Nacional Autónoma de México. Manual de procedimientos Recuperado desde: <http://www.ingenieria.unam.mx/~guiaindustrial/disenoinfo/6/1.htm>, 2008.
4. Fondo Nacional de Apoyo para las Empresas en Solidaridad. Guía técnica para la elaboración de manuales de procedimientos. Recuperado desde: <http://intranet.fonaes.gob.mx/pdf/GuiaManProc.pdf>, 2011.

5. Protección civil morelos. La protección civil somos todos. Recuperado desde: <http://proteccioncivil.morelos.gob.mx/fenomenos.html>, 2011.
6. Conferencia de rectores de las universidades españolas. Guía del plan de contingencia ante la pandemia de gripe A(H1N1). Recuperado desde: http://www.crue.org/export/sites/Crue/documentos/GripeA/GRIPE_A.pdf, 2009.
7. Frigo E. (2010) Foro de profesionales latinoamericano de seguridad. Recuperado desde: <http://www.forodeseguridad.com/artic/segcorp/7209.htm>, 2010.

ISBN: 978-0-578-11278-7



ISBN: 978-0-578-11278-7