

EDITORIAL

CARTA DEL EDITOR

- 5 Fortalecimiento a la ciencia, la tecnología y la innovación

ARTICULOS ORIGINALES

BIOSENSORES

- 6 **Validación del dispositivo electrónico (medidor de biovoltaje) en el análisis del estrés psicológico en alumnos de la Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez (UTCJ)**
L Lujan, N Alba Baena, J Hernández, G Ibarra, JC Acosta Guadarrama,
FJ Enríquez Aguilera

AUTOMATIZACIÓN

- 18 **Automatización de máquina de transferencia de color para estampado de camisas tipo polo de algodón 100%**
I Ramírez, N Alba Baena, JM Orozco, J Molina, V Estebané Ortega,
RR Martínez Arroyo

METROLOGÍA

- 29 **Rediseño, fabricación e integración de un sistema de visión para mediciones**
O Rodríguez, J Molina, N Alba Baena, L Guillén, AL Portillo Hernández,
JHN Padilla Franco
- 40 **Prototipo de máquina de medición por coordenadas (interface con usuario)**
M Romero, J Molina, N Alba Baena, M Gómez, LH Rascón Madrigal,
O Ruiz Chávez

FABRICACIÓN

- 48 **Diseño de un prototipo de una máquina de moldeo de plástico para fabricar piezas de parafernalia**
E Sánchez, N Alba Baena, A Loya, G Rivas Valles, O Ruiz Chávez,
JE Aguilera González

HERRAMIENTAS

- 66 **Desarrollo de herramienta para identificar el impacto del cambio de tolerancias y dimensiones en un ensamble**
AO Torres Ríos, J Molina Salazar, N Alba Baena, M Gómez, N Nieto Saldaña, AL Portillo Hernández
- 75 **Diseño de herramienta para la fabricación de terminales prototipo**
LA Berumen Carlos, N Alba Baena, C Ponce, JHN Padilla Franco, R Noriega Armendáriz

DISEÑO MECÁNICO

- 84 **Diseño de refuerzo para una tabla para patinar**
G Amador Contreras, N Alba Baena, LG Loeza Chin, CV Esquivel Rivera, ME Borunda Escobedo

INGENIERÍA INDUSTRIAL

- 94 **Metodología para el mejoramiento continuo de procesos de manufactura, basado en lean sigma y aplicada al proceso de elaboración de arneses automotrices**
MI De la Cruz Rodríguez, FJ Estrada Orantes, M Díaz Mendoza, JF Estrada Saldaña, R Ríos Rodríguez
- 107 **Capacidades de absorción, innovación y respuesta: su influencia en la agilidad de cadena de suministro**
L Valles Monge, A Máynez Guaderrama
- 122 **Análisis del síndrome de *burnout*, molestias músculo esqueléticas y el contenido del trabajo en mandos medios y superiores de la industria maquiladora en Ciudad Juárez**
SG Valadez Torres, AA Maldonado Macías, JL García Alcaraz, OO Vergara Villegas, A Flores Abad
- 132 **Estimación de las fuerzas de agarre y pinzamiento de una muestra de población adulta del estado de Chihuahua para elaborar guía de diseño de trabajos y herramientas manuales**
EI Ramírez Campa, G Ibarra Mejía, A Guerra Jaime
- 140 **Aplicación del diseño por mezclas en la industria alimentaria**
EJ Puente Ramírez, R Romero López, MI Rodríguez Borbón, HA Trejo Mandujano
- 152 **Análisis con enfoque holístico e implementación de mejora a la línea de producción BTS**
I Navarro Hernández, G Ibarra Mejía, JG Palacios Valerio

EFICIENCIA

- 165 **Implementación de la metodología seis sigma para mejoramientos de troqueles de alta velocidad**
H Ponce, D Cornejo, J Molina, FJ López Benavides

INGENIERÍA DE CALIDAD

- 178 **Análisis de robustez de procesos para evaluar factibilidad de implementar control en línea**
JM Pizarro León, RD Molina Arredondo, R Romero López, O Nuñez Ortega

ERGONOMÍA

- 189 **Evaluación de riesgo ergonómico en el área detrás de pantallas de cine**
CA Vitela González, MT Escobedo Portillo,

ESTADÍSTICAS

- 198 **Perfil antropométrico de la población del estado de Chihuahua**
AG Vázquez Salinas, G Ibarra Mejía, A Guerra Jaime

PSICOLOGÍA

- 208 **Evaluación de carga mental de trabajo en profesionales de enfermería del turno vespertino de un hospital público de Ciudad Juárez, Chihuahua**
MP Bustamante Sáenz, AA Maldonado Macías, JL García Alcaraz,
JL Hernández Arellano, V Trillo Morales, N Loreto Quintana

LOGÍSTICA

- 216 **Factores logísticos que inciden en el aumento de la competitividad de las PyMES: una revisión de literatura**
TI Bailón García, R Romero López, A Alvarado Iniesta, J Romero González
JJ Guerrero Ávila

SOFTWARE

- 226 **Interfaz gráfica para el cálculo de flujos de potencia en redes eléctricas**
JA Pérez Venzor, O Nuñez Ortega, NA Corchado Nevarez, R Ortiz Chavarría,
AE Quezada Carreón, LH Rascón Madrigal, O Ramírez Sandoval

MEDIO AMBIENTE

- 234 **Material particulado y metales pesados en aire en ciudades mexicanas**
A Legarreta Perusquia, AY Corral Avitia, M Delgado Ríos, J Torres Pérez,
JP Flores Marguez

CIENCIAS SOCIALES

- 246 **Bienestar social de los trabajadores jornaleros migrantes del campo en Nuevo Casas Grandes, Chihuahua**
V Trillo Morales, C Figueroa Valenzuela, N Loreto Quintana, JI Ramos Guevara
GI Zesati Pereyra

CADENA DE SUMINISTROS

- 251 **La gestión de despacho aduanero en NEEC**
E Barrón López, JG Palacios Valerio, F López Hernández

Carta del Editor

El conocimiento científico y el desarrollo tecnológico enriquecen el patrimonio cultural de las naciones y estimulan su capacidad para innovar por lo que son elementos clave del desarrollo equilibrado y sostenible de las sociedades modernas. Es por ello que el presente número de la revista *Cultura Científica y Tecnológica* se integra con un conjunto importante de artículos de excelente calidad y contenido relacionados con las áreas de Biosensores, Automatización, Metrología, Fabricación, Herramientas, Diseño Mecánico, Ingeniería Industrial, Eficiencia, Ingeniería de Calidad, Ergonomía, Estadística, Psicología, Software, Medio Ambiente, Ciencias Sociales. Además cada uno de ellos está basado en acciones que contribuirán al fortalecimiento de la ciencia, la tecnología y la innovación a nivel internacional.

Dr. Jaime Romero González

Validación del dispositivo electrónico (medidor de biovoltaje) en el análisis del estrés psicológico en alumnos de la Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez (UTCJ)

Luz Lujan¹, Noé Alba Baena¹, Juan Hernández¹, Gabriel Ibarra¹, Juan Carlos Acosta Guadarrama¹, Francisco Javier Enríquez Aguilera¹

¹Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

Resumen

El estrés psicológico es un estado común en los seres humanos, ya que este, le permite afrontar diferentes situaciones de la vida cotidiana; sin embargo, cuando el estrés se presenta de manera prolongada o es de gran intensidad y el individuo no hace frente a esa situación, puede provocar otras afecciones, como son presión arterial alta, diabetes, trastornos neuro-psiquiátricos, depresión, entre otros; es por ello de vital importancia prevenir la ocurrencia continua. Por tanto se ha dado el acercamiento de ingeniería a través de la creación de un dispositivo electrónico usando sensores clasificados como biomédicos; el cual, permite encontrar la diferencia en el cambio de lecturas fisiológicas relacionadas con el estrés de la persona, es decir; el dispositivo toma las lecturas fisiológicas en un estado normal para compararlo con un estado estresado (basado en los estímulos recibidos). Las lecturas tomadas permiten identificar si el estímulo recibido ha afectado directamente al individuo (ha habido un cambio en el voltaje); para posteriormente encontrar la relación entre esta lectura y el resultado de las pruebas tradicionales de detección del estrés. Al mantener un control continuo de este cambio, así como su frecuencia e intensidad; se pueden tomar acciones al respecto para reducir el estrés y evitar que este provoque afecciones mayores.

Palabras clave: Estrés, biovoltaje.

Introducción

Por casi 2500 años los desórdenes afectivos han sido descritos como enfermedades comunes, pero en los años recientes han despertado el interés como un problema mayor de salud por las consecuencias que este padecimiento trae consigo (Sadock's, 1999). Los desórdenes afectivos son consecuencia de la exigencia del entorno que crea altos niveles de trastornos mentales, disfunción significativa en una o

más áreas del desempeño social u ocupacional. De seguir con esta condición globalmente se proyecta que la cuota de discapacidad debida a trastornos mentales aumentará casi un 5% desde el 1990 a 14.7% para el 2020 (OMS, La depresión una crisis mundial, 2012). Se estima que el 75% de los trabajadores mexicanos sufre de este mal, según datos del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS); (Maltos, 2013).

Mientras que en la UTCJ se presenta el estrés en un 76% de los alumnos en cierto momento de su vida, por estudios previamente realizados.

En países desarrollados, que cuentan con sistemas de atención bien establecidos, entre el 44% y el 70% de las personas con trastornos mentales no reciben tratamiento. En los países en desarrollo estas cifras son aún mucho más sorprendentes y llegan casi al 90%. (OMS, Plan de salud mental 2013-2020, 2013). Es por ello que se busca utilizar un dispositivo para que el individuo detecte, por sí solo su estrés y tome acción al respecto; ya que debido a las encuestas realizadas en nuestra población objetivo, muestran que el 90% no ha realizado ningún cuestionario para detectar el estrés, ni han solicitado ayuda; pues considera el 55% de ellos que los síntomas no corresponden al estrés o estos síntomas pasaran (Tabla 1).

De los trastornos mentales para el 2020, la depresión se habrá convertido en la segunda causa principal de discapacidad a nivel mundial. En los países desarrollados, la depresión ocupará el tercer lugar en discapacidad y en países en desarrollo ocupará el primer lugar, por esta situación es posible que la tasa de suicidios también tienda a subir (OMS, Informe de la OMS, 14/Mayo/2014). La depresión es un trastorno mental frecuente, en su forma más grave, puede conducir al suicidio. Si es leve, se puede tratar sin necesidad de medicamentos, pero cuando tiene carácter moderado o grave se pueden necesitar medicamentos y psicoterapia profesional (OMS, La depresión una crisis mundial,

2012). La depresión tiene su origen en el estrés de forma prolongada o intensidad alta. El estrés es una respuesta del organismo para luchar por sobrevivir, causando varios cambios en él; el estrés es una respuesta que prepara al individuo dándole recursos extras para afrontar alguna exigencia o huir de ella; de la misma manera el estrés implica tensión, que puede ser provocada por exposición prolongada a los estresores. Síntomas psicósomáticos, infartos, diabetes, cáncer y vejez prematura son algunas de las repercusiones a esta exposición, de acuerdo a Selye en su libro "The Stress of Life" (Selye, 1956). Es importante considerar como se va comportando el estrés a través del tiempo y cuáles son los cambios que el organismo va experimentando a través del mismo (Figura 1). Walter B. Cannon es uno de los padres del enfoque teórico del estrés (Arenas, 2006); durante los años treinta, Cannon estudió la respuesta de activación neurovegetativa y de la médula suprarrenal ante la presentación de estímulos que amenaza la homeostasis; en sus estudios comunicó "los niveles críticos del estrés" y los definió como aquellas situaciones que producen un debilitamiento de los mecanismos homeostáticos (Cannon, 1935). En 1936, Hans Selye, otro de los exponentes de la perspectiva teórica del estrés, definió al "síndrome general de adaptación" como la respuesta del organismo a algo perdido, un desequilibrio al que se debe enfrentar; lo divide en distres y Eustres (Payne R., 2001), (Winkleby MA, 1988). El primero se refiere al estrés perturbador o "malo" y el segundo al estrés bueno o que produce resultados positivos o constructivos.

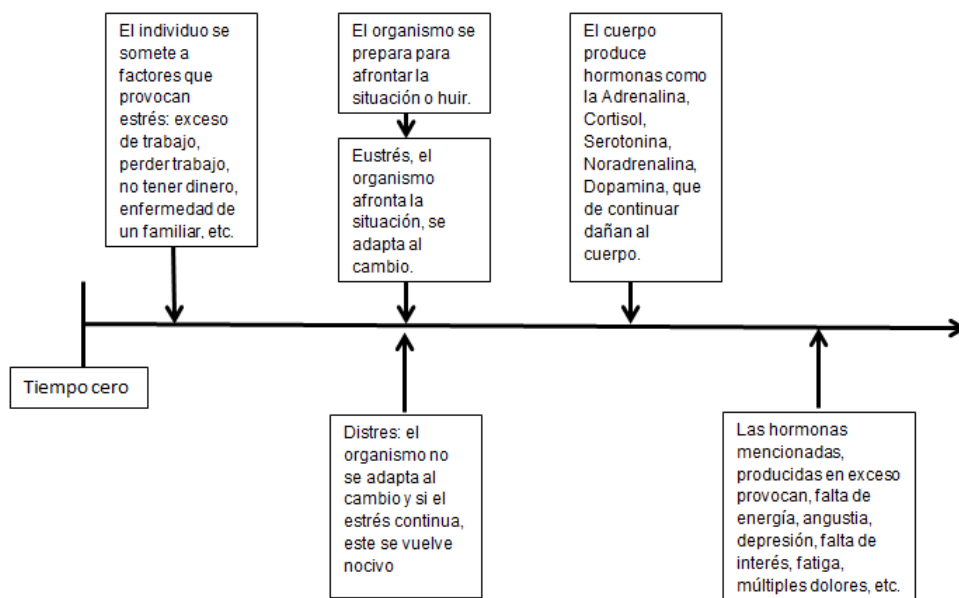


Figura 1. Línea del tiempo del estrés

Métodos

Los métodos para detección del estrés se han desarrollado desde tiempo atrás; los cuales siguen siendo usados por los expertos para su diagnóstico; estas pruebas se identifican como “pruebas tradicionales” para diferenciarlas del diagnóstico por medio del dispositivo electrónico. Entre las pruebas tradicionales se encuentran dos las cuales utilizaremos como referencia.

- 1) Prueba DMS, la cual, mide a través de preguntas directas, la cantidad de síntomas relacionados con el estrés; de tal manera que si el individuo presenta 3 o más síntomas, es considerado estresado (Bryant, Friedman, Spieel, Ursano, & James, 2011). Anexo 2
- 2) Escala de Holmes y Rahe (HyR).- Esta prueba permite medir el nivel de

estrés a través de los estresores a los que ha sido sometida la persona en los últimos 12 meses (Anexo 2); cada estresor tiene un valor y si la suma de estos es menor que 180 se considera estrés inicial; entre 180 y 300 se considera moderado; mientras que puntuación mayor 300 el estrés es considerado grave (Holmes & Rahe, 1967); para ello usa el Anexo 1.

El análisis consiste en la toma de las pruebas tradicionales para la detección del estrés y el uso del medidor de biovoltaje; (Lujan, 2014); con el fin de correlacionar ambas respuestas; las mediciones son tomadas en la población estudiada (Alumnos UTCJ) tomando 102 muestras; el perfil de los

individuos analizados se indica en la Tabla 1.

Se realiza la prueba tradicional inicial al cada individuo; Se procede a tomar la lectura del individuo con el medidor de biovoltaje, sin estímulo. Nuevamente se toma la lectura a la persona estudiada, pero ahora bajo un estímulo estresor. Para definir el estímulo adecuado se considera que el estrés ha sido estudiado mediante diferentes métodos. Un enfoque ha intentado inducir estados anímicos similares a la depresión, al pedir a controles sanos que recuerden memorias tristes o presentar relatos e imágenes que producen la sensación de tristeza, para luego estudiarlos con la utilización de imagenología funcional. Otro enfoque ha sido estudiar tanto anatómica como funcionalmente a los pacientes con depresión. Utilizando imágenes funcionales

se han descrito diversas regiones y circuitos que se correlacionan con estos estados de tristeza (Etkin & Wager, 2007). (Pardo, Pardo, & Raichle, 1993) Evidenciaron un aumento del flujo sanguíneo en la región superior e inferior frontal durante la recolección de memorias tristes. (Mayberg HS, 2001) Obtuvieron imágenes funcionales al utilizar un paradigma en el cual los sujetos recordaban memorias autobiográficas para inducir la tristeza. Estos cambios en la región frontal y prefrontal derecha han puesto de manifiesto la relación entre esta parte del cerebro y la depresión. Por lo que esta información aunada al dispositivo medidor de biovoltaje son usados en la metodología usada en la investigación. Por tanto la estructura de toma de datos se realiza de la siguiente manera, véase la Figura 2.

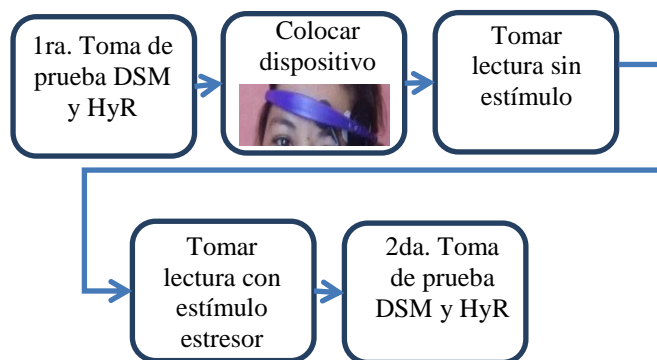


Figura 1. Metodología de toma de datos

Resultados

El perfil de los individuos analizados se presenta en la Tabla 1. Para validar las pruebas tradicionales utilizadas se realiza una doble prueba empatando su resultado, además, se correlaciona la primera (DSM) y la segunda (HyR) para cada individuo;

buscando una estandarización de la misma. Al realizar este procedimiento se obtuvo que el 92% de los individuos analizados respondieran de la misma manera a la primera prueba que a la segunda. Adicionalmente se realizó la correlación

entre el nivel de estresores HyR y la prueba de síntomas DSM, tomando más de 3 como

estresado. Encontrando que efectivamente existe una correlación ya que $P < 0.05$.

Correlaciones: HYR, SÍNTOMAS>3

Correlación de Pearson de HYR y SÍNTOMAS>3 = 0.602
Valor P = 0.000

Corresponde el turno al uso del dispositivo electrónico, el cual es necesario ajustar de

acuerdo a las ondas cerebrales generadas por una persona en estado relajado (Figure 3)..



Figura 3. Ondas beta obtenidas en la parte frontal del cerebro (Guyton & Hall, 2001)

El dispositivo utilizado detectó la forma de las ondas cerebrales en una persona relajada, lo que se muestra en la Figura 4. Mientras que las lecturas tomadas a la misma persona

considerada en un momento de estrés de acuerdo a las pruebas tradicionales, se observa en la Figura 5.

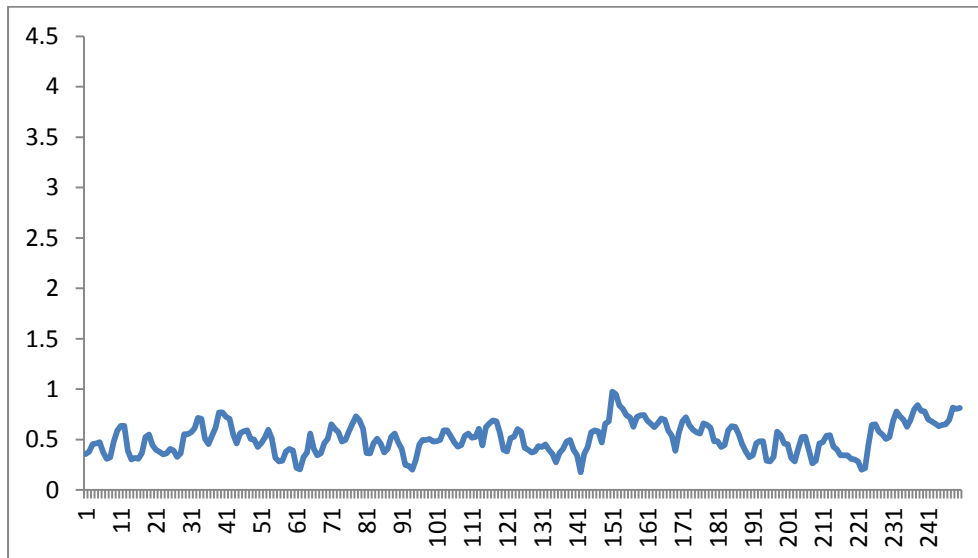


Figura 4. Ondas cerebrales obtenidas con dispositivo medidor de biovoltaje en persona en estado relajado

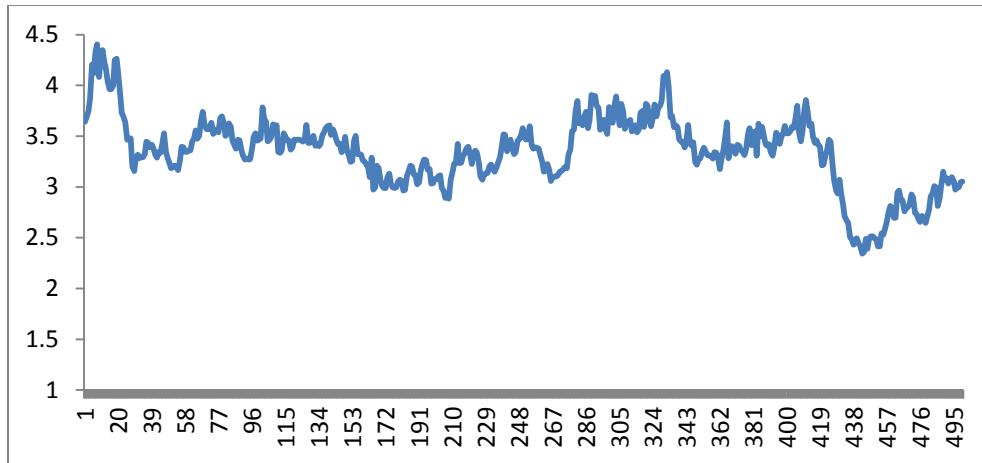


Figura 2. Ondas cerebrales tomadas en una persona en estado estresado

Tabla 1. Perfil de individuos analizados

Perfil	Porcentaje
Mujer	56.9%
Hombre	43.1%
20 Años o mas	60.0%
menor a 20 años	40.0%
Área de ingeniería	20.0%
Área de negocios	80.0%
Trabaja	78.0%
Ha realizado cuestionario para detectar estrés (no)	91.0%
Motivos de no utilizar cuestionario (No sabia de su existencia)	20.0%
Motivos de no utilizar cuestionario (No sabia que los sintomas fueran estrés)	35.0%
Motivos de no utilizar cuestionario (los sintomas pasarán)	30.0%
Cuando has tenido estos sintomas has solicitado ayuda (no)	90.0%
Motivos de no solicitar ayuda (consideran que los sintomas pasarán)	60.0%

Las 102 muestras fueron tomadas, utilizando la prueba de referencia (Anexo 2), lecturas sin estímulo y lecturas bajo un estímulo estresor. El siguiente análisis permite

establecer si existe una diferencia estadística entre las lecturas tomadas en el individuo sin ningún estímulo y bajo el estímulo estresor a través de un análisis de t pareada

IC y Prueba T pareada: Sin estímulo, V. Estrés

T pareada para Normal - V. Estrés

	N	Media	Desviación Estándar	Error Est De la Media
Sin est.	102	1.5465	0.8394	0.0831
Est. Estrés	102	1.9546	0.9703	0.0961
Diferencia	102	-0.4081	0.8921	0.0883

Límite superior 95% para la diferencia de la media: - 0.2615

Prueba t de diferencia media = 0 (vs. < 0): Valor T = - 4.62 Valor P = 0.000

Es importante además establecer si existe una relación entre los datos medidos en voltaje y el estado estresado o no estresado, diagnosticado por el Anexo 2. Para comprender la relación es importante mencionar que cada muestra se asignó a un grupo (estresado o no estresado) de acuerdo al criterio antes señalado (prueba DSM más de tres síntomas es considerado estresado y

para prueba H y R más de 180 puntos es considerado estresado). Para ello se realiza un análisis ANOVA un factor, véase Tabla 2; con el fin de encontrar si existe diferencia estadística entre el grupo de los estresados y no estresados; ya sea para el voltaje medido bajo ningún estímulo y medido bajo el estímulo estresor.

Tabla 2. Análisis ANOVA un factor

<p>Voltaje medido sin estímulo y la prueba DSM, para creación de grupo estresado, no estresado.</p>	<p>Voltaje medido sin estímulo y la prueba HyR, para creación de grupo estresado, no estresado.</p>																																																
<p>ANOVA unidireccional: sin estímulo vs. Prueba DMS 0 Corresponde a no estresado 1 Corresponde a estresado</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Fuente</th> <th>GL</th> <th>SC</th> <th>CM</th> <th>F</th> <th>P</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SÍNTOMAS>3</td> <td>1</td> <td>0.105</td> <td>0.105</td> <td>0.15</td> <td>0.701</td> </tr> <tr> <td>Error</td> <td>100</td> <td>71.065</td> <td>0.711</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>101</td> <td>71.171</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>S = 0.8430 R-cuad. = 0.15% R-cuad. (Ajustado) = 0.00%</p>	Fuente	GL	SC	CM	F	P	SÍNTOMAS>3	1	0.105	0.105	0.15	0.701	Error	100	71.065	0.711			Total	101	71.171				<p>ANOVA unidireccional: sin estímulo vs. Prueba HyR 0 Corresponde a no estresado 1 Corresponde a estresado</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Fuente</th> <th>GL</th> <th>SC</th> <th>CM</th> <th>F</th> <th>P</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0-180A</td> <td>1</td> <td>1.501</td> <td>1.501</td> <td>2.15</td> <td>0.145</td> </tr> <tr> <td>Error</td> <td>100</td> <td>69.670</td> <td>0.697</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>101</td> <td>71.171</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>S = 0.8347 R-cuad. = 2.11% R-cuad. (Ajustado) = 1.13%</p>	Fuente	GL	SC	CM	F	P	0-180A	1	1.501	1.501	2.15	0.145	Error	100	69.670	0.697			Total	101	71.171			
Fuente	GL	SC	CM	F	P																																												
SÍNTOMAS>3	1	0.105	0.105	0.15	0.701																																												
Error	100	71.065	0.711																																														
Total	101	71.171																																															
Fuente	GL	SC	CM	F	P																																												
0-180A	1	1.501	1.501	2.15	0.145																																												
Error	100	69.670	0.697																																														
Total	101	71.171																																															
<p>Voltaje medido bajo estímulo estresor y la prueba DSM, para creación de grupo estresado, no estresado</p>	<p>Voltaje medido bajo estímulo estresor y la prueba HyR, para creación de grupo estresado, no estresado</p>																																																
<p>ANOVA unidireccional: V. Estrés vs. DSM 0 Corresponde a no estresado 1 Corresponde a estresado</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Fuente</th> <th>GL</th> <th>SC</th> <th>CM</th> <th>F</th> <th>P</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Síntomas>3</td> <td>1</td> <td>4.530</td> <td>4.530</td> <td>5.00</td> <td>0.028</td> </tr> <tr> <td>Error</td> <td>100</td> <td>90.559</td> <td>0.906</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>101</td> <td>95.090</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>S = 0.9516 R-cuad. = 4.76% R-cuad. (Ajustado) = 3.81%</p>	Fuente	GL	SC	CM	F	P	Síntomas>3	1	4.530	4.530	5.00	0.028	Error	100	90.559	0.906			Total	101	95.090				<p>ANOVA unidireccional: estímulo estresor vs. HyR 0 Corresponde a no estresado 1 Corresponde a estresado</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Fuente</th> <th>GL</th> <th>SC</th> <th>CM</th> <th>F</th> <th>P</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0-180A</td> <td>1</td> <td>4.927</td> <td>4.927</td> <td>5.46</td> <td>0.021</td> </tr> <tr> <td>Error</td> <td>100</td> <td>90.162</td> <td>0.902</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>101</td> <td>95.090</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>S = 0.9495 R-cuad. = 5.18% R-cuad. (Ajustado) = 4.23%</p>	Fuente	GL	SC	CM	F	P	0-180A	1	4.927	4.927	5.46	0.021	Error	100	90.162	0.902			Total	101	95.090			
Fuente	GL	SC	CM	F	P																																												
Síntomas>3	1	4.530	4.530	5.00	0.028																																												
Error	100	90.559	0.906																																														
Total	101	95.090																																															
Fuente	GL	SC	CM	F	P																																												
0-180A	1	4.927	4.927	5.46	0.021																																												
Error	100	90.162	0.902																																														
Total	101	95.090																																															

Conclusiones

En base a los resultados obtenidos de aplicar una metodología se observan algunos hallazgos importantes para la problemática definida en este proyecto, lo que permite dar un paso más para resolver dicha problemática.

Se puede concluir que:

- a) Tanto en la Figura 4 como Figura 5, se observa un comportamiento cerebral muy distinto uno de otro.

b) El dispositivo de medición de biovoltaje puede detectar cuando un estímulo estresor le afecta a una persona; puesto que existe una diferencia estadística significativa entre las muestras del grupo de lecturas tomadas sin estímulo y el grupo de lecturas tomadas bajo estímulo estresor con un valor de $P=0.000$ en el análisis de t pareada.

c) Adicionalmente con los datos obtenidos del análisis ANOVA se puede observar que $p<0.05$ (0.028 y 0.021 para DSM y HyR respectivamente) por tanto si hay diferencia estadística significativa entre el grupo de los estresado y no estresado; clasificados de acuerdo a ambas pruebas tradicionales DSM y HyR; cuando el sujeto es sometido a un estímulo estresor.

d) Mientras que para las lecturas tomadas bajo ningún estímulo no existe

diferencia estadística entre el grupo de los estresados y no estresados de acuerdo a las pruebas DSM y HyR; debido a que el valor de P no es menor a 0.05 siendo su valor (0.70 y 0.14 respectivamente)

Por tanto se puede concluir que el dispositivo identifica si una persona esta estresada o no; esto fue posible cruzando los resultados de las lecturas medidas en voltaje con los resultados de las pruebas tradicionales del estrés, tanto la prueba DSM que corresponde a la relación del estrés de acuerdo a los síntomas fisiológicas; así como la prueba de la escala de Holmes y Rahe para los estresores que la persona ha vivido. Sin olvidar que las pruebas fueron realizadas en una población estudiantil; por tanto en base a esa población se realizarán todas las conclusiones. (Pruebas realizadas a alumnos de la Universidad Tecnológica de Cd. Juárez).

Referencias

Arenas, J. (2006). Stress in medical residents at a third level health care unit. *Cirujano General*, 28(2).

Balasubramanian Vimala, C. M. (2009). A Study on Stress and Depression Experienced in by Woman IT in India. *Psychology Research and Behavior Management*.

Bryant, R. A., Friedman, M. J., Spiel, D., Ursano, R., & James, S. (2011). A review of Acute Stress Disorders in DSM-5. *Focus*.

Cannon, W. B. (1935). Stresses and strains of homeostasis. *The American Journal of medical Sciences*.

Carver, C. S. (1989). Assessing coping strategies: A theoretically based approach. *Journal of Personality and Social Psychology*, 267-283.

Cohen, S., & Lazarus, R. (1979). *Coping with the stresses of illness*. San Francisco: Jossey-Bass.

Etkin, A., & Wager, T. D. (2007). Neuro imagen funcional de la ansiedad: un metaanálisis del procesamiento emocional en el trastorno por estrés posttraumático, el trastorno de ansiedad social y las fobias específicas. *Am J Psychiatry*.

Gomez, R., Hernandez, B., Rojas, U., Santacruz, O., & Uribe, R. (2008). *psiquiatria clinica: diagnostico en niños, adolescentes y adultos*, 3ra. edición. Bogotá, Colombia: Editorial Médica Panamericana.

Guyton, A., & Hall, J. (2001). Tratado de fisiología médica, Vol. 1, Décima edición. México D.F: McGraw-Hill Interamericana.

Harrison, R. V. (1978). Person-environment fit and job stress. New York: In C. L. Cooper & R. Payne.

Holmes, T., & Rahe, R. (1967). The social readjustment rating scale. *J. Psychosom.*, 213-218.

J. Ormel, W. M. (1991). Recognition, management and course of anxiety and depression in general practice. *Arch. Gen. Psychiatry*, 48:700-706.

Kellaway, P. (2003). Orderly Approach to Visual analysis: Elements of the Normal EEG and Their Characteristics in Children and Adults. En J. Ebersole, & T. Pedley, *Current Practice of clinical electroencephalography*, 3rd. edition. (págs. 100-159). Lippincott, Williams & Wilkins.

Li, C.-I., McLennan, H., & Jasper, H. (1986). Brain Waves and Unit Discharge in Cerebral Cortex. *Neurology and Neurosurgery*.

Lujan, L. A. (2014). Patente n° Pending. Juarez, Chihuahua.

Maltos, M. (2013). El estrés. DGDC-UNAM.

Martinez RS, L. A. (2000). Estrés y emoción. Manejo e implicaciones en nuestra salud. Bilbao, España: Editoria Descleé de Brouwer.

Morillo, L. E. (2008). Analisis visual del electroencefalograma. En R. Gomez, B. Hernandez, U. Rojas, O. Santacruz, & R. Uribe, *Psiquiatria Clinica: diagnóstico en niños, adolescentes y adultos* 3ra. edición (pág. Cap 17). Bogota, Colombia.: Editorial médica Panamericana.

Nystrom, S. (1979). Depression: factors related to 10 year prognosis. *Acta Psychiatr. Scand*, 60: 225-238.

Oblitas, G. (2005). Ansiedad y estrés. Calí, Colombia: Psicom Editores.

OMS. (14/Mayo/2014). Informe de la OMS. Ginebra Suiza: OMS.

OMS. (2012). La depresión una crisis mundial. OMS.

OMS. (2013). Plan de salud mental 2013-2020. Ginebra, Suiza: OMS.

Pardo, J., Pardo, P., & Raichle, M. (1993). Neural correlatos of self-induced dysphoria. *Am J Psychiatry*, 713-9.

Payne R., C. C. (2001). Emotions at work affect at work: a historical perspective. John Wiley and Sons Ltd.

Perez, R. (1988). Estres vida o muerte, cómo controlarlo. Tercera Edición. Mexico DF: IPN.

Sadock's, S. B. (1999). Comprehensive textbook of psychiatry. Ed. Lippincott William & Wilkins, Seventh edition.

Selye, H. (1956). Stress Of Life. New York, NY: Mc-Graw Hill.

Shiah, I., & Yatham, L. (1998). GABA function in mood disorders: an update and critical review. *Life Science*, 63:1289-1303.

Sutherland, V., & Cooper, C. (1988). Sources of work stress. London: Taylor and Francis.

Tekin, S., & Cummings, J. (2002). Frontal-subcortical neuronal circuits and clinical neuropsychiatry: an update. *J. Psychosom Res.*, 53(2): 647-654.

Wallace, J. M., & Szilagyi, A. D. (1982). Managing Behavior in organizations. Glenview, Illinois: Scott, Foreman and Company.

Winkleby MA, R. D. (1988). Reproated stressors and hypertension: evidence of an inverse association. *Am J Epidemiol*, 127:124-134.

Zhang, L. (2006). Bases neuroanatomicas e la depresión. *Revista UNAM*.

Anexos

Anexo 1. Escala Holmes y Rahe, para estresores (Holmes & Rahe, 1967)

100	Muerte de pareja, padres o novio	60	Divorcio/separación propio o de papas
60	Menopausia/ síndrome premenstrual	60	Encarcelamiento de un familiar
60	Muerte de un pariente cercano	45	Enfermedad que incapacite
45	Matrimonio reciente/compromiso	45	Despido de empleo
45	Expulsión de escuela	40	Reconciliación de la pareja
45	Retiro laboral por jubilación	40	Cambio de salud de un pariente cercano
35	Trabajo por más de 48 hrs. semanales	35	Embarazo
35	Problemas sexuales, ajuste de identidad	35	Llegada de un nuevo miembro de la familia
35	Cambio de rol de trabajo	35	Cambio de estado financiero
30	Muerte de amigo o conocido cercano	30	Cambio de numero discusiones con pareja, amigos, padres
25	Hipoteca, préstamo bancario reciente	25	Problemas de deudas
25	Dormir menos de 8 horas diarias	25	Cambiar responsabilidad en el trabajo
25	Problemas con la familia política	25	Logro personal sobresaliente
20	Comenzar, terminar una escuela	20	Cambio de condición de vida
20	Cambio habito personal (fumar, adicción)	20	Alergia crónica, enfermedades
20	Problemas con el jefe	15	Cambio de residencia
0	Pubertad	15	Problemas escolares
10	Infracciones a la ley	10	Época vacacional

Anexo 2. Prueba tradicional de detección de estrés de acuerdo a (Bryant, Friedman, Spiel, Ursano, & James, 2011), primera parte y (Holmes & Rahe, 1967), segunda parte.

Edad:Sexo:Fecha:Hora.....No encuestami estado de animo.....

Encierra el o los síntomas que has presentado en el **último mes**.

- 1) Me siento cansado aun cuando duermo el tiempo necesario.
- 2) Me siento insatisfecho.
- 3) Me siento triste sin ninguna razón aparente.
- 4) Soy olvidadizo.
- 5) Soy irritable y cortante con los demás.
- 6) Soy reservado.
- 7) Tengo problemas al dormir (ej: insomnio, pesadillas, dormir interrumpido).
- 8) Me enfermo continuamente.
- 9) Mi actitud hacia el trabajo (o estudio) es indiferente.
- 10) Tengo conflictos con otras personas.
- 11) Mi desempeño en el trabajo (o estudio) no es el deseable.
- 12) Utilizo alcohol y/o drogas para sentirme mejor (se incluyen psicofármacos, tranquilizantes).
- 13) La comunicación con los demás es un problema.
- 14) No me puedo concentrar como lo hacía antes.
- 15) Me aburro fácilmente.
- 16) Trabajo duro, pero mis logros dejan que desear.
- 17) Me siento frustrado.
- 18) No me gusta ir a trabajar (o estudiar).
- 19) Las actividades sociales son una molestia.
- 20) El sexo no vale el esfuerzo que exige.
- 21) Ninguno de los anteriores

Indica que eventos has vivido en el **último Año**, márcalo con una X al inicio del enunciado.

<input type="checkbox"/>	Muerte de pareja, padres o novio	<input type="checkbox"/>	Divorcio/separacion propio o de papas
<input type="checkbox"/>	Menopausia/ síndrome premenstrual	<input type="checkbox"/>	Encarcelamiento de un familiar
<input type="checkbox"/>	Muerte de un pariente cercano	<input type="checkbox"/>	Enfermedad que incapacite
<input type="checkbox"/>	Matrimonio reciente/compromiso	<input type="checkbox"/>	Despido de empleo
<input type="checkbox"/>	Expulsion de escuela	<input type="checkbox"/>	Reconciliacion de la pareja
<input type="checkbox"/>	Retiro laboral por jubilación	<input type="checkbox"/>	Cambio de salud de un pariente cercano
<input type="checkbox"/>	Trabajo por mas de 48 hrs semanales	<input type="checkbox"/>	Embarazo
<input type="checkbox"/>	Problemas sexuales, ajuste de identidad	<input type="checkbox"/>	Llegada de un nuevo miembro de la familia
<input type="checkbox"/>	Cambio de rol de trabajo	<input type="checkbox"/>	Cambio de estado financiero
<input type="checkbox"/>	Muerte de amigo o conocido cercano	<input type="checkbox"/>	Cambio de numero discusiones con pareja, amigos, padres
<input type="checkbox"/>	Hipoteca, préstamo bancario reciente	<input type="checkbox"/>	Problemas de deudas
<input type="checkbox"/>	Dormir menos de 8 horas diarias	<input type="checkbox"/>	Cambiar responsabilidad en el trabajo
<input type="checkbox"/>	Problemas con la familia política	<input type="checkbox"/>	Logro personal sobresaliente
<input type="checkbox"/>	Comenzar, terminar una escuela	<input type="checkbox"/>	Cambio de condición de vida
<input type="checkbox"/>	Cambio habito personal (fumar, adicción)	<input type="checkbox"/>	Alergia crónica, enfermedades
<input type="checkbox"/>	Problemas con el jefe	<input type="checkbox"/>	Cambio de residencia
<input type="checkbox"/>	Pubertad	<input type="checkbox"/>	Problemas escolares
<input type="checkbox"/>	Infracciones a la ley	<input type="checkbox"/>	Epoca vacacional

Automatización de máquina de transferencia de color para estampado de camisetas tipo polo de algodón 100%

Ismael Ramírez¹, Noé Alba Baena¹, José María Orozco, Javier Molina¹, Virginia Estebané Ortega¹, René Ramón Martínez Arroyo¹

¹Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

Resumen

La automatización es aplicada debido a que los procesos necesitan ser cada vez más flexibles, eficaces y productivos, lo que se traduce en requisitos cada vez mayores de integración, las nuevas tecnologías permiten afrontar estos nuevos retos. En este proyecto se realiza la automatización de una máquina de estampado textil de transferencia de calor manual mediante la integración de un sistema digital, neumático y electrónico, para medir y controlar las variables de temperatura, tiempo y presión, ya que en la máquina manual la temperatura se controla con un termostato, sin ser exacta; la presión es ejercida por medio de una palanca mecánica. Para realizar la comparación de los estampados de la máquina manual y la automática se utilizó la tela tipo pique 100% algodón, tomando el tiempo, la presión y la temperatura en el estampado, así como el tiempo total del proceso incluyendo la recopilación de los datos. Al automatizar esta máquina se disminuye del 28% al 10% los defectos en la calidad del estampado, al reducir la desviación estándar de los promedios de la temperatura de un 10 a un 3 y el proceso de 7 min, a 3 min, aproximadamente.

Palabras clave: Automatización, Estampado, Algodón.

Introducción

La automatización para mejorar la productividad, efectividad y la calidad, se realiza por medio de la utilización de la Tecnología de Manufactura Avanzada (TMA) (Maldonado-mac, Guill, Barr, & Garc, 2011) y la manufactura integrada por computadora (CIM) (García, y Castillo, 2007). El estampado textil por medio de transferencia de calor a nivel micro y pequeña empresa, en su mayoría utilizan las prendas hechas de algodón 100%, el proceso se realiza con una plancha de transferencia de calor manual (Figura 1). El estampado por medio de transferencia de calor se trata

de una técnica muy sencilla de estampado en textiles, plásticos y papel (Secretaría de Economía, s.f.).



Figura 1. Plancha de transferencia de calor manual

Antecedentes de la invención

Esta invención se refiere en general a una máquina para la aplicación y transferencia de estampados en prendas de vestir, en particular para puntos de venta al por menor. Esto con la finalidad de satisfacer la necesidad de los clientes de: variedad de colores en tintas y en telas, buena calidad en la impresión, tener buenos acabados en la impresión y que los trabajos tengan la limpieza necesaria, verificar que los colores implantados en las telas hayan tenido una buena fijación y hacer la entrega puntual de todos los contratos (Secretaría de Economía, s.f.).

Se han realizado varios tipos de máquinas de transferencia de calor tales como prensas y similares, han logrado mejorar la medición y el control de la temperatura y el tiempo. Las que han logrado conjuntar el control y manejo de las variables de temperatura, presión y tiempo son las planchas a nivel industrial, ya que el costo es sustancialmente elevado, por lo que en su mayoría en las planchas manuales se han limitado a tan sólo 2 de las tres variables. Tomando como

referencia las siguientes patentes: 4058055 (Douglas, 1977), 5435883 A (Myers, 1995), EP 0983848 B1 (Baggen, & Griehl, 2003), EP 2218574 A1 (Albanese, 2010), US 2005/0278984 (Kenney, 2004) y US 8418739 B2 (Robinson, 2010); se logra la automatización a la máquina de transferencia de calor manual.

Sumario de la invención

En consecuencia el objeto de la invención es lograr la integración de un sistema digital, neumático, y electrónico para controlar y medir las variables de temperatura, tiempo y presión en cada estampado textil. Lo anterior para lograr disminuir la desviación estándar en los promedios de la temperatura, para reducir del 28% al 10% los defectos de la calidad del estampado. Los promedios de la temperatura se miden en grados centígrados. La temperatura determina la calidad de los estampados y se mide por atributos.

Como consecuencia de la automatización, el proceso total del estampado se reduce de 7 a 3 min.

Métodos

Máquina de transferencia de estampado automática.

La automatización se inicia con el sistema neumático, se utiliza un pistón (FESTO, 2012), que se activa con una válvula de posición MPYE 5/3 vías (FESTO, 2013), un filtro para aire (Grainer, 2014) y un compresor de aire (Brochas y Productos, 2014). La integración del sistema neumático al sistema electrónico se realiza con tres

relevadores. El sistema eléctrico empieza con el cable que se conecta directamente a la luz, al que se le cambia la clavija por seguridad, se coloca una botonera donde está el encendido botón verde y paro de emergencia botón rojo, para que en caso de algún accidente el pistón libere inmediatamente la placa superior, el sistema eléctrico se conecta a la resistencia y a un toma corriente de 2 entradas para alimentar

todo el sistema automático con un múlticonector, un convertidor de tensión AC/CC (STEREN, s.f. a) que alimenta el Arduino y un convertidor de tensión múltiple (STEREN, s.f. b) para alimentar el sistema electrónico.

Para el sistema eléctrico se diseñan los circuitos electrónicos en tablilla de cobre en el programa Proteus v-8 para poder quitar la tablilla de prueba. Un amplificador para la señal de la temperatura (OMEGA, s.f.). Para los sensores de presión se diseña un acoplador de impedancias recomendado por el proveedor (ELECTRONICS, s.f.). Y un circuito electrónico para completar el sistema automático. Se instala un botón de inicio para el proceso de estampado. Los sensores de temperatura y los circuitos electrónicos se colocan en cajas de plástico para protegerlos.

Se hace la programación del Arduino, donde se reciben los impulsos eléctricos que son datos analógicos y los convierte a digitales. Con el programa de Visual C# 2010 Express, se miden y controlan las variables de presión, tiempo y temperatura, así como el funcionamiento de la automatización. Visual C++, despliega una pantalla que muestra los datos de las variables de presión,

temperatura y tiempo, el producto que se está trabajando, la temperatura y tiempo establecido, la lectura de cada uno de los sensores de temperatura y presión, así como el promedio de la temperatura y la presión. También muestra 6 opciones de producto, accediendo a la programación, es posible configurar cada una de estas opciones dependiendo de los tipos de telas que quiera estampar. Una gráfica de tiempo contra la presión y otra el tiempo contra la temperatura. La comunicación con los circuitos electrónicos y la computadora se realiza con un bluetooth que se conecta al circuito electrónico, sin necesidad de un cable.

Una vez integrado todo el sistema automático, se calibró la presión de la máquina, se utiliza el relleno de guata (material textil no fabricado con polímeros de algodón que se usa como relleno), una vez realizado el ajuste, se cubrió con neopreno para proteger los sensores de la temperatura. Encima del neopreno se colocan los sensores de temperatura y una tela de fieltro encima para que no se vean los sensores. La figura 2 muestra la máquina de estampado de transferencia de calor para camisas tipo Polo de Algodón 100%, Vista frontal (Figura 2a) Vista trasera (Figura 2b).

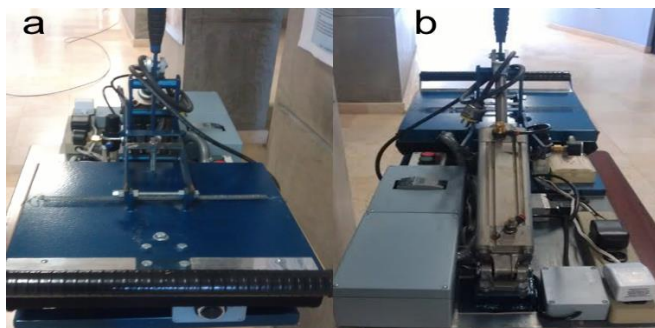


Figura 2. Máquina de estampado de transferencia de calor automática

Resultados

Validación del prototipo de máquina de transferencia de calor automática.

La validación del proyecto se hizo por medio de las mediciones de las temperaturas con una constante de 100°C y un tiempo de 1.50 minutos tanto para la máquina de transferencia de calor manual, como para el prototipo de máquina de transferencia de calor automática, se escoge hacerlo así de acuerdo a lo estudiado en la patente 4058055, se toman 126°C en 26 segundos (Douglas, 1977).

Al realizar las pruebas en la máquina de transferencia de calor manual, la interface Arduino estaba siendo alimentado de corriente eléctrica por el cable USB de la computadora, al hacer esto la alimentación de la energía del Arduino, que es de 5 volts, por lo tanto se bloqueó dicha interfaz con el programa, la interfaz se hizo para medir las temperaturas y la presión, por eso no se tomaron más que 28 muestras de la máquina manual, posteriormente cuando se corrige el problema de la interface al ponerle una fuente de alimentación independiente de 5 volts y la corrección del programa, así como

la sustitución del LM35 por el termopar tipo K nos permitió hacer más muestras, un total de 55. Para medir la presión, se utiliza el FSR o sensor de fuerza para conocer la fuerza que se ejerce a un objeto, se selecciona este sensor de fuerza resistivo, el cual, a partir de un correcto acondicionamiento se puede obtener un voltaje dependiendo de la fuerza aplicada en la superficie del sensor.

El proceso de la recolección de datos de las muestras de temperatura y tiempo antes de la modificación, se hizo totalmente manual, la temperatura se copia de la PC, el tiempo del cronómetro de un celular y se compara la temperatura con la expresada en el multímetro. El tiempo del proceso de las primeras muestras tarda aproximadamente 9 min., cada muestra con 2 operadores sin experiencia actuando simultáneamente en el estampado y en la recopilación de los datos de temperatura, tiempo y presión. Los resultados de las primeras 28 muestras se muestran en la figura 3. En la figura 4 se muestran los resultados de las 55 muestras de la máquina automática.

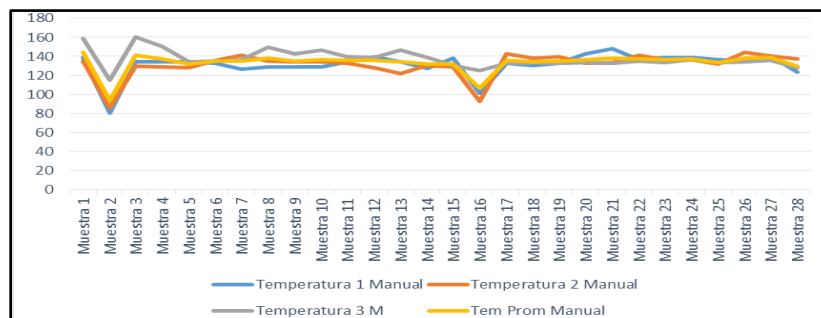


Figura 3. Muestras de temperatura de máquina manual

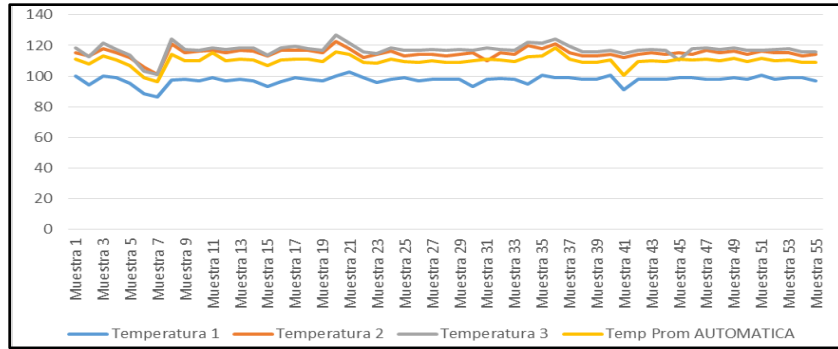


Figura 4. Temperaturas de máquina automática

Para poder tener un punto de partida se compararon todos los resultados de los promedios de las temperaturas de la

máquina de transferencia de color manual contra el prototipo de transferencia de calor automática en la figura 5.

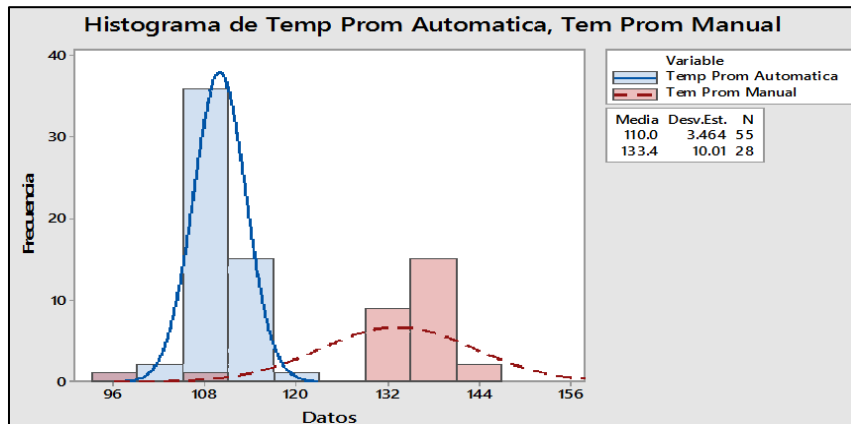


Figura 5. Histograma de comparación de promedios de temperatura, en máquina manual contra la automática

Los resultados de la prueba de normalidad de Anderson-Darling se muestran en la figura 6, de los datos de las muestras de temperatura de la máquina de transferencia de calor manual (Figura 6a), donde nos muestra que la varianza es de 100.24, con un

intervalo de confianza del 95%. Los datos de las muestras de temperatura de la máquina de transferencia de calor automática, donde nos muestra que la varianza es de 12.00, con un intervalo de confianza del 95% (Figura 6b).

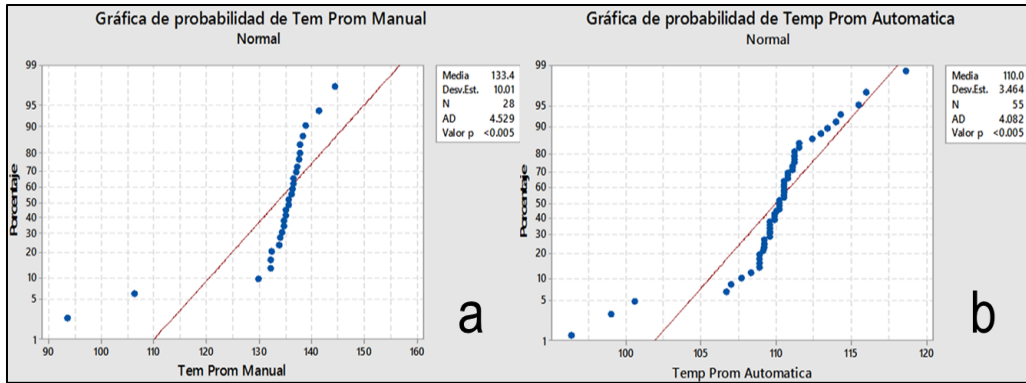


Figura 6. Prueba de normalidad de Anderson-Darling

Como no se encuentra normalidad en las pruebas realizadas, se busca el tipo de distribución que presentan los datos de las mediciones a los promedios de temperatura por lo que se aplica la prueba de bondad del ajuste, los resultados se muestran en la figura 7, para la máquina de transferencia de calor manual, es la de Transformación de

Johnson, ya que nuestro valor “p” más alto es de 0.821 y el de AD menor a 0.219 (Figura 7a). La distribución del prototipo de transferencia de calor automática, es la de Transformación de Johnson, ya que nuestro valor “p” más alto es de 0.630 y el de AD menor a 0.280 (Figura 7b).

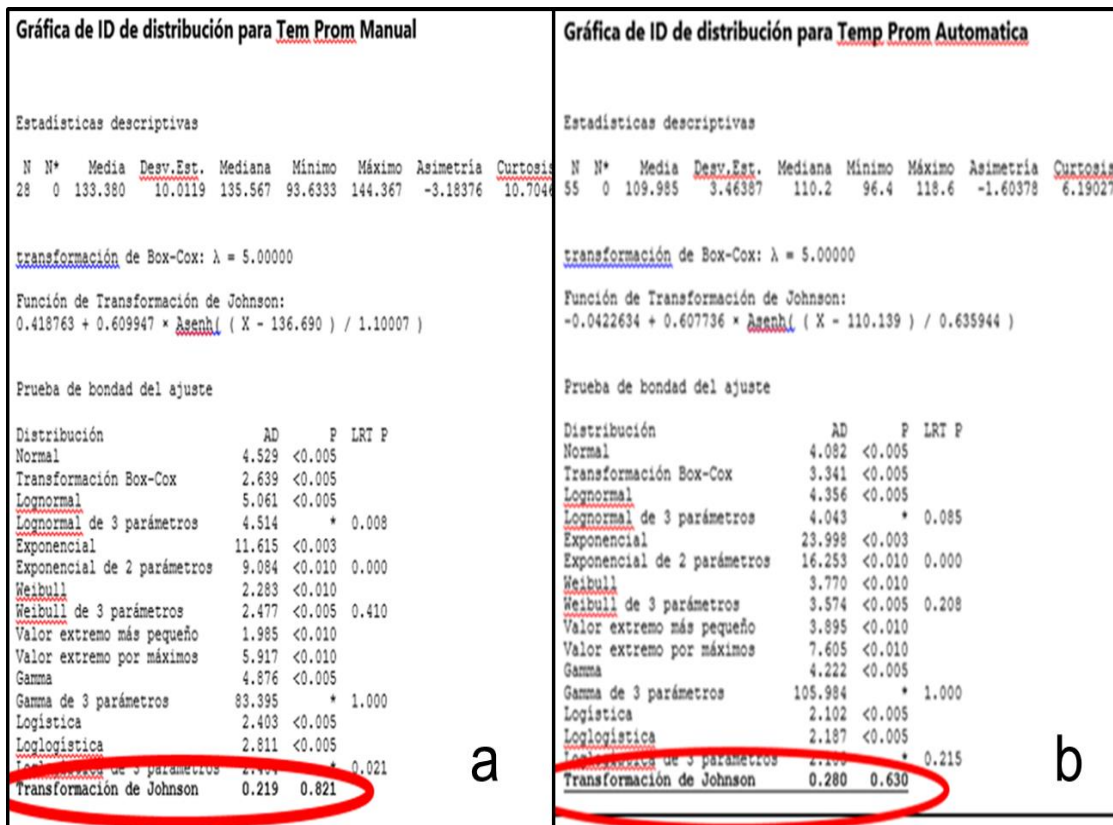


Figura 7. Resultados de la prueba de bondad del ajuste.

Pertencen a la Transformación de Johnson, se aplica dicha transformación (Figura 8) y los resultados se muestran en la figura 8a

para la máquina de transferencia de calor manual y en la figura 8b para el prototipo de transferencia de calor automática.

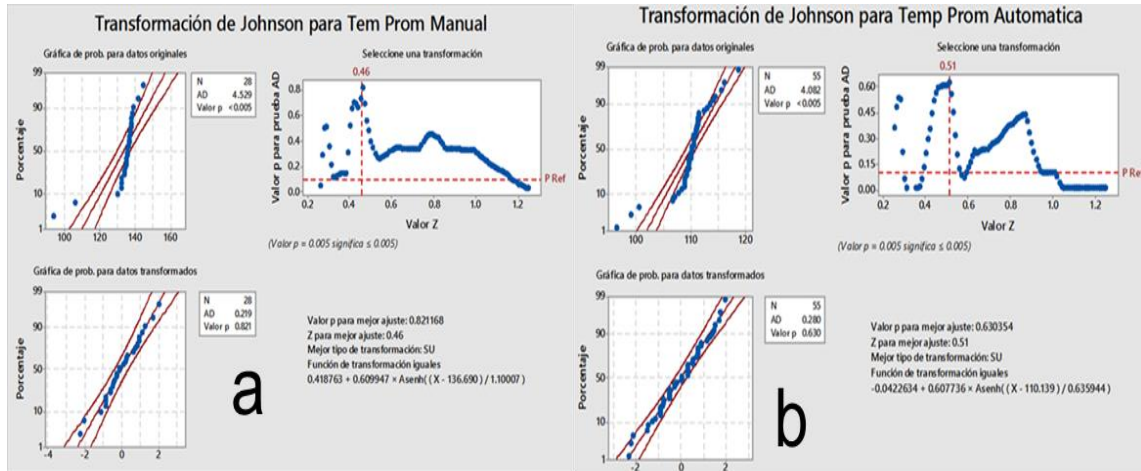


Figura 8. Aplicación de la transformación de Johnson

Con la transformación de Johnson (Figura 9) se muestra una distribución normal en los promedios de la temperatura de ambas

máquinas (Figura 9a). En la figura 9b, se muestra como queda el Histograma individual de los promedios de temperatura.

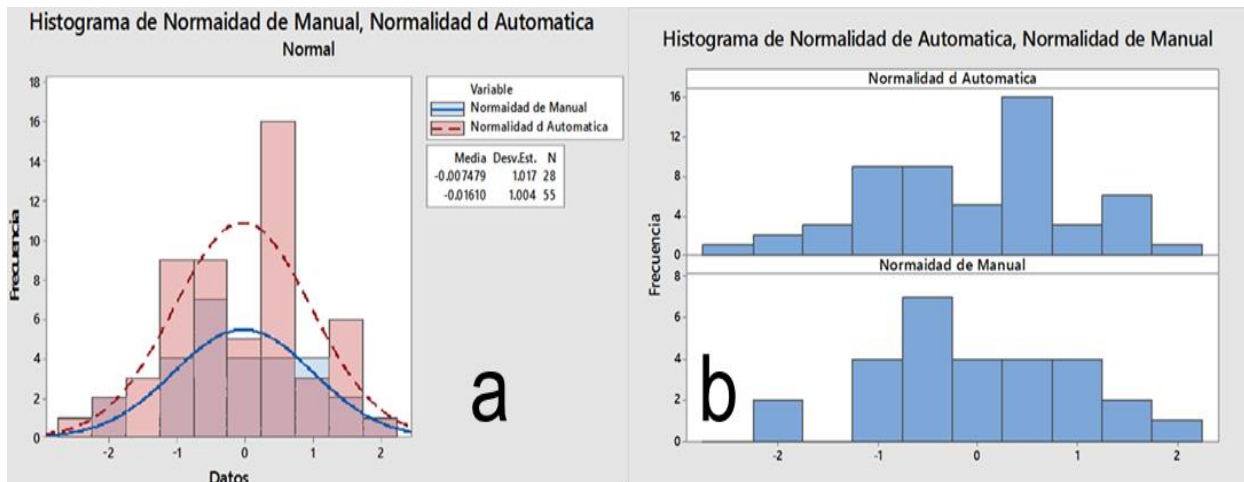


Figura 9. Histograma de normalidad.

Hipótesis

$$H_0: \sigma_{mm} = \sigma_{ma}$$

$$H_a: \sigma_{mm} > \sigma_{ma}$$

H_0 = La desviación estándar de los promedios de la temperatura de la máquina manual (mm) es igual a la desviación de los promedios de la temperatura de la máquina automática (ma).

H_a = La desviación estándar de los promedios de la temperatura de la máquina manual (mm) es mayor a la desviación de los promedios de la temperatura de la máquina automática (ma).

Para comprobar las hipótesis se hizo la prueba de dos varianzas (Figura 10), para determinar si las varianzas o las

desviaciones estándar de 2 grupos difieren como muestra la figura 10a. Debido a la evidencia estadística la hipótesis nula se rechaza ya que el valor-P es menor a 0.05 en ambos casos (Figura 10b).

Por lo tanto decimos que la hipótesis alterna se acepta y nos demuestra que la varianza (100.23) y la desviación estándar (10.1) en la máquina manual es mayor que en la varianza (11.99) y la desviación estándar (3.46) de la máquina automática.

La figura 11 muestra la importancia de controlar la temperatura ya que es la que determina la calidad del producto en comparación con la presión.

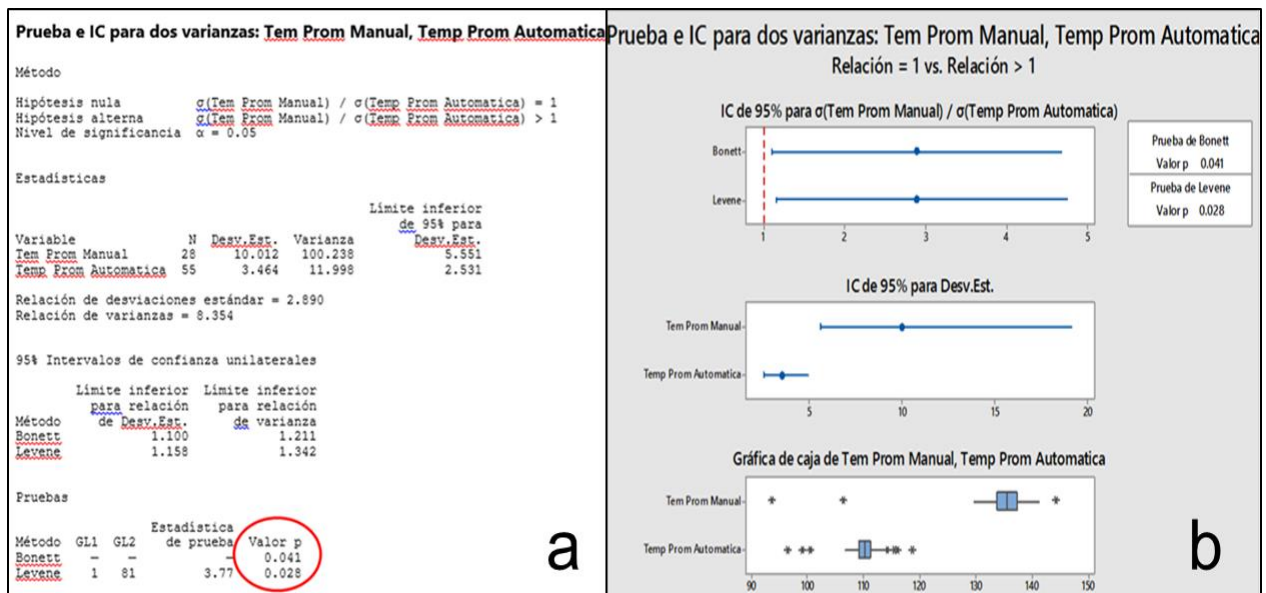


Figura 10. Prueba para dos varianzas.

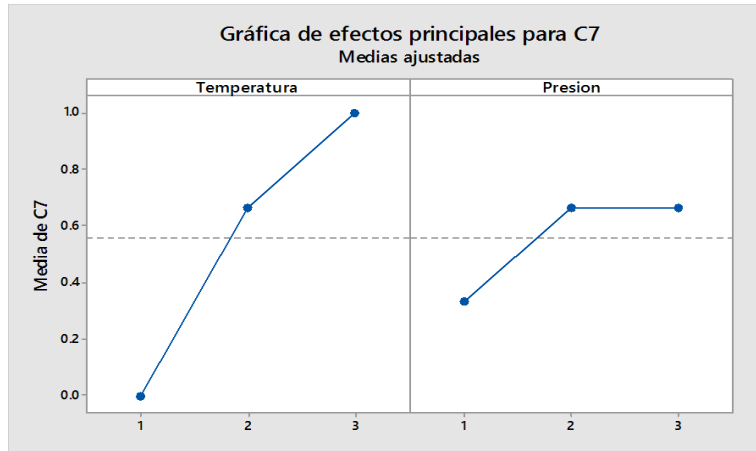


Figura 11. Diseño de experimentos.

Se observa en el análisis de la varianza en el valor-p de la temperatura es (0.049) menor que el valor-p de la presión (0.444), aunque los dos son significativos ya que el valor-p está por debajo de 0.05, el de la temperatura es el más importante de los dos. En los coeficientes el valor-p de la temperatura es (0.230) menor que el valor-p de la presión (0.519) y cuando la presión es la constante el valor-p de la temperatura es (0.024) menor que el valor-p de la presión (0.519). Con esto podemos decir que aunque la presión se encuentre nominal o baja no afectar tanto como cuando la temperatura este baja aunque la presión este en buenas condiciones.

En la Figura 12 de control Xbarra, podemos observar que la temperatura promedio de la máquina manual se encuentra más alejada de su valor objetivo que es de 100°C con una media de 133.38, un límite superior de 153.4 y un límite inferior de 113.46 (Figura 12a) y la temperatura promedio máquina de transferencia automática se encuentra más cerca de su valor objetivo que es de 100°C con una media de 109.03, un límite superior de 122.47 y un límite inferior de 95.59.

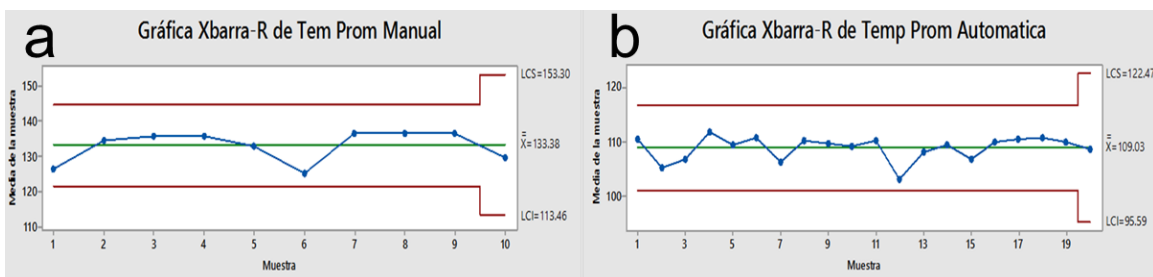


Figura 12. Gráficas de Xbarra-R de promedio de temperaturas.

Error máximo permitido

Se calculó del error con el número de muestra por proporción, se eligió este método debido a que la calidad es medida

por medio de atributos, de cuantas buenas y cuantas malas.

Como se puede ver en la Tabla 1, el porcentaje de error para 28 muestras de la máquina manual es del 16% y el porcentaje

de error para 55 muestras de la máquina automática es del 5%.

Tabla 1 Cálculo del error.

Temperatura Promedio de Datos de Máquina Manual						
Núm. Muestras	Buenas	Cálculo	Malas	Cálculo	Error	% Error
28	20	0.71428571	8	0.28571429	0.16733201	16 %
Temperatura Promedio de Datos de Máquina Automática						
Núm. Muestras	Buenas	Calculo	Malas	Calculo		% Error
110	98	0.89090909	12	0.10909091	0.05826003	5 %

Conclusiones y Recomendaciones

La integración de un sistema automático reduce la variación estándar del proceso, al medir las variables de presión, temperatura y tiempo. La pantalla con los datos en tiempo real, permite la tomas de decisiones rápida y oportunamente. La calidad en los estampados sube a un 90% de aceptabilidad. El tiempo en el proceso de estampado se redujo de 7 min a 3 min aproximadamente, y de 2 operadores a uno.

El error disminuyó de un 16% en la máquina de transferencia manual, tomado como tamaño de muestra 28 piezas; a un 5% en el prototipo de transferencia de calor automático con un tamaño de muestra de 110 piezas.

Las gráficas de control demuestran claramente que con un valor objetivo de 100°C, la máquina de transferencia manual presentaba una mayor desviación estándar, que el prototipo de transferencia de calor automático.

En futuras modificaciones de la máquina de transferencia manual tipo almeja, se recomienda un pistón con un vástago más largo, que permita abrir y cerrar la placa superior en su capacidad total.

En cuanto a los sensores de presión, es necesario buscar unos con mayor resistencia a la temperatura o que cuenten con un recubrimiento aislante.

Referencias

Albanese, Pietro (2010). European Patent No EP 2218574, 18 Ago. 2010.

Baggen, M. J. H., & Griehl, H. J. (2003). European Patent No. EP 0983848 B1. Munich, Germany: European Patent Office.

Brochas y Productos. (2014). Catalogo de productos (p. 60). Recuperado el 9 de octubre de 2014. <http://www.byp.com.mx/byp/cbyp.pdf>

Douglas, L. L. (1977). U.S. Patent No. 4058055. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

ELECTRONICS, (n.d.). FSR Force Sensing Resistor Integration Guide and Evaluation Parts Cataog. Camarillo, CA. Recuperado el 8 de octubre de 2014. <http://www.jameco.com/Jameco/Products/ProdDS/2128260.pdf> FESTO. (2013). Válvulas posicionadoras MPYE, 1–8. Recuperado el 8 de octubre de 2014. http://www.festo.com/cat/es-mx_mx/data/doc_es/PDF/ES/MPYE_ES.PDF

FESTO. (2012). Cilindros normalizados DNCB según ISO 15552. Recuperado el 8 de octubre de 2014. http://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/258178/DNCB_ES.pdf

Higuera, A. G., & García, F. J. C. (2007). CIM, el computador en la automatización de la producción (Vol. 50). Univ de Castilla La Mancha.

Grainer. (2014) Filtro regulador para linea de aire. Consultado el 8 de octubre de 2014. <http://www.grainger.com.mx/articulos/filtro-regulador-linea-aire-speedaire-WS4ZK75>

Kenney, D. (2004). U.S. 2005/0278984 Patent Application 10/790,433.

Maldonado-mac, A., Guill, L., Barr, L., & Garc, J. L. (2011). Evaluación Ergonómica para la Selección de Tecnología de Manufactura Avanzada: una Propuesta de Software. *Revista de La Ingeniería Industrial*, 5(1940-2163), 154–164. Consultado el 25 de agosto de 2014.

<http://academiajournals.com/downloads/MandonadoI E2011.pdf>.

Myers, D. A. (1995). U.S. Patent No. 5435883. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

OMEGA. (n.d.). Ready-Made Insulated Thermocouples Ready-Made Insulated Thermocouples (pp. 22–23). Recuperado el 8 de octubre de 2014. http://www.omega.com/Temperature/pdf/5LSC_5SR TC.pdf

Robinson, B. B. (2010). Patente de EE.UU No. US8418739 B2 Patentes de EEUU.

Secretaría de Economía. (n.d.). Serigrafía y estampado en playeras (pp. 1–197). México, D.F. Consultado el 8 de Octubre de 2014. http://www.inaes.gob.mx/doctos/pdf/guia_empresa l/serigrafia_y_estampado.pdf

STEREN. (n.d. a). Convertidor de tensión CA/CC Manual de instrucciones. Consultado el 12 de octubre de 2014. <http://imagenes.steren.com.mx/doctosMX/ELI-1200-instr.pdf>

STEREN. (n.d. b). Convertidor de tensión múltiple ELI-1000BL (p. 1). Consultado el 12 de octubre de 2014. <http://imagenes.steren.com.mx/doctosMX/ELI-1000BL-instr.pdf>.

Rediseño, fabricación e integración de un sistema de visión para mediciones

Octavio Rodríguez¹, Javier Molina¹, Noé Alba Baena¹, Luis Guillén¹, Ana Luz Portillo Hernández¹, Javitt Higmar Nahitt Padilla Franco¹

¹Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

Resumen

El siguiente proyecto describe el rediseño fabricación e integración de un sistema de visión para mediciones en dos coordenadas el cual pretende ser utilizado durante las prácticas de metrología aplicada en el instituto de Ingeniería y Tecnología de la UACJ; la fabricación de dicho prototipo pretende reducir la variación obtenida en un prototipo ya existente desarrollado por alumnos del Instituto con el fin de obtener mediciones en cierto grado exactas y precisa; la fabricación e integración se realiza utilizando componentes y métodos convencionales al alcance del alumno promedio con el fin de que estos tengan un mayor acercamiento a este tipo de tecnologías y puedan interactuar con estos equipos sin correr el riesgo de dañar sistemas comerciales especializados y de costo elevado; para esto se propone un diseño mecánico en la misma disposición que los existentes en el mercado, utilizando un par de mesas deslizantes para construir geometrías y una interfaz que se comunica con una computadora en la cual se utiliza un software para obtener mediciones.

Palabras clave: Variación, sistemas de visión para mediciones, metrología, diseño mecánico.

Introducción

Actualmente las diversas industrias (de servicios, manufactura, diseño, etc.) en el mercado, han adoptado infinidad de sistemas de medición de acuerdo a la aplicación y/o solución del problema que se está atacando o del proceso que requiere medido, dichos sistemas tienen diversas capacidades, ventajas y desventajas dependiendo de la aplicación específica que se le está dando. Existen dentro de los sistemas utilizados una amplia gama de equipos y aparatos de medición que van desde un simple flexómetro, vernier, micrómetros, comparadores, hasta complejas máquinas capaces de obtener mediciones con errores

del orden de .02% (Bulletin Mitutoyo, 2014).

Uno de los equipos de laboratorio más utilizados en diversas aplicaciones son los sistemas de visión para mediciones en dos y tres dimensiones, estos poseen la capacidad a diferencia de otros instrumentos de realizar mediciones en piezas relativamente complejas y de geometrías irregulares, pueden medir componentes delicados evitando el contacto físico a la hora de tomar lecturas y pueden ser utilizados en ambientes hostiles (Harding, 2013); por otro lado presentan la desventaja de utilizar

componentes especiales y por lo tanto de costo elevado, de igual manera se recomienda que su reparación y mantenimiento sea llevado a cabo por personal especializado, lo que también genera un costo relativamente alto.

En el ámbito escolar debido a los costos de estos equipos y el trámite burocrático que su compra implica, algunas instituciones han optado por desarrollar la tecnología propia

realizando diseños conceptuales y prototipos virtuales y físicos compuestos de materiales y componentes más accesibles para el alumno. Es el caso específico del Instituto de Ingeniería y Tecnología de la UACJ (IIT) donde se presenta la oportunidad de desarrollar un equipo de este tipo que sea funcional y capaz de realizar mediciones en piezas relativamente complejas, y con un error porcentual aceptable dentro de la clasificación para este tipo de instrumentos.

Metodología

Para el procedimiento experimental se sigue una metodología basada en 4 principales pasos:

Desarrollo Conceptual. En esta parte se analizan todos los factores de interés en el diseño del equipo y se utilizan herramientas como análisis FODA, matrices de selección de pugh y otros métodos para seleccionar las mejores opciones en cada uno de los factores considerados

Simulación. Para el modelado del prototipo virtual en tres dimensiones se utiliza un software CAD-CAE y se fabrica un prototipo virtual basándose en un diagrama de bloques que identifica las funciones que deben ser cumplidas.

Prototipo. Para la fabricación del prototipo se utiliza maquinaria y herramientas de taller convencional como son tornos y fresadoras, lija banda, sierra banda, etc.; El ensamble se propone por medio de sujetadores roscados para en caso de desajustes el desensamble sea sencillo, no se utiliza ningún tipo de soldadura para unir las piezas; una vez ensamblado se realizan pruebas funcionales evaluando cada uno de los componentes involucrados en la función de movimiento.

Validación. Para la validación estadística del equipo se realiza un análisis de linealidad y sesgo del Sistema de medición y se realizan las correspondientes pruebas de hipótesis para el tipo de datos utilizados.

Resultados

En cuanto a la selección del Sistema de avance como para los materiales se utiliza el método de Pugh, que se muestra en la Figura 1, dando una mayor ponderación a los factores de interés para el desarrollo del prototipo (Sudkahar, 2009).

	Sistema de Avance		
	Ponderación	Rosca ACME	Rosca Americana
Costo	5	1	5
Desgaste	3	4	3
Mantenimiento	2	2	2
Disponibilidad	3	2	4
Precisión	4	3	3
Transmisión de Potencia	1	5	2
Total		49	48

Figura 1 Matriz de Pugh para selección del sistema de avance

En el caso del Sistema de avance de acuerdo al método la mejor opción es utilizar una rosca ACME, sin embargo en este caso dado el costo de una opción contra la otra y ya que de acuerdo a los resultados es muy poca la diferencia entre estas, se utiliza para el Sistema una rosca Americana. En la selección de los materiales se utiliza el mismo método, en este caso los factores de interés son:

- Costo
- Resistencia a la fatiga
- Maquinabilidad
- Disponibilidad
- Dureza
- Peso

Evaluando cada uno de estos factores, como resultado se utilizan como

materiales aleaciones de bronce, aleaciones de aluminio y acero rolado en frío dependiendo de la función del componente a fabricar.

Como resultado de las matrices FODA, véase la Figura 2, para la selección del sistema de deslizamiento se decide utilizar un Sistema de la marca Thomson ya que estos presentan la ventaja de tener baleros autoajustables y permiten una desalineación considerable entre sus ejes (Thomson Company, 2014), de igual manera las superficies de montaje requeridas para este Sistema no tienen características especiales ni requiere acabado superficial alguno.

	SISTEMAS MARCA THOMSON	SISTEMAS MARCA TTHK
FORTALEZAS	<ul style="list-style-type: none"> • Permiten mayor desalineación • Costo relativamente bajo • Tolerancias de planicidad en las superficies montaje de hasta 150µm (No necesita superficies rectificadas) 	<ul style="list-style-type: none"> • Soportan cargas por el rango de los 20Kn • Necesitan poco mantenimiento • Generan poco ruido
OPORTUNIDADES	<ul style="list-style-type: none"> • Poseen un sistema de auto alineación que absorben tolerancias de hasta ½ grado. • Permiten una diferencia de alturas entre 2 ejes de hasta 2mm si están a una distancia de 300mm o mas retirados • Coeficientes de fricción de .001 a .004 	<ul style="list-style-type: none"> • Rango de precarga de 3% a 13% bajo cargas dinámicas • Se puede usar un solo riel para solucionar problemas de alineación • Altas velocidades de operación
DEBILIDADES	<ul style="list-style-type: none"> • Vida útil relativamente reducida • Generan mucho ruido • La precisión se pierde con el desgaste de la guía. 	<ul style="list-style-type: none"> • Costo elevado • El deslizamiento se vuelve más rígido mientras esta bajo carga
AMENAZAS	<ul style="list-style-type: none"> • El desempeño merma a altas velocidades 	<ul style="list-style-type: none"> • Necesita una tolerancia de paralelismo entre sus componentes de 3 a 10 micrones/m para deslizarse sin problemas • Requiere rectificado en sus superficies de montaje y maquinado más preciso

Figura 2 Matriz FODA para la selección del sistema de guías

Diseño del equipo. Para el modelado en tres dimensiones se desarrolla el prototipo virtual basándose en un diagrama de bloques, véase la Figura 3, en el cual se describen las funciones necesarias para obtener un movimiento sobre un eje.

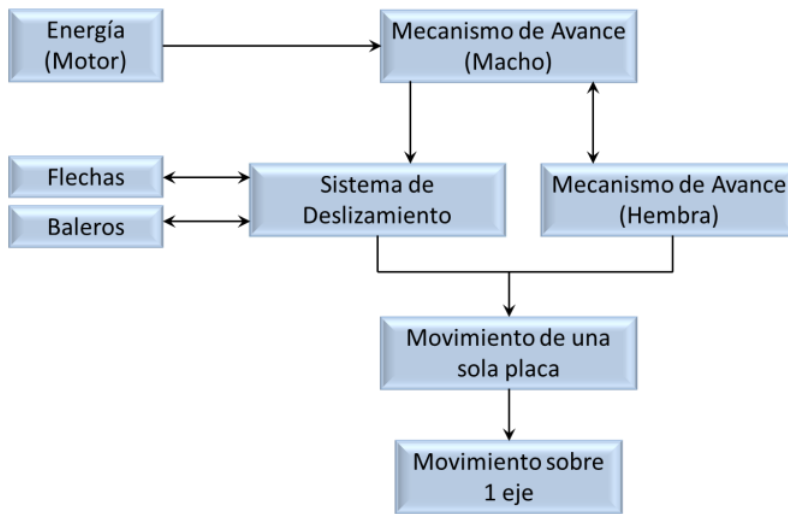


Figura 3 Diagrama de funciones del sistema

Las partes principales que se identifican en el diseño, véase la Figura 4, son A) marco de soporte, B) mecanismo de movimiento,

C) Placa del eje Y, D) Placa del eje X, E) Estructura para mecanismo en eje Z.

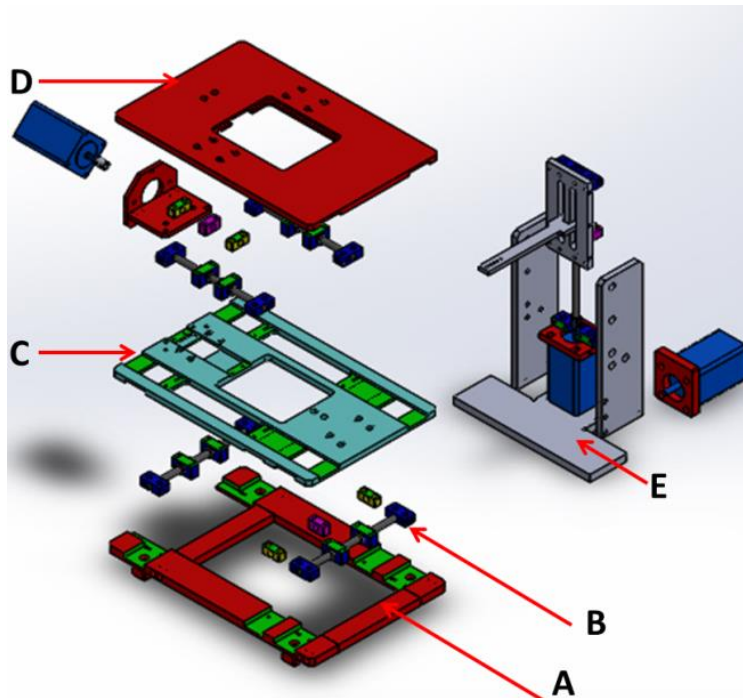


Figura 4 Isométrico explotado del prototipo virtual

Una vez terminado el prototipo virtual se generan los planos de taller necesarios para

cada una de las partes del diseño y se fabrican utilizando los materiales requeridos

para cada parte, utilizando maquinaria convencional existente en cualquier taller de mecanizado (Tornos, fresadoras, taladro de banco, sierra-banda, etc.).

Una vez que se tienen fabricadas todas las piezas, se ensamblan utilizando sujetadores roscados y pernos de posición para hacer

más sencillo el desensamble (en caso de ser requerido), véase la Figura 5. Ya ensamblado se le realizan pruebas de funcionalidad evaluando cada uno de los componentes involucrados en la generación de movimiento y se realizan los ajustes correspondientes.



Figura 5 Equipo integrado

Seguido de las pruebas de funcionalidad se corre un análisis de sesgo y linealidad del sistema de medición; para esto se toman 5 valores de referencia a lo largo del rango de operación tanto en el eje X como en el eje Y y se registran los valores obtenidos por el equipo, a continuación se muestran los resultados. Véanse las Figuras 6 y 7.

Para ambos ejes de interés se observa que el sesgo promedio en el sistema no es significativo y la linealidad es responsable del 0.6% de la variación total en el eje X, en el eje Y no se presenta linealidad considerable; de los datos obtenidos con el estudio se determina la ecuación de comportamiento del sistema para cada eje y tomando esta ecuación como factor de corrección se realiza una calibración

matemática por mínimos cuadrados (Riu, et. al), una vez corregidos los datos iniciales, se evalúan virtualmente en una hoja de cálculo y se vuelve a correr el análisis de sesgo y linealidad ofreciendo los resultados mostrados en las Figuras 8 y 9. En el eje X el valor de la linealidad es reducido de un 0.6% a un 0.006% y el sesgo promedio en el sistema sigue sin ser significativo para el sistema. Para el eje Y se aprecia que la recta de comportamiento se alineó con lo que es la recta del error cero y en este caso el sesgo es el responsable del .003% de la variación total del equipo. Una vez verificada virtualmente la calibración, se agregan al software de medición las formulas correspondientes para absorber en la mayor medida posible las variaciones en el sistema.

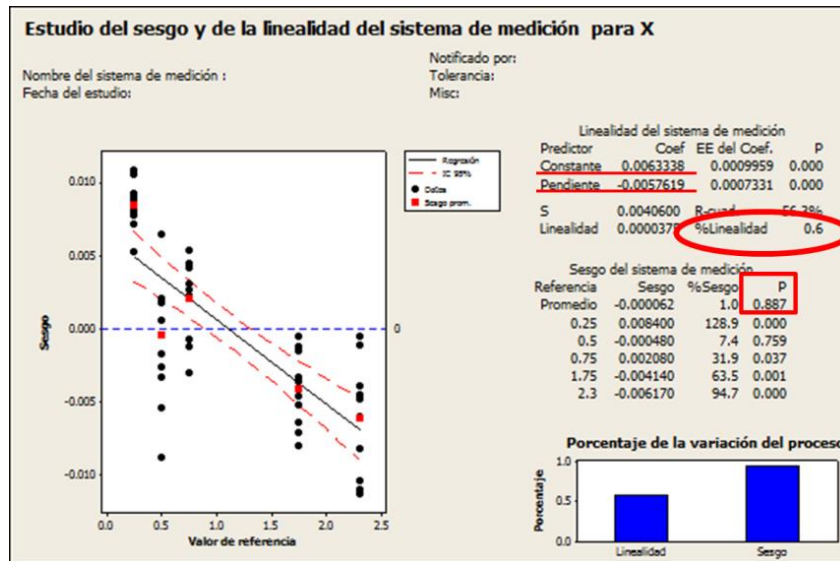


Figura 6 Gráfica de linealidad y sesgo para el eje X

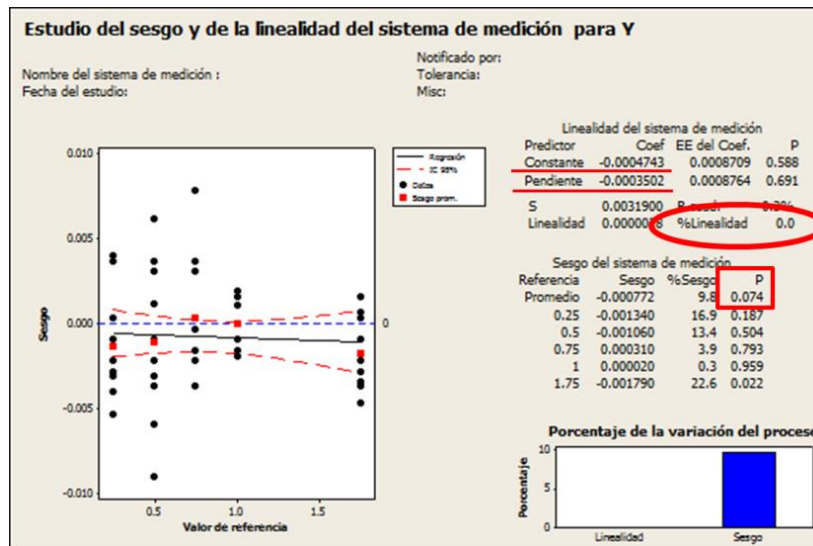


Figura 7 Gráfica de linealidad y sesgo para el eje Y

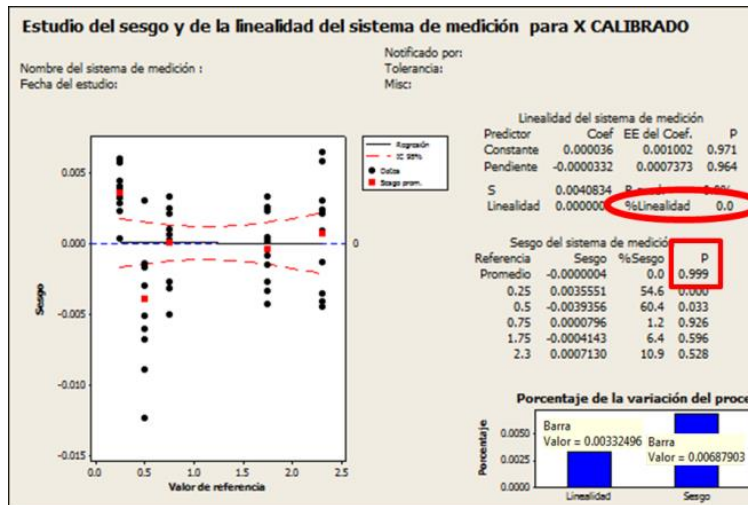


Figura 8 Gráfica de linealidad y sesgo con valores corregidos para eje X

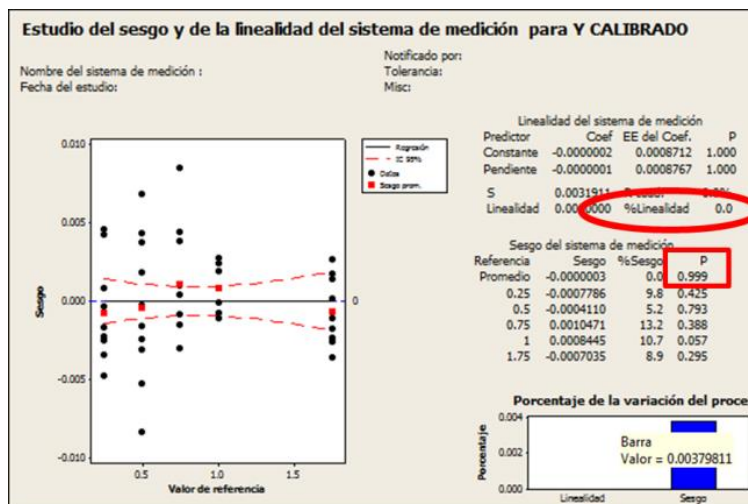


Figura 9 Gráfica de linealidad y sesgo con valores corregidos para eje Y

Validación estadística

De los estadísticos para el eje X se desprende que la variación, (basados en la desviación estándar) es de 1 milésima de pulgada y el intervalo de confianza para la media oscila entre -.0004 y .0003, por lo que el valor esperado (error cero) cae dentro de este intervalo, la media para el conjunto de datos es de -.00008". Véanse las Figuras 10 y 11.

Para los estadísticos del eje Y se observa que la variación, es al igual que el eje X 1 milésima de pulgada y el intervalo de confianza para la media oscila entre -.0005 y .0004, por lo que el valor esperado (error cero) cae nuevamente dentro de este intervalo, la media para el conjunto de datos es de -.00004".

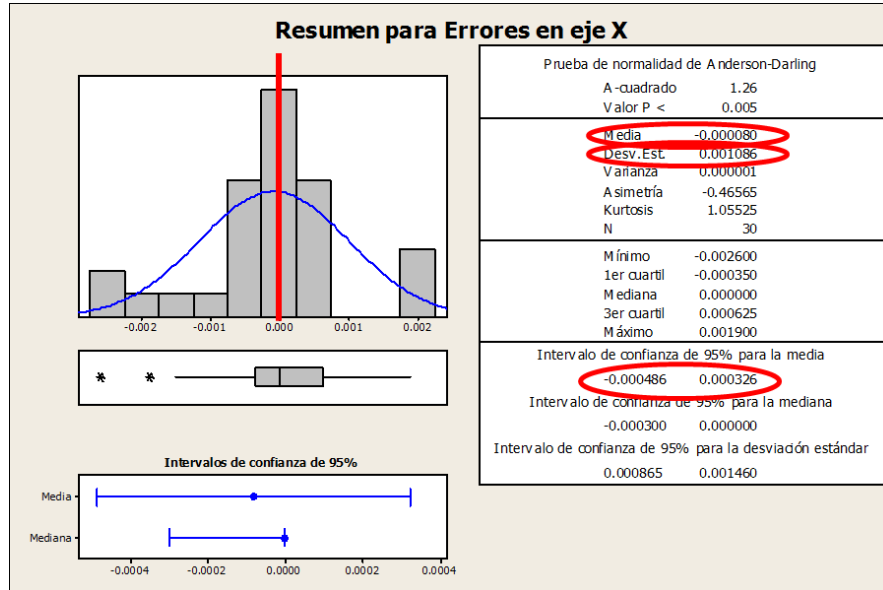


Figura 10 Estadísticos para el eje X

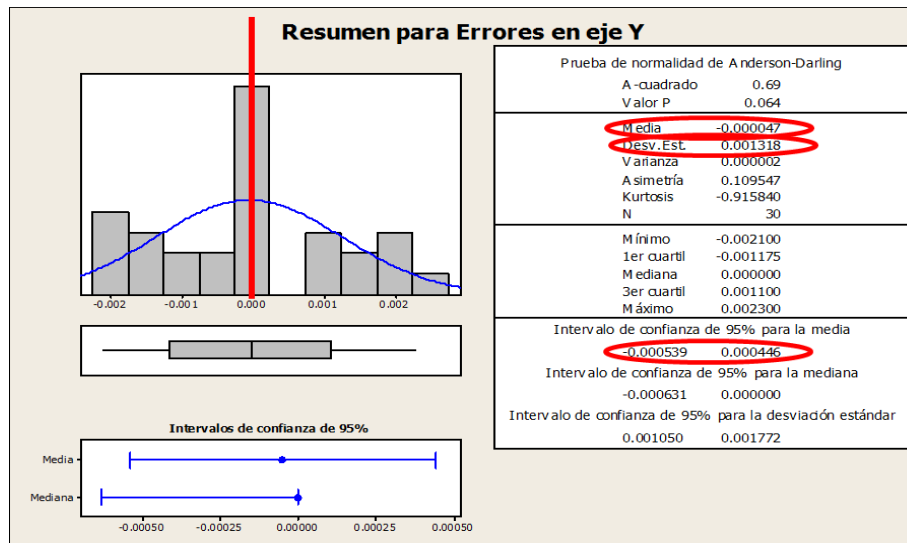


Figura 11 Estadísticos para el eje Y

Como hipótesis se plantean las siguientes suposiciones:

H_0 : Que la variación en el equipo A sea igual a la variación obtenida con el equipo B.

H_1 : Que la variación en el equipo A sea mayor a la observada en el equipo B.

Esto se realiza tomando en cuenta cada uno de los ejes de interés a evaluar (X y Y); Para las pruebas de hipótesis se toman los valores obtenidos durante un estudio previo realizado al prototipo desarrollado por alumnos de licenciatura de la UACJ en la materia de metrología aplicada (Equipo A)

contra el cual se pretende reducir la variación. Véase la Figura 12.

Se observa en la gráfica de cajas que los datos obtenidos en el equipo A tienen una mayor dispersión comparados contra los del

equipo B, también se aprecia que los errores obtenidos en el equipo B se encuentran más cercanos al error cero (que es el valor esperado).

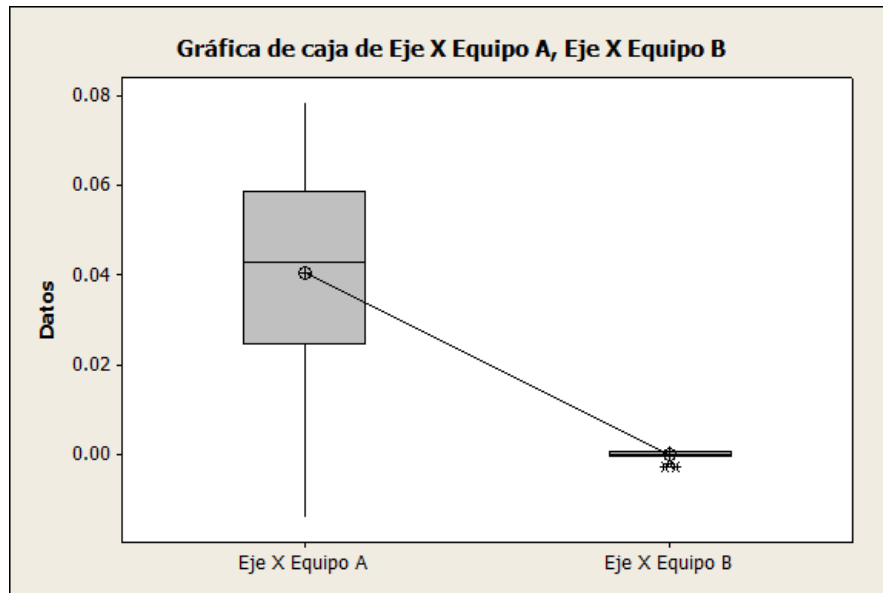
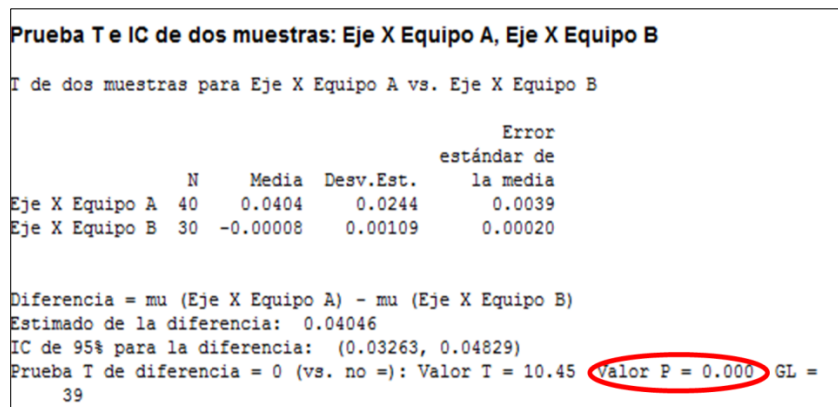


Figura 12 Gráfica de cajas para prueba de hipótesis en eje X



De acuerdo al valor P de la prueba de hipótesis, existe una diferencia estadísticamente significativa entre los conjuntos de datos para el eje X. Véase la Figura 13.

Para el eje Y se puede observar en la gráfica de cajas que la variación de los datos obtenidos con el equipo B es menor a los obtenidos con el equipo A, sin embargo y a diferencia del anterior eje, los valores para este se encuentran (aunque más dispersos), más cercanos al error cero esperado. Para

determinar si existe o no diferencia significativa se recurre al valor P de la prueba, basados en el estadístico P la

diferencia es estadísticamente significativa también para el eje Y:

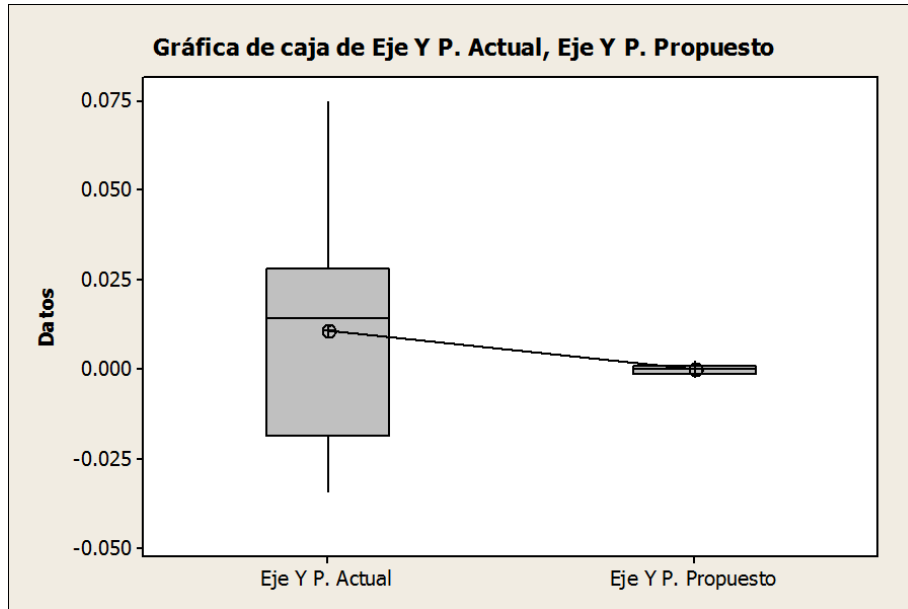


Figura 13 Gráfica de cajas para prueba de hipótesis en eje Y

Prueba T e IC de dos muestras: Eje Y P. Actual, Eje Y P. Propuesto

T de dos muestras para Eje Y P. Actual vs. Eje Y P. Propuesto

	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
Eje Y P. Actual	40	0.0109	0.0270	0.0043
Eje Y P. Propuesto	30	-0.00005	0.00132	0.00024

Diferencia = μ (Eje Y P. Actual) - μ (Eje Y P. Propuesto)
 Estimado de la diferencia: 0.01096
 IC de 95% para la diferencia: (0.00230, 0.01962)
 Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = 2.56 Valor P = 0.014 GL = 39

Conclusiones

Basados en las pruebas de hipótesis realizadas para el análisis de los dos ejes de interés se concluye lo siguiente:

Existe suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula, por lo tanto la variación en el equipo B es menor a la variación encontrada en el equipo A.

El comportamiento de los datos en ambos ejes evaluados arroja una distribución normal, lo que nos indica un proceso de medición predecible, dichos datos arrojan una variación en ambos ejes de 1 milésima de pulgada y el error esperado (cero) cae dentro de los intervalos de confianza calculados.

Para el análisis de sesgo y linealidad se presume que el sesgo no es significativo en ninguno de los ejes, sin embargo se realiza una calibración por el método de mínimos cuadrados con el fin de ajustar la inclinación

en las rectas de comportamiento del sistema, se evalúa dicha corrección y se agrega al software utilizado.

La variación con respecto al primer equipo utilizado fue reducida en un 95% y el error del equipo fabricado oscila entre el .1% y .15%, basados en las desviaciones obtenidas por cada eje evaluado; dicho error porcentual cae dentro de los valores aceptables en instrumentos de laboratorio.

Para la implementación de este proyecto, se determinaron las metas de eficiencia en la línea de producción, la determinación de estas metas se estableció mediante el balanceo de línea, determinación de trabajo estándar, capacidad de línea y tiempo disponible de producción. Se tomaron los tiempos de ciclo de las estaciones de trabajo para identificar el cuello de botella de la línea de producción, estos tiempos se muestran en la Figura 2.

Referencias

Apuntes de Normalización, José Manuel García Ricart- 2006

Bulletin 2152, Mitutoyo America Corporation, 2014.

Foundations of Design Method Development, Sudhakar Teegavarapu – 2009

Handbook of Optical Dimensional Metrology, Kevin Harding – 2013
Planificación estratégica, presupuesto y control de la gestión pública, Adalberto Zambrano Barrios – 2011

Roundrail linear components, Thomson company, Datos del fabricante, 2014

Trazabilidad en medidas físicas mediante calibración directa: calibración de una balanza, Jordi Riu, Ricard Boqué, Alicia Maroto, F. Xavier Rius., Universidad Rovira i Virgili

Prototipo de máquina de medición por coordenadas (interface con usuario)

Manuel Romero¹, Javier Molina¹, Noé Alba Baena¹, Maribel Gómez¹, Lidia Hortencia Rascón Madrigal¹, Oscar Ruiz Chávez¹

¹Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

Resumen

El presente trabajo muestra el desarrollo y resultados de un sistema de medición por coordenadas en dos dimensiones (prototipo MMC). Se definen los requerimientos básicos necesarios que debe incluir el sistema prototipo partiendo de una referencia conceptual realizada por alumnos del instituto. Para este prototipo actual se realizan las pruebas estadísticas y se hace una evaluación general del sistema como referencia y comparación para el nuevo sistema a desarrollar.

Se analiza y definen los componentes que integraran la nueva máquina, el cual se compone por cuatro componentes básicos que complementan el sistema; incluyendo el sistema mecánico, sistema medidor, electrónica de control y el sistema de computación.

La integración consiste en un sistema automatizado de motores de pasos de alta resolución (1.8° que equivalen a 200 pasos / vuelta) suficiente para la aplicación requerida, y se mantiene un control de la velocidad por medio de un controlador o “driver” de 3A y operación nominal de voltaje de 10-35V, para el sistema de visión se seleccionó una cámara a color de resolución media con interface a tarjeta de video del tipo “video compuesto”. Para la distribución de video se adapta un amplificador de RF de ganancia media, conectando sus salidas a la televisión, que servirá para realizar las mediciones, y al monitor mediante la interface. Este último ayudará para realizar los ajustes o calibraciones requeridas. Para la medición de coordenadas, se desarrolla una interface para el usuario que consiste en herramientas de ajuste y calibración e interface para controlar la velocidad de paso y selección de coordenadas (en X y en Y). También se presenta un Menú para la selección de Geometrías básicas de mediciones disponibles. Se define una metodología a seguir en el proceso de desarrollo del código que permitirá realizar algoritmos de cálculo de dimensión de geometrías, generar el control automatizado de motores e interface con el usuario. Finalmente se presenta un análisis estadístico que muestra la mejora en variación y funcional contra el equipo original. Se realiza un resumen de logros y se hacen algunas sugerencias.

Palabras Clave: Medición por coordenadas, Prototipo MMC, Sistema de medición, Geometrías básicas

Introducción

Las Máquinas de Medición por Coordenadas (MMC) son instrumentos que sirven para realizar mediciones dimensionales y de desviaciones de la regularidad geométrica de

objetos con forma simple o compleja (Cimatech, s.f.). Las hay de distintas dimensiones, tipos, materiales y exactitudes de medición y para aplicación en

laboratorios de metrología, laboratorios industriales y en las líneas de producción. Se han convertido en una solución flexible para las necesidades de medición. Con el uso creciente de la Geometría de las dimensiones y tolerancias, estas máquinas han llegado a ser el motor de arranque de la metrología dimensional (Rodrigo, Puertas, y Luis, 2012).

Una medición siempre tendrá cierto grado de incertidumbre asociado en sus mediciones (Dhanish, & Mathew, 2006), y esto es ocasionado por un largo número de factores que pueden ser convenientemente agrupados en errores de maquinado, errores de la misma forma de la parte bajo medición, estrategia de muestreo, selección del algoritmo e implementación.

Métodos

Se Desarrollará un modelo prototipo de máquina de medición por coordenadas en dos dimensiones que permita realizar mediciones geométricas básicas utilizando un sistema automatizado y de visión

controlado por computadora. En la figura 1 se muestra el concepto de la Interface a desarrollar para realizar las mediciones geométricas.

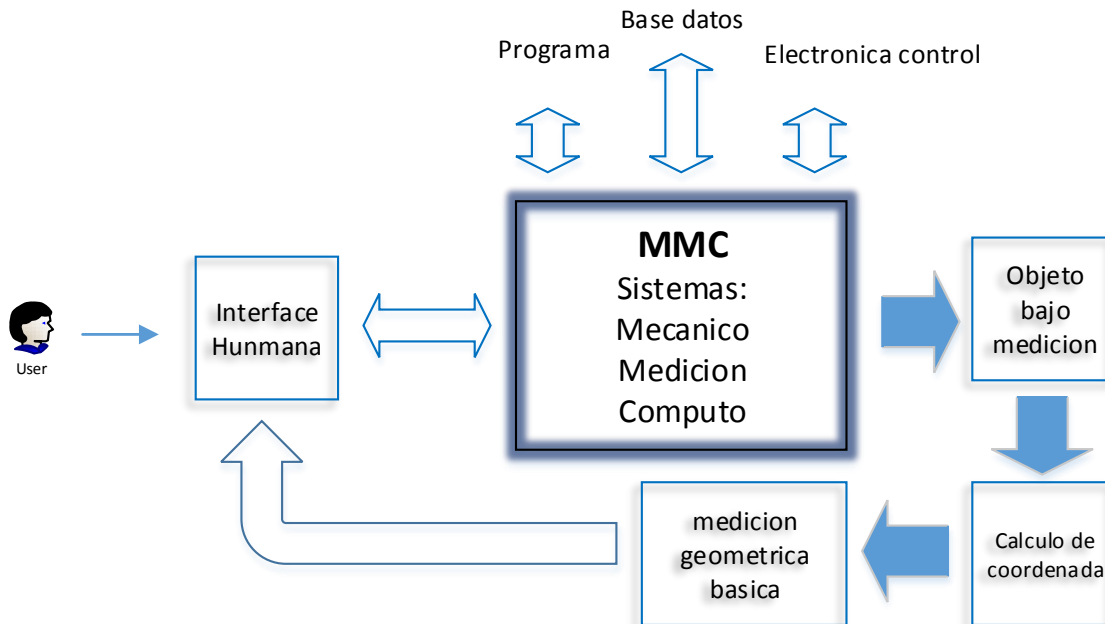


Figura 1: Diagrama de funciones

Para el desarrollo de la Interface de usuario, se definió las etapas a seguir para lograr la medición, desde el análisis del problema partiendo de la situación actual, definición

de equipo y partes, desarrollo de algoritmos y cálculos de dimensiones geométricas, hasta la validación estadística y medición,

véase la Figura 2. Las etapas de calibración | se muestran en la Figura 3.

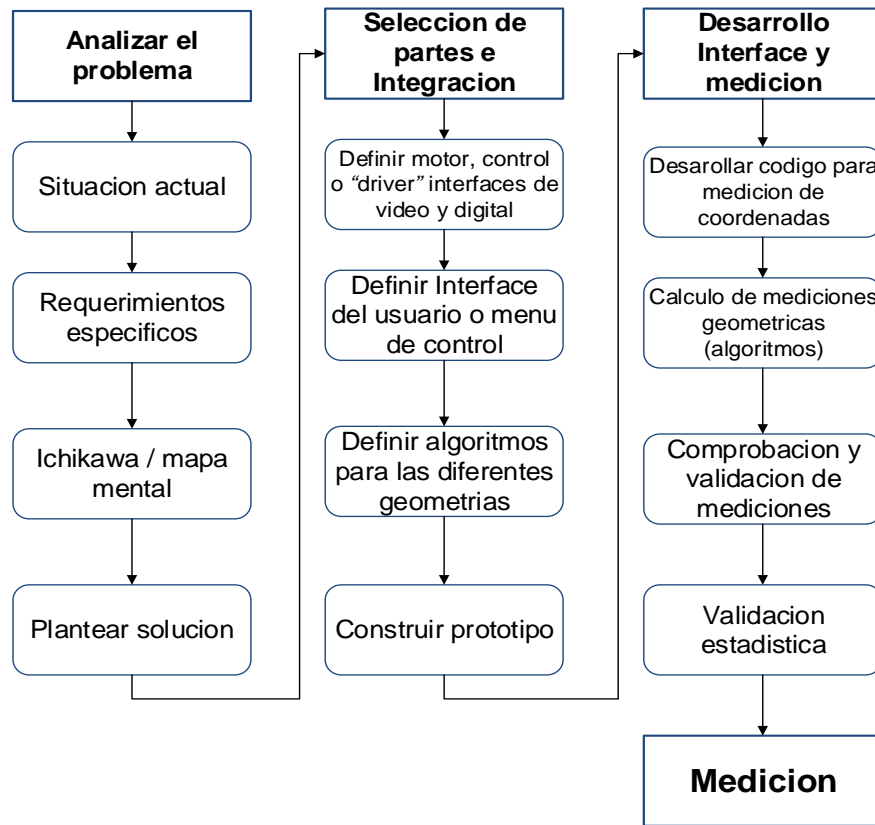


Figura 2: Etapas principales en el desarrollo de la interface de usuario

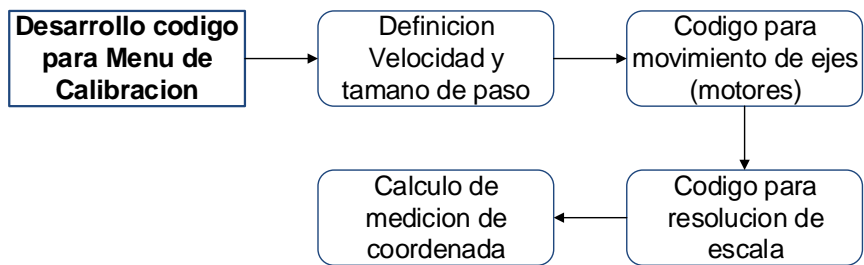


Figura 3: Etapas de calibración

Resultados

Se logra construir una máquina que puede realizar cálculos dimensionales de geometrías básicas como lo es el punto, línea, distancia, círculo, ángulo entre líneas. Ver figura 4



Figura 4: Integración de máquina de medición por coordenadas en dos dimensiones

Se realiza un estudio estadístico para determinar si las mediciones arrojadas por el equipo cumplen con una distribución normal, obteniéndose los siguientes resultados mostrados en las Figuras 5 y 6.

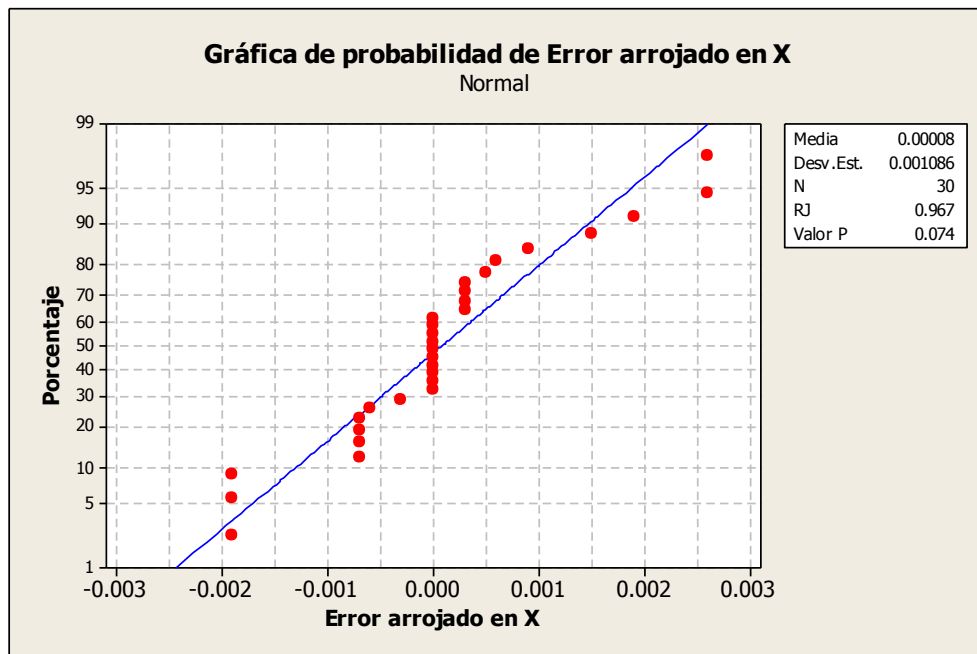


Figura 5: Distribución normal para datos en X

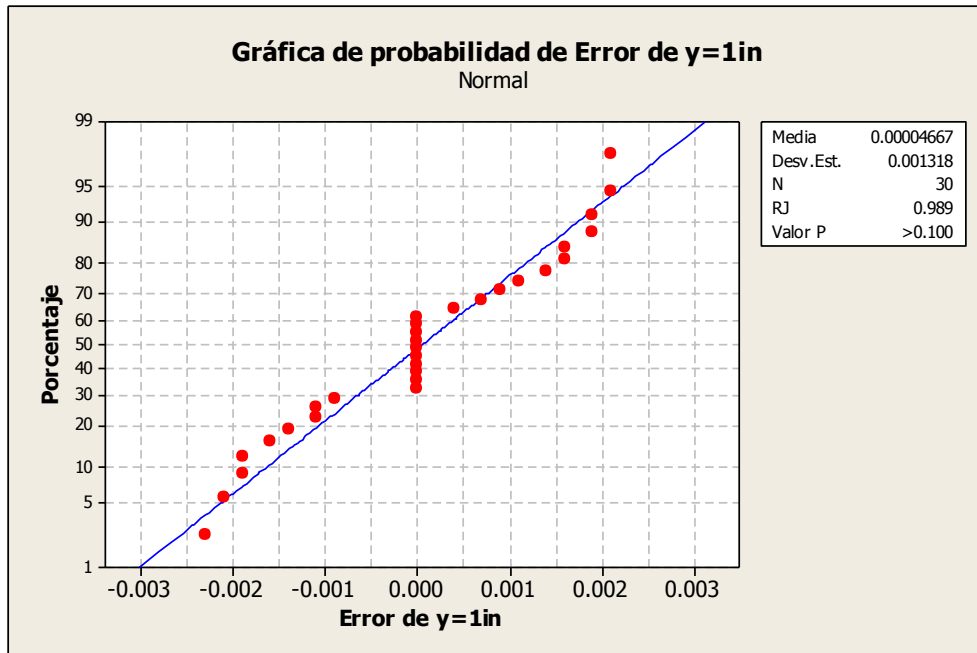


Figura 5: Distribución normal para datos en Y

También se realiza un estudio MSA para comprobar la variación sea mínima, obteniéndose los siguientes resultados, mostrados en las Figuras 6 y 7.

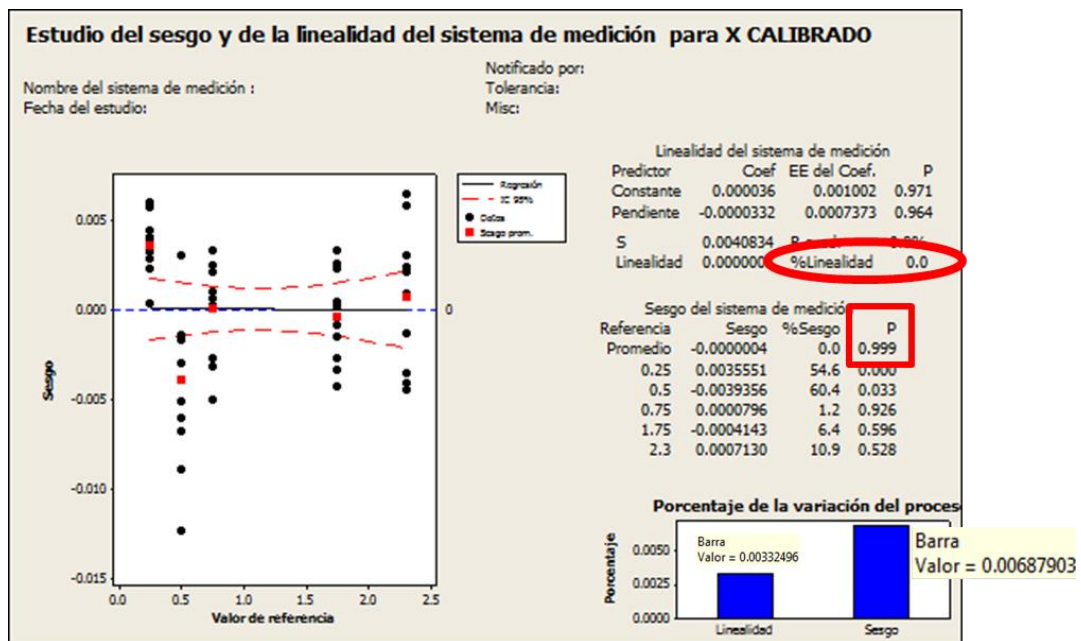


Figura 6: Resultado para eje X

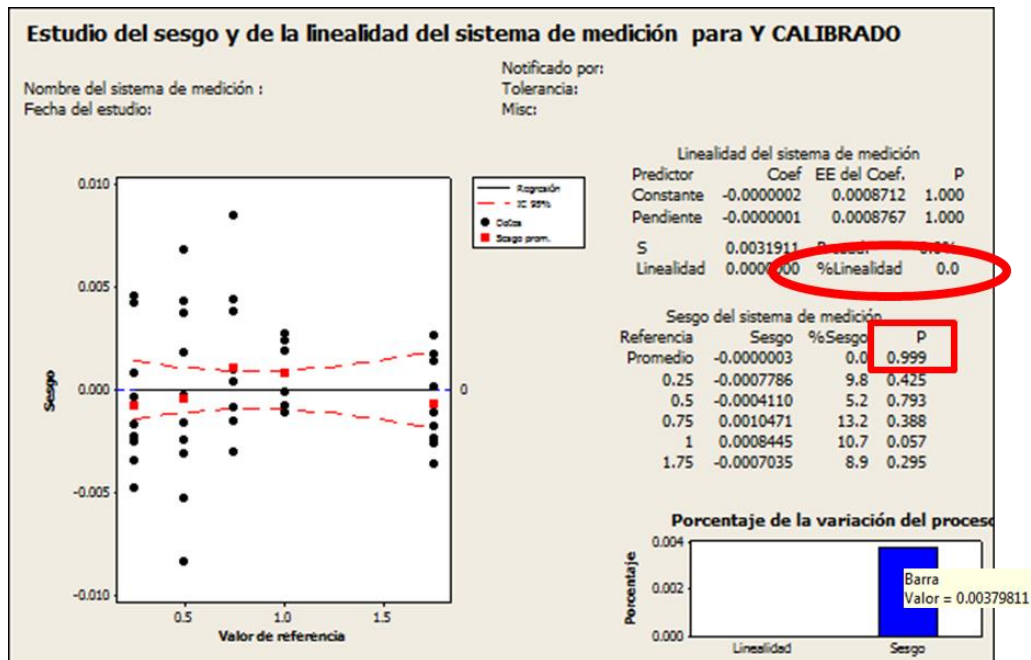


Figura 7: Resultado para eje Y

Comparando la variación contra el equipo actual se obtuvieron los resultados mostrados en las Figuras 8 y 9.

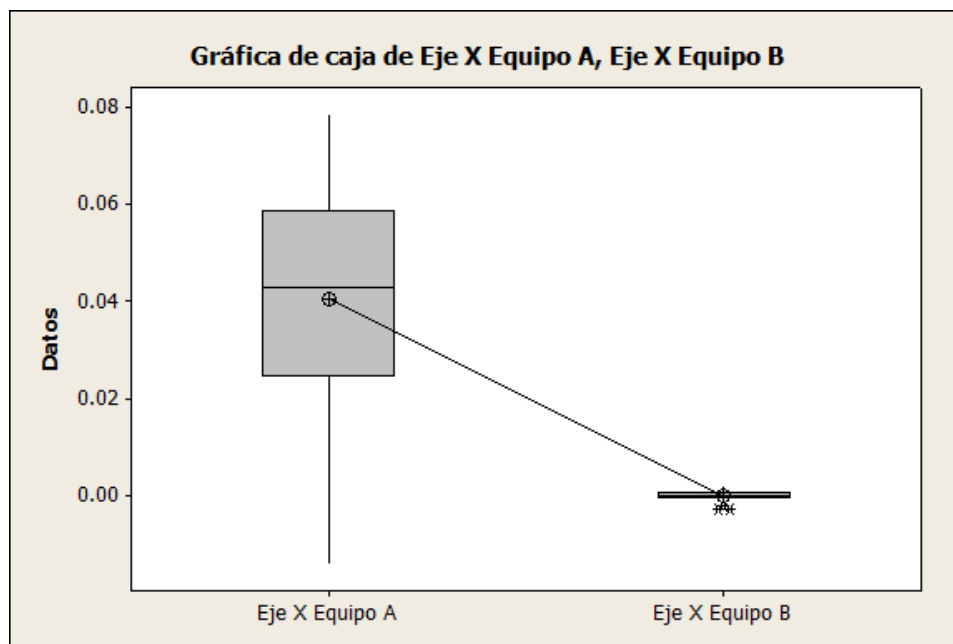


Figura 8: prueba de Hipótesis de dos muestras para eje X

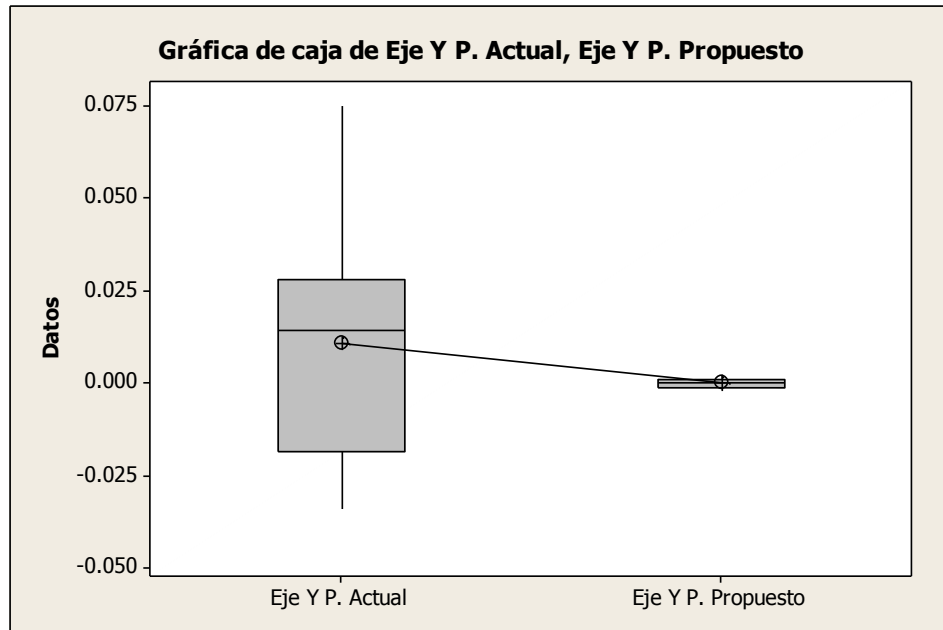


Figura 9: prueba de Hipótesis de dos muestras para eje Y

Conclusiones

Para la prueba de dos muestras en ambos ejes (X,Y) se concluye que existe suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula, la cual se planteó de la siguiente manera:

$H_0: \sigma \text{ Maquina Actual} = \sigma \text{ Maquina Nueva}$

$H_1: \sigma \text{ Maquina Actual} > \sigma \text{ Maquina Nueva}$

Por lo tanto la variación en los ejes (X,Y) del prototipo actual es mayor que la variación en el equipo nuevo.

Logros:

- Medición de Geometrías Básica
- Movimiento ortogonal automatizado

- Medición a distancia con Sistema de visión
- Generación de reporte de mediciones
- Integración de Sistema Mecánico y de Medición

Recomendaciones:

- Agregar cámara de mayor resolución
- Agregar opción de resolución de pasos.
- Mejorar control de velocidad del paso.

Referencias

Arizmendi E., Navarrete G., Galván C. (2001). Alternativas para solucionar problemas de medición en máquinas de medición por coordenadas, Simposio de Metrología CENAM, Querétaro, México.

En:
<https://www.cenam.mx/publicaciones/gratuitas/descarga/memorias%20simposio/documentos/ta-or027.pdf>.
Consulta: 11-02-2014

Cimatech. (s.f.). Medición de Coordenadas (CMM): Validación y medición en CIMATRON. En:
<http://www.cimatech.com/web/cimanews/Abril2013/CMM.htm?1>.
Consulta: 10-30-2014

Dhanish, P. B., & Mathew, J. (2006). Effect of CMM point coordinate uncertainty on uncertainties in determination of circular features. *Measurement*, 39(6), 522-531.

Rodrigo, J., Puertas, I., y Luis, C. J. (2012). Estudio acerca de la tipología de las máquinas medidoras por coordenadas (MMC). *Inerempresas net*.

En:
[http://www.interempresas.net/Medicion/Articulos/102185-Estudio-acerca-de-la-tipologia-de-las-maquinas-medidoras-por-coordenadas-\(MMC\).html](http://www.interempresas.net/Medicion/Articulos/102185-Estudio-acerca-de-la-tipologia-de-las-maquinas-medidoras-por-coordenadas-(MMC).html).
Consulta: 11-01-2014.

Diseño de un prototipo de una máquina de moldeo de plástico para fabricar piezas de parafernalia

Eusebio Sánchez¹, Noé Alba Baena¹, Alejandro Loya¹, Gildardo Rivas Valles¹, Oscar Ruiz Chávez¹, Jesús Eduardo Aguilera González¹

¹Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

Introducción

En el estado de Chihuahua, específicamente en Ciudad Juárez, existen actualmente pocas empresas dedicadas a la fabricación de pequeños artículos de plástico de bisutería, parafernalia y otros accesorios de plástico, tales como: llaveros, juguetes, recuerdos y adornos (INEGI, 2008; Soto, 2012). Debido a ello se planea crear una máquina que pueda ser capaz de producir piezas buenas y ofrecer este servicio a los clientes interesados. Pero, para iniciar este proyecto, considerando una baja inversión inicial, necesitaría obtener un equipo de moldeo de plástico que cumpla con las siguientes características:

1. Bajo costo de adquisición.
2. Un volumen de producción considerable.
3. Bajo consumo eléctrico para evitar elevar los costos de producción.

Actualmente no se ha encontrado alguna máquina que cumpla con estas necesidades, por esto se plantea la posibilidad de diseñar una máquina de moldeo por inyección de plástico, que se ajuste a las características o necesidades descritas en los puntos anteriormente citados.

Para hacer un estimado del costo para la fabricación de esta máquina, se hace un recuento de todas las partes. En la Tabla 1 se presenta un balance de los costos para este proyecto (Newark, 2013).

El objetivo es diseñar y fabricar un prototipo de una máquina de moldeo por inyección de plástico, que sea capaz de producir un porcentaje relativamente aceptable de piezas buenas.

Para cumplir con el objetivo planteado, el diseño de esta máquina de moldeo por inyección de plástico, debe de cumplir con lo siguiente:

1. Baja inversión inicial, proyectada a menos de 800 dólares, tomando como base un diseño sencillo, la utilización de equipo de bajo costo y el uso de materiales reciclados para la fabricación de la estructura.

La fabricación de piezas de piezas buenas, con una determinada cantidad de piezas por hora.

Para cumplir con el objetivo planteado se afirma que el porcentaje de piezas aceptables es de 90%, de tal forma que las

hipótesis nula y alterna, quedan establecidas de la siguiente forma:

$$H_0: p \geq 0.9 \quad \text{y} \quad H_1: p < 0.9$$

Tabla 1. Balance de Costos

Costos del prototipo por componentes				
	Cantidad	Componente	Costo	Usadas
*	1 pza	PLC	3500	400
*	1 pza	Controlador de Temperatura	2500	300
	10 mts	Cable	200	200
	5 mts	Material Metálico	800	400
	1/4 hoja	Polycarbonato de 1/2"	500	500
	50 pcs	Tornillería	100	100
	1/2 mts	Canaleta para cable	200	200
*	1 pza	Fuente de alimentación	600	200
	4 pizas	Interruptores luminosos	100	60
*	2 piezas	Electroválvulas	1500	300
	5 mts	Manguera neumática	200	200
	10 pzas	Conectores	1000	300
	1 pza	Piston de 2"	300	60
*	1 pza	Pistón de 8"	2500	300
	14 pzas	Piezas maquinadas	3400	2100
		Total:	17400	5620

Marco Teórico

La información recopilada acerca de los preceptos fundamentales para el desarrollo de este trabajo de investigación, los describo a continuación, remarcando mediante sus títulos, los temas abordados que sirven como base y sustento de la metodología utilizada.

a) QFD

i. ¿Qué es el Diseño para la calidad o QFD?

Es el grado de concordancia entre el diseño y el fin para el cual fue creado un producto;

en la medida que las características previstas, los materiales y las formas concebidas por el diseñador, cumplen con las necesidades del usuario final. Esto significa alinear lo que el cliente requiere con lo que la organización produce.

ii. Metodología QFD

El proceso de QFD consiste en la implementación de una serie de matrices y gráficas, mediante las cuales se muestran las necesidades de los clientes en relación con

los requerimientos técnicos para diseñar un producto que será fabricado. Identificación de las expectativas del cliente utilizando: estudios con base en encuestas, publicaciones y artículos e informaciones sobre la competencia

La casa de la calidad

En la Figura 1 se muestra la casa típica de la calidad y se procede a describir cada una de sus componentes:

- Requisitos del cliente son una lista de objetivos o “QUE's” que se quieren lograr.
- Importancia para el cliente: aquí se establece una escala de la importancia para el cliente de cada uno de los requisitos determinados, por lo general la escala va del 1 al 5.
- Evaluación competitiva por parte del cliente: el cliente compara aquí nuestro producto.
- Características de control del producto final: En este paso se traducen los requisitos del cliente en requisitos del diseño, esto es para cada QUE buscamos un COMO.

- Matriz de correlaciones: matriz triangular relacionada con los COMO's que establece la correlación entre cada uno de ellos. Permite identificar cuáles de los COMO's se encuentran contenidos en otros COMO's y cuales están en conflicto.

++Correlación positiva fuerte -Correlación Negativa

+ Correlación positiva ▼ Correlación negativa fuerte

- Matriz de relaciones: Relación entre los requisitos del cliente (QUE's) y las características del producto final (COMO's). Se usan símbolos para medir el grado de relación.

⊕ Relación Fuerte

○ Relación Moderada

○ Relación Débil.

- Características de control del producto final: COMO Establecimiento de objetivos para cada uno de los parámetros del producto final.
- Significado de las características de control: selección de las características de control del producto que deben ser desplegadas a lo largo del proceso QFD, desde la planificación hasta la producción.

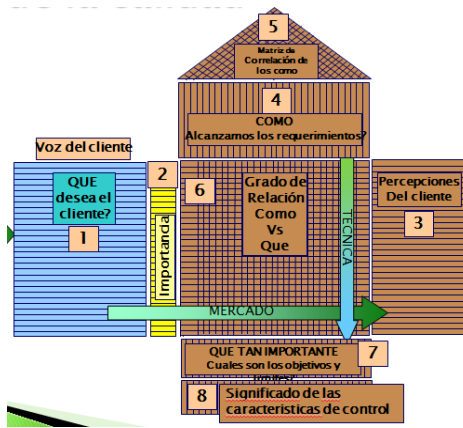


Figura 1. La casa de la calidad

△ Relación débil: 1 punto

○ Relación media: 3 puntos

⊛ Relación fuerte: 9 puntos

$$\Sigma (\text{Importancia} * \text{Peso de la relación})$$

Ventajas y desventajas del QFD

Ventajas:

- ▶ Traduce los requerimientos del cliente desde un lenguaje ambiguo a los requerimientos de diseño específicos para el desarrollo del producto y su manufactura.
- ▶ Formato sencillo de entender y práctico.

Desventajas:

- ▶ Es un proceso lento que se requiere hacer en el diseño, después no tiene sentido llevarlo a cabo.
- ▶ Se requiere *de personal* calificado de cada área del proceso.

b) DFMA

i. Introducción

El Diseño para la Fabricación y el Montaje o DFMA (por sus siglas en inglés de: Design for Manufacturing and Assembly), es un conjunto de técnicas y metodologías para la mejora del diseño, o rediseño, de un producto, su objetivo principal es mejorar

los aspectos de fabricación, montaje y costos, respetando las funciones esenciales del producto. Por medio del DFMA considera los siguientes puntos de vista:

Producto: Tiene en cuenta los requerimientos de las distintas etapas del ciclo de vida, los costes o recursos asociados (función, fabricación, montaje, calidad,...).

Recursos humanos: Trabajo en equipos pluridisciplinarios donde colaboran profesionales que actúan de forma colectiva en tareas de asesoramiento y de decisión, o de forma individual en tareas de impulsión y gestiones.

Recursos materiales: Utilización de nuevas herramientas basadas en tecnologías de la información y la comunicación, cada vez más integradas (modelización 3D, herramientas de simulación y cálculo, prototipos y útiles rápidos, comunicación interior, Internet)

ii. DFMA e ingeniería concurrente

El DFMA tiene un enfoque de la Ingeniería Concurrente orientado hacia la fabricación y montaje y su objetivo es mejorar los aspectos del grado de manufacturación,

montaje y costes. Algunos de sus objetivos específicos más significativos son:

>Facilitar las operaciones de fabricación y montaje

>Disminuir los costes de fabricación, montaje, las inversiones y los costes de utillajes.

>Optimizar el uso de las herramientas y equipos de fabricación y montaje

>Aumentar la flexibilidad de la fabricación

La metodología DFMA sigue el esquema general de Ingeniería de Diseño,

comenzando con la identificación de las necesidades y restricciones del producto. En base a los materiales y procesos de manufactura seleccionados se determinan los costos estimados de fabricación, buscando reducirlos al mínimo; si los resultados obtenidos en esta etapa del proceso de diseño no son los esperados comienza la iteración regresando a la etapa de diseño conceptual para las modificaciones a las propuestas iniciales, esto se detalla en la figura 2.

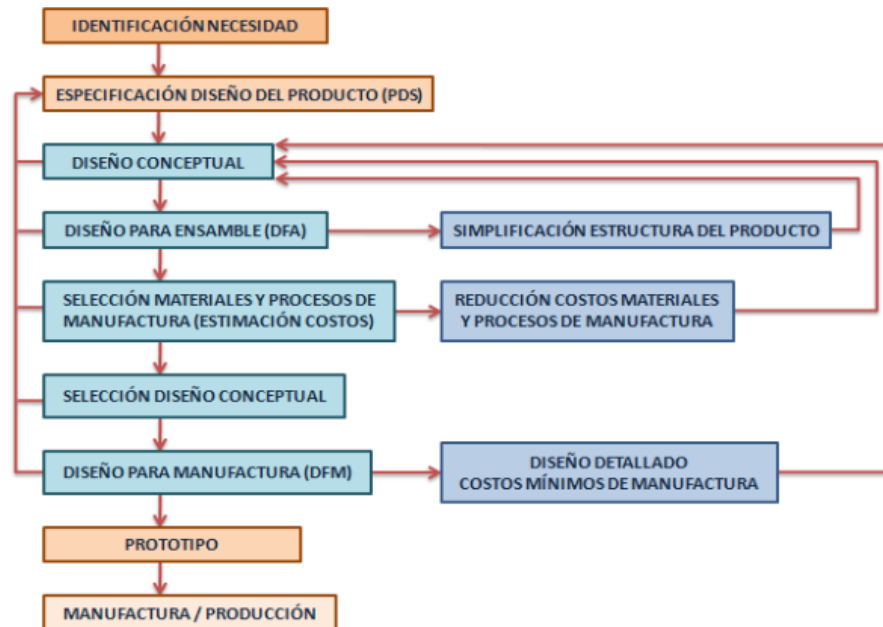


Figura 2. Diagrama de las etapas de la Ingeniería Concurrente empleando técnicas DFMA.

iii. Implementación del DFMA en el proceso de diseño

Para aplicar los principios básicos del DFMA hay que considerar ciertas reglas que faciliten la reducción del costo final del producto, los tiempos de manufactura, la dificultad del mantenimiento y los

problemas de ensamble. La implementación del DFMA se considera:

- I. Reducción del Número Total de partes: es importante reducir el número de partes que conforman un molde de inyección, haciendo un diseño más simple.

- II. Diseño Modular: en la fabricación de moldes es posible separar por módulos los sistemas, reduciendo los tiempos de manufactura y verificando el funcionamiento individual.
- III. Empleo de componentes Estándar: utilizar los moldes que cuentan con diversos componentes que pueden adquirirse como refacciones.
- IV. Diseñar para una sencilla fabricación: es importante considerar que los procesos finales de acabado de las partes (pintado, pulido, maquinado final, etc.) incrementan el costo, por eso estos procesos deben considerarse únicamente cuando son necesarios por cuestiones de funcionalidad.
- V. Minimizar las direcciones de ensamble: reducir las direcciones de ensamble de los componentes para inyección, reduciendo así los tiempos y costos de ensamble.
- VI. Facilitar Inserción: es importante diseñar en función del ensamble, considerando chaflanes y redondeos en algunos componentes de forma que faciliten la inserción.

c) **TRIZ**

i. Introducción

La palabra TRIZ es un acrónimo ruso para describir la Teoría para Resolver Problemas de Inventiva ("Tieoriya Riesheniya Izobrietatielskij Zadach"). Fue iniciado en 1946 por Genrikh Altshuller. La metodología TRIZ se trata de una metodología de resolución de problemas

basada en un acercamiento lógico y sistemático. Puede ser utilizado como un instrumento poderoso para solucionar problemas técnicos y tecnológicos, sencillos y difíciles, más rápidamente y con mejores resultados.

ii. Designación de niveles de Innovación

Cuando Altshuller analizó un gran número de patentes observó que cada invención no es igual en su valor inventivo por lo que propuso cinco niveles de innovación:

- Nivel 1. Una mejora sencilla de un sistema técnico.
- Nivel 2. Una invención que incluye la resolución de una contradicción física.
- Nivel 3. Una nueva tecnología desarrollada que contiene una contradicción física.
- Nivel 4. Una nueva tecnología desarrollada que contiene una solución de ruptura que requiere el conocimiento de diferentes campos de la ciencia.

iii. Contradicciones técnicas y físicas

Cuando se formula una Contradicción Técnica esta nos ayudará a entender mejor la causa raíz del problema y averiguar más rápidamente la solución exacta para este problema. Pero, si no hay ninguna contradicción técnica, entonces no se trata de un problema inventivo.

La Contradicción Técnica supone un conflicto entre características dentro de un sistema: Esto es, que cuando se mejora un parámetro del sistema, esto causa el deterioro o empeoramiento de otro parámetro.

iv. Idealidad del sistema

Nos ayuda para aumentar las funciones útiles del sistema y reducir las funciones perjudiciales, para acercar el sistema a la Idealidad. El Sistema Ideal sería aquel que no existe materialmente, pero que, aun así, realiza una función.

El sistema Ideal se consigue sin añadir complejidad a través de:

- Minimizar partes.
- Utilización de recursos.
- Utilización de Efectos Químicos, Físicos y Geométricos.

Para resolver un problema se utiliza la declaración del Resultado Final Ideal (RFI) que tiene la formulación general la cual es “El sistema por SI MISMO realiza la función requerida sin efectos perjudiciales ni complicaciones añadidas”. Y se plantea así:

$$\text{Idealidad} = \frac{\text{Funciones útiles}}{\text{Funciones perjudiciales} + \text{Coste}}$$

v. Algoritmo de resolución de problemas inventivos (ARIZ)

Es una de las herramientas analíticas principales de TRIZ. Proporciona una serie de pasos lógicos secuenciales para desarrollar una solución para un problema complejo. La versión más reciente de Altshuller, contiene nueve pasos:

1. Análisis del Problema y Modelo de Problema
2. Resultado Final Ideal y determinación de Contradicción Física.

3. Movilización y Utilización de Recursos.
4. Cambiar o Formular de nuevo el Problema.
5. Análisis del Método que eliminó la Contradicción Física.
6. Utilización de soluciones obtenidas.
7. Análisis de los pasos que han conducido a la solución.

d) DOE

i. Introducción

La metodología de diseño de experimentos (DOE, Design of Experiments) es una herramienta estadística para mejorar la calidad de un producto y es usada frecuentemente en proyectos Seis Sigma. Esta metodología sirve para diseñar las condiciones ideales de un producto, proceso o servicio para que cumpla con nuestras expectativas usando el mínimo número de experimentos o pruebas.

ii. Diseño experimental

Para la realización de un experimento diseñado se deben introducir cambios de forma deliberada en las variables de entrada de un proceso, de manera que sea posible observar e identificar, las causas de los cambios en la respuesta de salida. Podemos mencionar algunos métodos de experimentación como lo son:

1. Prueba y error
2. Un factor a la vez
3. Factorial completo
4. Factorial fraccionario
5. Otros

iii. Objetivos de un experimento

El primer objetivo que se persigue es determinar cuáles factores tienen mayor influencia en la respuesta. Posteriormente se determinará cuáles factores X 's afectan el promedio del valor de la respuesta y . El siguiente objetivo es la determinación de cuáles factores X 's afectan la variación de la respuesta y . El cuarto objetivo es determinar el mejor valor de los factores. Por último, el objetivo que se pretende es determinar cuáles factores no tienen efecto alguno y cuál será la relación entre los factores de entrada y las salidas.

iv. Variable de respuesta

Es importante determinar si la variable de respuesta y es cuantitativa o cualitativa, y en caso de que se requiera medir, necesitamos saber si está ligada a requerimientos específicos del cliente. Esto, con el objetivo de centrar el proceso, reducir la variación o ambas cosas a la vez. Pero, para lograr este objetivo, se requiere determinar cómo va a medirse la salida y en caso de que se tengan salidas múltiples, necesitamos definir, cuáles son las prioridades.

v. Factores controlables y no controlables

Los factores controlables X 's pueden ser manipulados para ajustar su efecto en las salidas, ser cuantitativos (continuos), como por ejemplo la temperatura, la presión, el tiempo y la velocidad. También pueden ser cualitativos (categorías o cualidades), un ejemplo de ello es el color, método, maquinaria, proveedor, tipo o línea.

Por esto, para la selección de factores necesitamos considerar si son prácticos, factibles y medibles.

vi. Principios básicos para el DOE

Obtención de réplicas.- Es la realización de una corrida experimental por cada combinación de parámetros que se va a utilizar.

Replicación.- Es diferente a las mediciones repetidas ya que no se toman varias muestras para medir la respuesta, en una corrida experimental.

Aleatorización.- Se entiende que tanto la asignación del material experimental, como el orden en que se realizan las pruebas individuales se determinan aleatoriamente, esto es lo que va a dar validez al experimento.

Análisis por bloques.- Es una técnica utilizada para incrementar la precisión del experimento. Nos va a ayudar a identificar el error debido a cambios en las condiciones en que las corridas experimentales se realizan.

vii. Pasos para el DOE

1. Comprensión y planteamiento del problema.- Responder a las preguntas ¿Cuál es el problema? y ¿objetivos de la experimentación?
2. Elección de factores y niveles.- Conocer los factores y niveles, y además, conocer cómo se van a medir y controlar.
3. Selección de las variables de respuesta.- Cuáles variables proporcionan información útil y cuántas hay.

4. Elección del diseño experimental.- Definir el tamaño de la muestra, el orden de corridas y el tipo, ya sea exploratorio, mejoramiento u optimización.
5. Realización del experimento.- Comenzaríamos por vigilar el proceso, evitar errores de procedimiento y analizar los aspectos logísticos.

6. Análisis de datos.- Utilizar los métodos estadísticos para observar el comportamiento del sistema.
7. Conclusiones y recomendaciones.- Realizar las pruebas de confirmación y una vez confirmada la información, efectuar el plan de acción.

Metodología

En el planteamiento, análisis y solución del problema analizado anteriormente. Se tomó como base El Método de Ingeniería. Este método establece que: hay que partir de una situación inicial que es la observación de una situación, que en este caso fue: la fabricación de artículos de parafernalia, mediante la técnica de inyección de plástico, es la alerta.

Una vez detectada una necesidad, hay que hacer una reflexión para entender la problemática en general, al hacer esta reflexión se concluyó el diseño y fabrica de un prototipo una máquina de inyección de plástico, para producir piezas de parafernalia.

Una vez observados y analizados los datos y las variables de entrada y de salida, se definió la propuesta del proyecto y para llegar a establecer una propuesta más robusta fue necesario auxiliarse de otras metodologías que ayudarán a estructurar y moldear el proyecto.

Para poder hacer posible este proyecto; recopile y uní extractos de algunas otras metodologías utilizadas para el diseño, consideré los extractos que más fueran útil, como herramientas para lograr el diseño y construcción de la máquina de moldeo de plástico. Las metodologías utilizadas son: el QFD, DFMA, TRIZ y DOE, explicadas, a grande rasgos, en el marco teórico.

La aplicación del método de QFD.

La parte de esta metodología, que se aplica en este proyecto es la llamada: casa de la calidad, en la que los requisitos del cliente, o sea, las necesidades descritas en el planteamiento del problema, son una lista de objetivos (QUE's) para lograr. A estos requisitos, se les da un valor, de acuerdo a una escala que va del 1 al 5, después se compara con diseños similares.

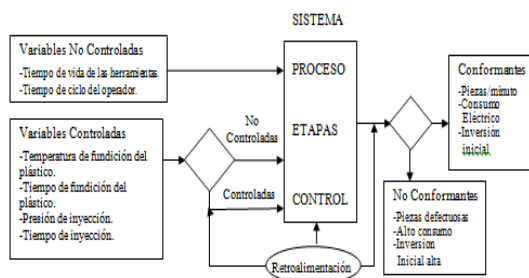
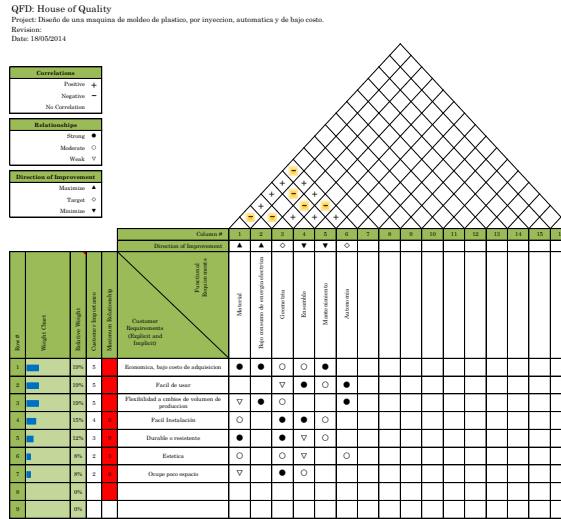


Figura 3.- Descripción General del Sistema de la Máquina de Moldeo por inyección.

Posteriormente, se traducen las necesidades planteadas en requisitos del diseño, esto es para cada QUE buscamos un COMO. Para la matriz de correlaciones se establece la correlación entre cada uno de los requisitos y cada una de las necesidades, en la matriz

de relaciones: se trata de relacionar los requisitos (QUE's) y las características del producto final (COMO's) y de esa forma, se establecen los objetivos para el diseño final. A continuación se muestra la casa de la calidad para este proyecto:

Tabla 2. Casa de la calidad del método de QFD



En el esquema anterior se puede ver, la correlación que existe entre algunos requerimientos funcionales, y también, la relación entre los requerimientos del cliente y los requerimientos funcionales. De acuerdo a los parámetros que se muestran, se ajustara el diseño a ellos.

La aplicación del método de DFMA y TRIZ

Para realizar un diseño más robusto de esta máquina, se recurrió a las partes de estas metodologías, en donde se van estableciendo los aspectos de fabricación, montaje y costos, respetando las funciones esenciales del producto, se deberán considerar los siguientes puntos de vista para el diseño:

Producto: Tiene en cuenta costos.

Recursos humanos: Asesoramiento con ingenieros dedicados a este rubro.

Recursos materiales: Uso de tecnologías informáticas como herramienta del diseño, por ejemplo el uso del software para dibujo en computadora en 3D (SolidWorks) (SolidWorks, 2014).

Siguiendo el esquema general de ingeniería de diseño, para disminuir los costos de la elaboración del diseño seleccionado, se comienza con la identificación de las necesidades y restricciones de la máquina a diseñar, de acuerdo a la metodología TRIZ.

Diagrama de flujo de las actividades a realizar para lograr el objetivo del proyecto.

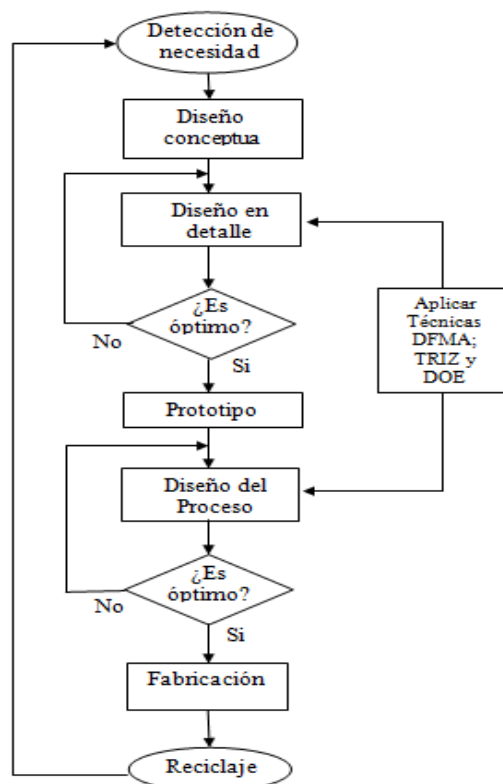


Figura 4. Diagrama de flujo del híbrido de varias metodologías.

Para la aplicación del método DOE se comenzará con la obtención de réplicas mediante la realización de una corrida experimental por cada combinación de parámetros que se va a utilizar. Seguido de esto se hace la replicación en donde se toman varias muestras para medir la respuesta, en una corrida experimental, es importante mantener la aleatorización para la asignación del material experimental y el

orden en que se realizan las pruebas individuales en forma aleatoria, esto es lo que va a dar validez al experimento.

Finalmente se realiza el análisis por bloques, el cual consiste en una técnica utilizada para incrementar la precisión del experimento, nos va ayudar a identificar el error debido a cambios en las condiciones en que las corridas experimentales se realizan.

Resultados

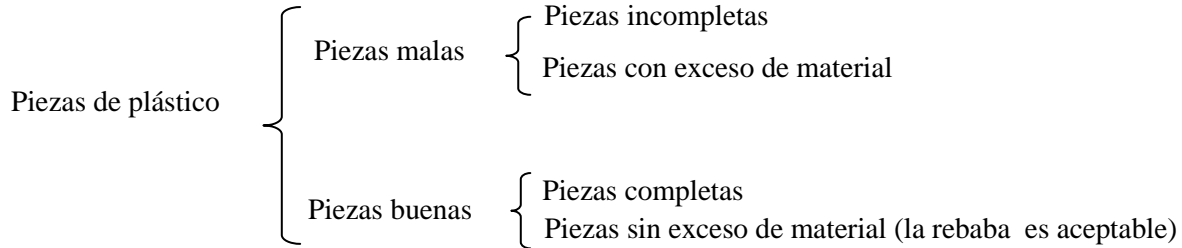
Para validar y comprobar el buen funcionamiento de la máquina se comenzó con el diseño de experimento para poder obtener los mejores parámetros, con los

cuales pudiera correr la máquina, esto se estableció mediante lo siguiente:

- 1 Diseño de Experimento (DOE)

Para la aplicación del método DOE se comenzó con el primer paso que se plantea para el diseño de experimento, el cual es:

Plantear el problema que se presenta debido a la respuesta de salida de la máquina, esto se planteó de la siguiente forma:



2 Elección de Factores

En base a un trabajo de tesis (Raudel, 2013) en el que se pretende optimizar los parámetros requeridos para un proceso de moldeo por inyección de plástico por medio de un híbrido de redes neuronales y

algoritmo genético, se analizó y sustrajo los parámetros obtenidos por el diseño de experimento efectuado en dicho trabajo. La siguiente tabla muestra una comparación preliminar entre la mejor solución de las muestras que se usaron y la solución óptima obtenida del algoritmo genético.

Tabla 3. Parámetros seleccionados en el trabajo de referencia

Número de corrida	Temperatura de la mezcla (°C)	Temperatura del molde (°C)	Presión de empaque (Mpa)	Tiempo de empaque (s)	Tiempo de enfriamiento (s)	Valor normalizado de función objetivo	Valor desnormalizado de función objetivo
15	250.0000	125.0000	30.0000	7.0000	3.1000	0.021800	0.219100
ANN-GA	260.0212	76.4090	30.0000	6.0026	3.1320	0.017000	0.218800

Con base a los parámetros descritos se comenzaron a efectuar experimentos y pruebas en la máquina de estación de termo formado, utilizando primero la cámara de plastificación o barril, posteriormente se hizo uso del pistón de inyección (llamado en la máquina “la RAM”).

A continuación se describen las pruebas efectuadas con el barril:

a) Se colocó la resisten térmica de banda abrazando el barril para calentarlo.

b) Entre el barril y la resisten térmica de banda se introdujo el termocople para medir la temperatura en esta región.

c) El termocople fue conectado al controlador de temperatura, el cual mostrará la temperatura en tiempo real, para ser monitoreada.

d) Se energizó con 220 volts la resisten térmica de banda, para que esta alcanzar una temperatura alta.

e) Cuando la temperatura estaba en los 100 grados centígrados se vació el material dentro

de la cámara de plastificación, para ser derretido.

- f) Según los parámetros de temperatura del proyecto de optimización de parámetros [11], fue determinada una temperatura alrededor de 350 grados centígrados.



- g) El material dentro del barril se plastificó (se derritió) hasta tomar una consistencia pastosa y banda.



- h) Para verificar si las temperaturas alrededor del barril y dentro de él (al centro del material derretido), eran las mismas se introdujo otro termocople para medir la temperatura al centro del material plastificado.
- i) La observación que se encontró es que hay una diferencia de temperatura de alrededor de unos 40 grados centígrados.
- j) Se llevó el barril con material derretido hasta la estación de termo formado y se colocó en la base.
- k) Se activó la bajada del pistón de inyección y este fue capaz de forzar el plástico derretido por el orificio de inyección.

Las pruebas realizadas y descritas muestran que es necesario modificar los parámetros de temperatura para que pueda ser posible efectuar el proceso de inyección de plástico en un molde, mediante el proceso que se pretende efectuar con la máquina indicada en este trabajo.

De acuerdo a las pruebas anteriores se consideraron para el diseño de experimentos **cuatro Factores** de **dos niveles** cada factor, los niveles se clasificaron como bajo y alto.

La tabla 4 muestra los Factores seleccionados y sus niveles

Tabla 4. Factores propuestos

FACTOR	NIVEL	
	Bajo	Alto
Temperatura de Fundición	350°C	395°C
Tiempo de Fundición	2 min	10 min
Presion de Inyección	0.2 Mpa	0.5 Mpa
Tiempo de inyección	3 seg.	10 seg.

3 Selección de variables de respuesta

La variable de respuesta o también la variable de salida (variable “y” de salida), para analizar la salida de la máquina, fue:

Las dimensiones similares a las del molde.- En este caso las especificaciones del molde fueron: 2 pulgadas de largo por dos pulgadas de ancho y 0.6 pulgadas de grueso. Además se consideró también como salida el tipo de pieza: mala o buena.

4 Elección del diseño experimental

Como ya se comentó, se utilizaron factores de dos niveles cada uno, y se utilizaron 8 piezas para el diseño, ya que en Minitab me permite considerar dos opciones las cuales son 8 y 16, se tomó la de 8 piezas ya que se contó con una cantidad limitada de material.

Considerando los factores y de acuerdo a las especificaciones de la salida que se consideraron se metieron los siguientes datos al Minitab:

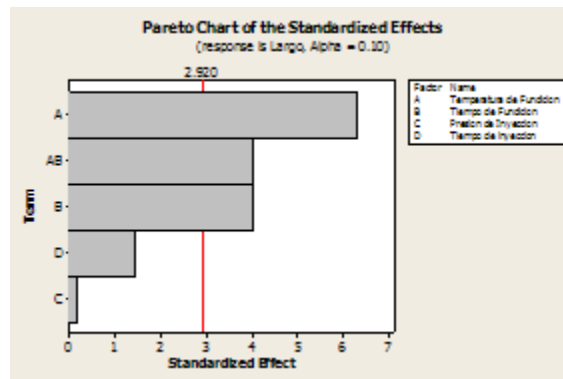
Factores	Salida
Temperatura de fundición	Largo
Tiempo de fundición	Ancho

Presión de inyección

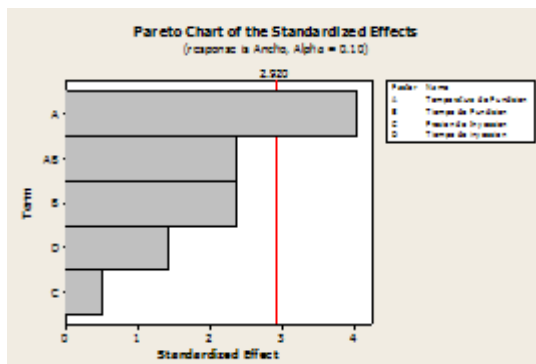
Tiempo de inyección

5 Realización del experimento

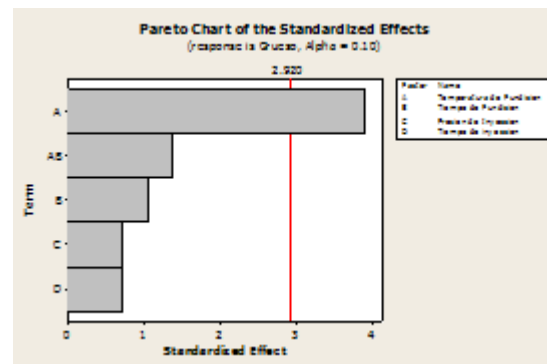
Al meter los datos se obtuvieron las siguientes gráficas de Pareto porque son más fáciles de interpretar:



Gráfica 1. Gráfica Pareto del factor Largo



Gráfica 2. Gráfica Pareto del factor Ancho



Gráfica 3. Gráfica Pareto del factor Grueso

Análisis de datos

Como se observa la temperatura es el factor más impactante con respecto a los otros tres y el mejor parámetro es de 395°C, el siguiente parámetro relevante es el tiempo de fundición el cual fue de 10 minutos. La presión de inyección más adecuada fue la de 0.2 Mega Pascales (MPa) la cual impacta en forma positiva evitando que salgan piezas

con exceso o rebaba, como se dice en el argot de moldeo, por último, el factor que menos impacto fue el tiempo de inyección, en el cual el mejor parámetro fue de 10 segundos.

Considerando estos factores, se determinó que los mejores parámetros para correr la máquina son:

FACTOR	Mejor parametro
Temperatura de Fundición	395°C

Tiempo de Fundición	10 seg.
Presion de Inyección	0.2 Mpa
Tiempo de inyección	10 seg.

Tabla 5. Factores óptimos

Resultados

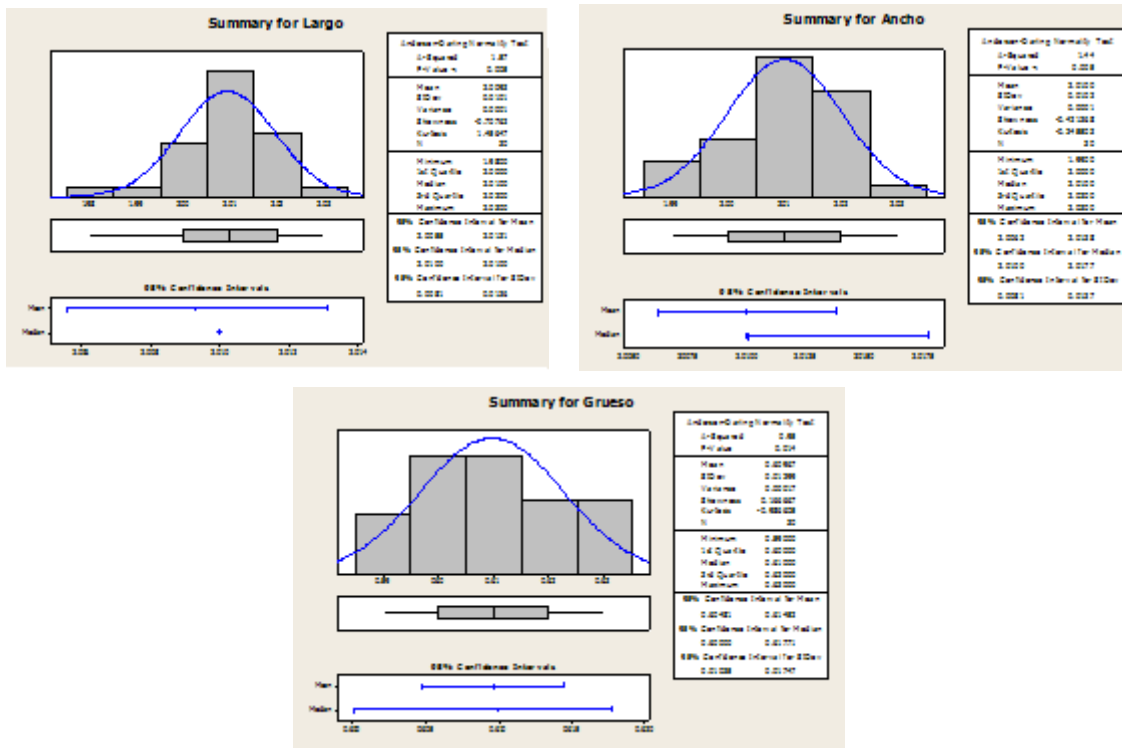
Herramientas utilizadas

Considerando los parámetros obtenidos en cada uno de los cuatro factores se debe de ajustar la máquina para que opere en estas condiciones sugeridas por el diseño de experimento.

Posteriormente se corrieron treinta piezas para hacer el estudio de normalidad, para de esa forma, determinar si se tiene una distribución normal de los datos tomados y

medidos en las dimensiones de las piezas que salieron. Las dimensiones que se tomaron en cuenta fueron el largo, que en el molde es de dos pulgadas; también se consideró el ancho, el cual es de la misma medida; por último se consideró el grueso de cada pieza cuya medida es de cero punto seis pulgadas.

En base a estos datos se obtuvieron las siguientes gráficas:



Grafica 4. Prueba de Hipótesis para el Factor Largo

Comprobación de la Hipótesis

Después de determinar la media, desviación estándar y ver la distribución normal, se efectuaron los cálculos para la hacer la prueba de Hipótesis, mediante el

procedimiento de pruebas para una proporción (Industrial, 2013; Montgomery, 2007), para comprobarla. Para esta prueba se determinó una distribución muestral de proporciones, utilizando los siguientes datos:

<u>Datos:</u>	
P = 0.9	P = porcentaje sugerido
p= 12/15 = 0.8	p= porcentaje de piezas buenas en base a la muestra
q=1-0.9 = 0.1	q= porcentaje de piezas malas en base a la porcentaje sugerido
n= 15	n= número de muestras
α= 0.05	α= nivel de significación de la prueba

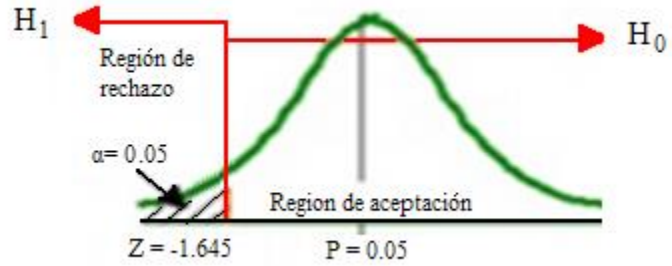
El ensayo de hipótesis sería:

$H_0: p \geq 0.8$ y $H_1: p < 0.8$

Cálculos

$$Z = \frac{p - P}{\sqrt{\frac{Pq}{n}}} = \frac{0.8 - 0.9}{\sqrt{\frac{0.9 * 0.1}{15}}} = -1.2909$$

De acuerdo a la tabla el p value (p) es igual a 0.0985, comparando con el intervalo de confianza que es de 0.05 tenemos lo siguiente. $P > 0.05$



Como el p value, que es de 0.0985, es mayor que el nivel de significancia (0.05) entonces, hay evidencia suficiente para no rechazar la Hipótesis Nula (H_0).

Conclusiones

Análisis

Por los resultados obtenidos en la comprobación de Hipótesis, mediante el procedimiento de pruebas para una proporción, en donde los datos nos proporcionan la siguiente información: “No

hay evidencia suficiente para rechazar la Hipótesis Nula y si se rechaza la Hipótesis Alterna”. Por consiguiente, se puede concluir que la máquina si es capaz de producir un 90 % de piezas buenas, entonces se puede concluir que:

Si se cumplió con el objetivo, ya que el prototipo de la máquina inyectora de plástico, que se diseñó y construyó, debe de ser capaz de producir piezas con un nivel aceptable de piezas buenas.

Recomendaciones

Es necesario realizar varias mejoras en la máquina, estas mejoras se enlistan a continuación:

- Se requiere cambiar el pistón de la prensa del molde ya que requiere un poco más de fuerza y por ello tendió a producir algunas piezas con rebabas.

- Hay que colocar unos pines expulsores para que la máquina pueda sacar las piezas por si sola.
- Diseñar un sistema automático de enfriamiento en los moldes, para no realizarlo en forma manual, y de esta forma sea más fácil de extraer las piezas.
- Ajustar los tiempos de fundición, alimentación e inyección en el controlador lógico programable (PLC), para que junto con la expulsión automática de las piezas, la máquina sea capaz de trabajar autónomamente.
- Mejorar un poco más el diseño estético de la máquina.

Referencias

AB Machinery. (2103). AB Plastic Inyector. (AB Machinery) Recuperado el Marzo de 2014, de <http://abplasticinjectors.com/>

Aguayo, F. Soltero, V. M. (2003) Metodología del diseño industrial. Alfa omega grupo Editor. México, D.F

Capuz, S. (2001). Introducción al proyecto de producción. Alfa omega grupo Editor. México D.F.

Estrada, F. J. Diapositivas proporcionadas en la materia de Estadísticas, perteneciente a la retícula de la Maestría de Ingeniería Industrial de Manufactura de la UACJ. INEGI. Instituto Nacional de Estadísticas y Geografía. (2008). En línea: <http://www.inegi.org.mx/default.aspx>.

Krasnoslobodtsev, V (2010). Essential TRIZ for Beginners, TRIZ Lessons in Spanish. Traducido por Julián Domínguez Laperal. Invent, Inc. - Milton, MA.

Industrial, D. d. (2013). Apuntes para el Propedeutico para Maestría en Manufactura. Estadísticas Básica. Cd. Juárez, Chihuahua, México.

López, J. A. .Apuntes de la material de Diseño para Manufactura, perteneciente a la retícula de la Maestría de Ingeniería Industrial de Manufactura de la UACJ.

Montgomery, D. C. (2007). Diseño y análisis de Experimentos. Cd. Mexico: Grupo Editorial Iberoamerica.

Newark. (2013). element14 Catalogo de electronicos. Cd. Mexico: newark catalogo de electronicos 130.

DFMA. (s.f.). Página web acerca del DFMA http://www.prodintec.es/catalogo/ficheros/aplicacion/es/fichero_15_4333.pdf

Raudel, A. (2013). Optimización de proceso de inyección de plástico mediante híbrido redes neuronales- algoritmo genético, Proyecto de Titulación.

Riba, C. (2002). Diseño Concurrente. Romeva. Ediciones UPC . Barcelona.Soto, N. (2012). Norte Digital. Beneficia a la industria del plástico el auge automotriz. [En línea] Periodico Norte, 15 de

Octubre de 2012.
<http://www.nortedigital.mx/article.php?id=24509>.

SolidWorks (2014). SolidWorks. [En línea] 2014. <http://www.solidworks.com.mx/>.

Desarrollo de herramienta para identificar el impacto del cambio de tolerancias y dimensiones en un ensamble

Abril Orence Torres Ríos¹, Javier Molina Salazar¹, Noé Alba Baena¹, Maribel Gómez¹,
Natividad Nieto Saldaña¹, Ana Luz Portillo Hernández¹

¹Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

Resumen

Este estudio presenta el desarrollo de una herramienta para la resolución de análisis de ensamble, la cual permite la obtención de resultados de una manera rápida, además de ofrecer portabilidad y fácil acceso. Actualmente existen diferentes herramientas las cuales permiten realizar el análisis de ensamble, sin embargo estas herramientas se encuentran incluidas como módulos en el software de diseño, esto limita el acceso únicamente a las personas poseedoras de las licencias de los mismos. Con el desarrollo de la herramienta propuesta se ofrece la conversión de dimensiones de diferentes tipos al tipo bilateral simétrica (usadas para el análisis), considerando tolerancias dimensionales y geométricas de posición, lo cual permite la obtención de información del dibujo sin importar cual tipo de dimensión se haya utilizado para definir las características del diseño. Como resultado del análisis de ensamble se obtienen los valores máximos y mínimos para una zona de análisis previamente establecida en el problema, con ello se determina si el producto puede ser ensamblado sin problemas de interferencia. Para validar los resultados obtenidos de la herramienta se selecciona un grupo de problemas planteados en diferentes bibliografías, estos problemas se resuelven de manera manual con la finalidad de considerar la carencia de alguna herramienta para la resolución de los mismos. Se obtienen datos relacionados con el tiempo de cálculo manual y se comparan con los tiempos obtenidos de la resolución de los problemas usando la herramienta por medio de métodos estadísticos. Se realiza una t para dos muestras y se determina que los resultados que se obtienen de los análisis, usando la herramienta, se consiguen en un tiempo menor a los análisis resueltos manualmente.

Palabras clave: Software, Herramientas, Análisis de ensamble.

Introducción

El análisis de tolerancias es una importante herramienta para reducir costos de manufactura mejorando la productividad. La especificación adecuada de tolerancias dimensionales se ha reconocido por la industria como un elemento clave en los esfuerzos para incrementar la productividad. Los ingenieros de producto, diseño y

manufactura saben que el control de la acumulación en las tolerancias es crítico para definir zonas de claro o interferencia en los ensambles. Sin embargo los diseñadores frecuentemente asignan tolerancias de manera arbitraria o basada en la experiencia obtenida durante el desarrollo de otros productos. En ocasiones el diseñador cuenta

con el total de la tolerancia con el que cuenta un ensamble y esta es distribuida entre los componentes de manera racional. Por otro lado existen los análisis de tolerancias en los cuales se conoce la tolerancia de cada uno de los componentes del ensamble y en base a esta información se calcula la tolerancia total del ensamble. La tolerancia en el ensamble debe ser predicha por un análisis de tolerancias.

Durante la fabricación de prototipos para un producto específico, el cual se fabrica en una compañía anteriormente descrita, se han encontrado problemas de ensamblaje debido a la modificación de dimensiones y tolerancias de algunos de sus componentes. Aun cuando existen análisis de tolerancias previamente realizados en el ensamble, los ajustes generados durante diferentes negociaciones no se consideran para hacer un nuevo análisis de ensamble, como consecuencia de esto otros componentes en el ensamble presentan problemas de interferencia entre ellos al momento del ensamblaje. Por otro lado el acceso a los análisis existentes está limitado para el

ingeniero de producto, puesto que estos se han realizado utilizando el modelo 3D y para los cuales un análisis nuevo requiere el acceso a el software de diseño operado por el ingeniero de diseño, restringiéndolo a la disponibilidad del mismo.

En base a lo anterior mencionado y debido a la necesidad de tener acceso a los análisis de ensamble y los resultados de los ajustes de una manera rápida es expresada por el área de ingeniería de producto, se plantea el desarrollo de una solución en este ámbito.

El objetivo planteado en este trabajo es desarrollar una herramienta que permita al ingeniero de producto efectuar análisis de ensamble de una manera rápida, que pueda ser transferida de un ingeniero de producto a otro, y que además permita el acceso a la información sin depender de la disponibilidad del ingeniero de diseño. Dicha herramienta debe tener la capacidad de recalcular los análisis de ensamblaje al momento de hacer un cambio en las dimensiones y tolerancias involucradas en un tiempo menor al actualmente empleado.

Métodos

El desarrollo de la herramienta se basa en las siguientes etapas:

1.- *Planteamiento del problema o necesidad detectada:* Durante esta etapa se obtiene la información disponible en relación con el problema o necesidad que se desea resolver en el estudio, es importante llevar a cabo esta etapa con sumo detalle puesto que de aquí se obtienen las bases principales para

plantear el objetivo y como tal la resolución al problema o necesidad planteada.

2.- *Análisis de Datos:* En esta etapa se recolectan los datos existentes para poder definir y delimitar el área de estudio, se realizan revisiones de trabajos similares realizados anteriormente, con la finalidad de obtener información del estado actual del problema y con base a ello poder proponer una mejora.

3.- *Diseño de la herramienta:* En esta etapa se definen los requerimientos con los que debe de cumplir la solución al problema, en este caso la herramienta que se desarrolla para ayudar al ingeniero de producto en el cálculo de análisis de ensamble, así mismo se detallan las funciones a ejecutar y la estructura de la solución.

4.- *Construir prototipo de la herramienta:* Durante esta etapa se ejecuta la construcción de la herramienta en base a los requerimientos y funciones establecidos durante la etapa de diseño.

5.- *Realizar Experimentos:* Los experimentos se efectúan con la finalidad de depurar la herramienta. Esta etapa permite

verificar el correcto funcionamiento de la herramienta, evaluar resultados iniciales y realizar correcciones.

6.- *Validar Resultados:* En esta etapa se realiza una comparación entre los datos observados inicialmente en relación con el problema o necesidad planteada y los resultados obtenidos después de la mejora, para este caso se comparan los tiempos obtenidos del cálculo manual con los tiempos obtenidos del cálculo usando la herramienta. En caso de que los resultados no sean los esperados o satisfactorios se regresa a la fase de construcción del prototipo para hacer las adecuaciones necesarias.

Resultados

Durante la definición del problema se observa la necesidad de desarrollar un método o una herramienta que ayude a realizar cálculos de análisis de ensamble, pero que a la vez sea de fácil acceso, esto debido a que la mayoría de las herramientas que existen actualmente para realizar análisis de ensamble residen en programas especializados de diseño y a los cuales el acceso está restringido a los ingenieros de diseño, impidiendo con ello que ingenieros de producto quienes normalmente son los responsables de asignar las dimensiones y tolerancias que definen las características del producto pueda acceder a los resultados de los análisis.

En su intento por controlar la información relacionada con los análisis de ensamble y sus resultados, se realizan diferentes intentos por ejecutar los análisis fuera de este

software de diseño, en algunas ocasiones los análisis se realizan de manera manual, en otros casos se colectan las dimensiones y tolerancias relacionadas con el producto en hojas de Excel, donde por medio de fórmulas se pretende resolver el análisis, sin embargo aun cuando esta última opción puede ser una mejora sobre la de resolver el análisis de manera manual, las fórmulas tienen que ser redefinidas cada vez que se requiere un análisis nuevo.

Como parte uno de los pasos iniciales para desarrollar este estudio se ha elegido 30 análisis de ensamble de diferentes literaturas con la finalidad de evaluar el proceso de resolución y sobre todo capturar los tiempos que son invertidos para resolver los análisis de manera manual. Se ha optado por la resolución manual puesto que es este el peor caso que se puede considerar al momento

que un ingeniero de producto tenga que realizar el análisis. Con esto se obtienen datos que permiten determinar cuáles son las principales necesidades y una base para comparar si la solución que se propone significa una mejora.

Dentro de los requerimientos que se desean cubrir se tiene que la herramienta debe ser capaz de:

- Permitir la captura de dimensiones de diferentes tipos.
- Realizar análisis de ensamble de manera rápida.
- Editar dimensiones y/o tolerancias.
- Recalcular el análisis de ensamble.
- Portabilidad de la herramienta, es decir que no se dependa de la disponibilidad de acceso a un software en específico.

Considerando el primer requerimiento se definen los diferentes tipos de dimensiones que la herramienta debe capturar, además se toma en cuenta que la herramienta reciba información relacionada con tolerancias geométricas de posición, las cuales influyen en el análisis de ensamble. Una vez identificados los diferentes tipos de dimensiones se realizan diagramas de flujo para visualizar las diferentes validaciones y operaciones que se realizan para generar a partir de los datos ingresados una tolerancia bilateral simétrica la cual es usada en el análisis de ensamble.

Para diseñar el cálculo del análisis de ensamble se elige el método del Peor Caso

propuesto por James D. Meadows. El cual consiste en:

1. Identificar la zona que se desea analizar,
2. Identificar todas las dimensiones que se relacionan con el espacio entre las partes a calcular, asignar a cada dimensión un valor positivo y negativo,
3. Descartar todas las dimensiones que no tienen influencia en el análisis para evitar errores.
4. Obtener la diferencia entre las sumatorias de las dimensiones positivas y negativas y sumar y restar la sumatoria de las tolerancias para con ello obtener los valores máximo y mínimo de la zona bajo análisis.

Con base en los pasos anteriormente descritos se elabora un diagrama de flujo que pueda cumplir con los cálculos necesarios para obtener los valores máximo y mínimo.

Una vez concluida la fase de diseño de la herramienta se da paso a la construcción. La herramienta consta de 3 entes; el primero de ellos es una hoja de Excel que se utiliza para recolectar las dimensiones que son utilizadas en el análisis de ensamble, véase la Figura 1. Esta hoja cuenta con 6 columnas, en las cuales se almacenan: el número de parte, el nombre de la parte, el valor nominal de la dimensión, la tolerancia bilateral y 3 columnas son utilizadas para desplegar una caja de selección que permite determinar si la dimensión es utilizada en el análisis, es positiva o negativa respectivamente.

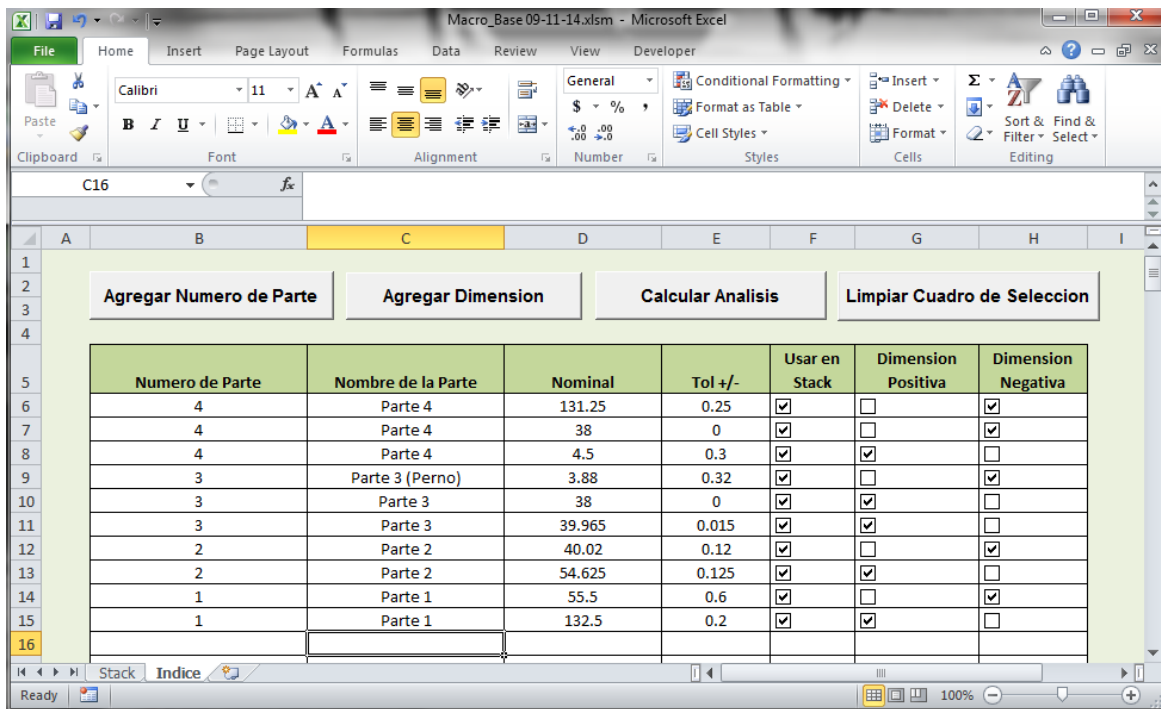


Figura 1. Hoja Índice utilizada para coleccionar dimensiones y tolerancias y para definir información para el análisis.

Además esta página definida como Índice es utilizada como menú principal para el acceso a los módulos para agregar dimensiones y calcular el análisis.

La activación del botón “Agregar Dimension” permite el despliegue de una interfaz que permite al usuario de una manera sencilla introducir las dimensiones contenidas en el dibujo perteneciente al producto.

La interfaz proporciona la opción de elegir 5 tipos de dimensiones, con sus respectivas tolerancias, determinar si la dimensión en uso es una dimensión radial (en algunas ocasiones los análisis de ensamble requieren solamente el radio de una dimensión que ha sido especificada de manera diametral). En adicción a lo anterior descrito existe una

sección que es activada al momento de marcar la caja de selección “Incluir Tolerancias Geométricas” con esta acción se habilita la sección que permite introducir información correspondiente a las tolerancias geométricas, véase la Figura 2. El botón de “Agregar Dimension” toma todos los datos introducidos por el usuario, obtener una dimensión del tipo nominal bilateral simétrica y agregarla a la hoja de cálculo “Índice”.

Figura 2. Interfaz que permite al usuario ingresar la información relacionada con las dimensiones asociadas al dibujo del producto.

El botón identificado como “Calcular Análisis” genera una nueva hoja de Excel de manera automática donde se despliegan todas las dimensiones seleccionadas para participar en el análisis de ensamble con sus tolerancias correspondientes. Los valores

máximo y mínimo son calculados al momento de generar la hoja de cálculo, véase la Figura 3, por lo que esta acción es transparente para el usuario.

La actualización del análisis ha sido diseñada de manera que al momento de que cualquier dimensión residente en la hoja de cálculo Índice sea modificada su incremento o decremento sea reflejado en las hojas de análisis que estén considerando dicha dimensión para su cálculo. El botón “Agregar Número de Parte” como su nombre lo indica ayuda a agregar un número de parte y su nombre a las columnas etiquetadas como tal. Mientras que el botón “Limpiar Cuadros de Selección” elimina las cajas de selección cuando la hoja quiera ser reiniciada para ingresar nuevas dimensiones.

Para la validación de esta herramienta se ha planteado el ahorro de tiempo como la hipótesis a comprobar, se desea demostrar que el tiempo de cálculo empleado para la resolución de los análisis de ensamble usando la herramienta es menor al tiempo invertido en los cálculos manuales. Para ello se utilizan los análisis de ensamble que se resolvieron previamente de manera manual, pero ahora se efectúan utilizando la herramienta construida. Una vez obtenidos los tiempos de la resolución de los análisis se realiza una prueba t de dos muestras con la finalidad de comparar las medias. Obteniendo los resultados mostrados en las Figuras 4, 5 y 6.

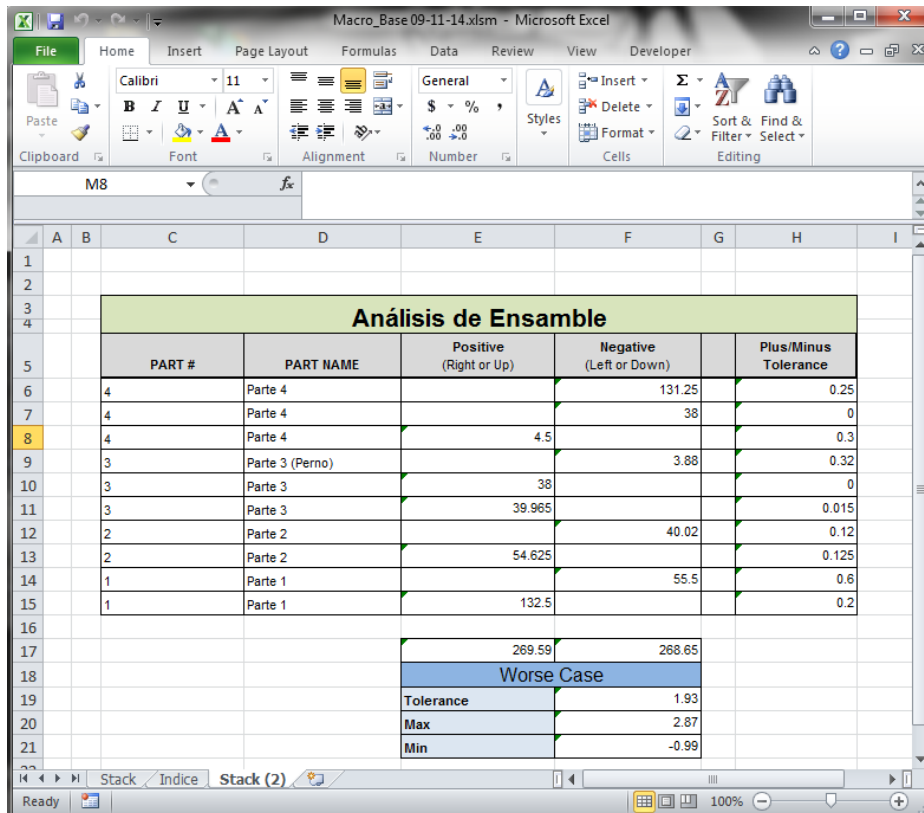


Figura 3. Hoja de cálculo donde se despliegan las dimensiones y tolerancias involucradas en el análisis, así como los valores máximos y mínimos

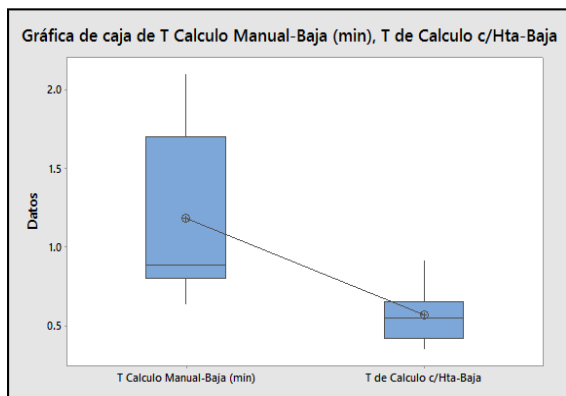


Figura 4. Prueba t de 2 muestras para tiempos relacionados con problemas de complejidad baja.

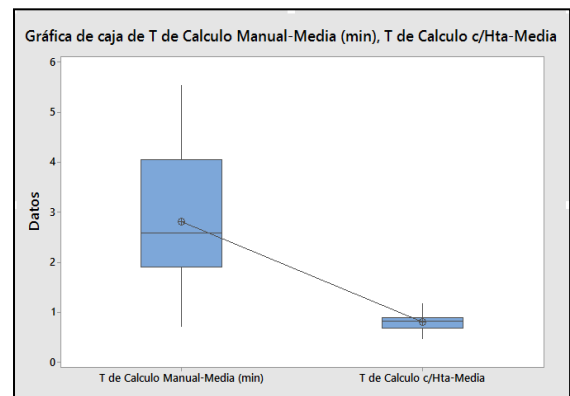


Figura 5. Prueba t de 2 muestras para tiempos relacionados con problemas de complejidad media.

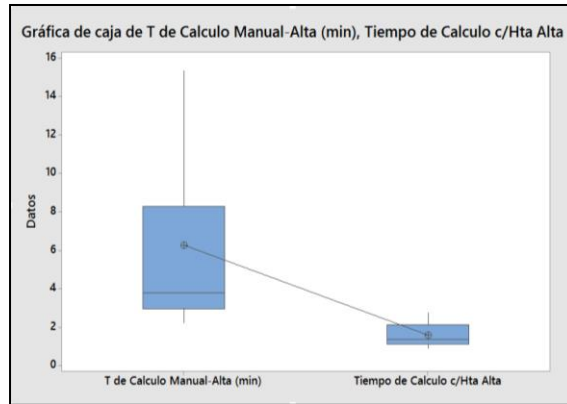


Figura 6. Prueba t de 2 muestras para tiempos relacionados con problemas de complejidad alta.

Conclusiones y Recomendaciones

Al inicio de este proyecto más que plantear un problema a resolver, se visualizó más como satisfacer una necesidad detectada. Si bien el no tener los análisis de ensamble correctos o ejecutados en su totalidad genera problemas de costos, re trabajo, rediseño, etc. estos pueden ser evitados con una inversión mayor de tiempo y análisis.

Sin embargo buscando eliminar tiempo prolongados de cálculo es como nace la idea de desarrollar esta herramienta, aunado a mantener un acceso fácil a la información sin necesidad de depender de la disponibilidad de terceros para ello. La falta de acceso a la información fue el primer reto a vencer, aun cuando la necesidad es expresada por un ingeniero de producto, la información que él cuenta en relación a los análisis de ensamble existentes es restringida y no puede ser compartida, por lo que se opta por buscar opciones para poder realizar experimentos y análisis de casos en particular y llevar a cabo el desarrollo de la herramienta. La herramienta contempla la conversión de dimensiones de diferentes

tipos al nominal bilateral simétrica, para ello se consideran los diferentes tipos de dimensionamiento y tolerancia dimensional establecidos por la norma ASME Y-14.5M-1994, aun cuando la herramienta también incluye en la conversión de dimensiones tolerancias geométricas de posición, existe otras tolerancias geométricas (planicidad, paralelismo, concentricidad, etc.) que no han sido incluidas en la herramienta y las cuales pueden ser contempladas para extender este estudio.

Existen aspectos estéticos en la herramienta que pueden ser mejorados, como son el nombrado de las hojas que almacenan y despliegan los cálculos de los análisis. El barrido de las cajas de selección puede probablemente ser mejorado, puesto que se ha observado que si la lista de dimensiones en la hoja índice es larga, la herramienta tarda un poco más de tiempo en realizar el cálculo, debido a que tiene que recorrer todos las cajas de selección en busca de las dimensiones involucradas y entre más datos

existan más es el tiempo invertido en la búsqueda.

La herramienta puede ser mejorada en gran medida, puesto que se considera que el

desarrollo hecho en este estudio es solo la base para continuar con la mejora en el desarrollo de herramientas para el análisis de ensamble que proporcionen un fácil acceso y uso de las mismas.

Referencias

American society of Mexhanical Engineers. (1995). Dimensioning and Tolerancing ASME 14.5M-1994, New York.

Chase, K. W., & Greenwood, W. H. (1988). Design issues in mechanical tolerance analysis. *Manufacturing Review*, 1(1), 50-59.

Fischer, B. R. (2011). Mechanical tolerance stackup and analysis. CRC Press.

Gerth, R. J., & Hancock, W. M. (2000). Computer aided tolerance analysis for improved process control. *Computers & industrial engineering*, 38(1), 1-19..

Krulikowski, A. (1997). Form controls, fundamentals of geometric dimensioning & tolerancing. Effective Training Inc., Wayne, 71-110.

Islam, M. N. (2004). Functional dimensioning and tolerancing software for concurrent engineering applications. *Computers in Industry*, 54(2), 169-190.

Meadows, J. D., (2009), “Geometric Dimensioning and Tolerancing-Applications, Analysis & Measurement [per ASME Y14.5-2009]”, James D. Meadows & Associated, Hendersonville, TN.

Salomons, O. W., Haalboom, F. J., Poerink, H. J., Van Slooten, F., Van Houten, F. J. A. M., & Kals, H. J. J. (1996). A computer aided tolerancing tool II: Tolerance analysis. *Computers in Industry*, 31(2), 175-186.

Diseño de herramienta para la fabricación de terminales prototipo

Luis Alejandro Berumen Carlos¹, Noé Alba Baena¹, Carlos Ponce¹,
Javitt Higmar Nahitt Padilla Franco¹, René Noriega Armendáriz¹

¹Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

Resumen

Este proyecto se dirigió a modificar la etapa de adquisición de prototipos, en este caso en particular, a las terminales de conducción eléctrica. Los prototipos son una parte muy importante en el momento que se comienza un nuevo proyecto, llámese un cambio para un vehículo de un futuro modelo o un modelo completamente nuevo, del cual no se tenga ninguna referencia previa. Durante esta etapa se invierte una gran cantidad de dinero, ya que al iniciar un nuevo modelo no se cuenta con las herramientas necesarias para fabricarlo en la misma compañía, por lo que las industrias recurren a la contratación de proveedores externos. La propuesta que se hizo fue la de diseñar una herramienta que sea capaz de producir terminales con varias formas, mediante el intercambio de algunos de sus insertos cortadores y utilizando las mismas placas de sujeción tanto de insertos, como con la misma máquina. Con esto se ahorró una gran cantidad de dinero y de tiempo para adquirir el prototipo. Este proceso se validó estadísticamente mediante la comparación entre la terminal de prototipo que se realizó contra la terminal que se tiene actualmente en producción, los datos de las dimensiones obtenidas se compararon mediante un estudio de 2 muestras de t, una prueba que compara las medias de una dimensión crítica de la terminal la cual se debe mantener constante en la etapa de producción. También se realizaron otras comparaciones en distintos puntos críticos de la terminal, esto para comprobar la H0: que dice que una herramienta es capaz de producir varios tipos de terminales diferentes, mediante el intercambio de algunos de sus insertos cortadores.

Palabras clave: Herramientas, Prototipos, Terminales.

Introducción

Este proyecto se desarrolla en base a la necesidad de fabricar prototipos de una manera rápida y económica, lo cual no ocurre actualmente en la empresa. Hoy en día la manera en la que se obtienen los prototipos es mediante la contratación de proveedores externos los cuales brindan el servicio de fabricación de prototipos, con altas variaciones en los diseños, lo que a su vez provoca elevados costos de venta, como también largas fechas para la obtención de

los prototipos. El proyecto se dirige principalmente a la industria automotriz y más en específico a la fabricación de terminales, las cuales se producen mediante el proceso de estampado de metal en dados o troqueles progresivos.

Durante esta etapa de lanzamiento de un nuevo producto se gastan cantidades muy fuertes de dinero en la obtención de los prototipos, ya que al no contar con una

herramienta especialmente diseñada para producir cierto tipo de terminal, lo que se hace la mayor parte del tiempo es cortar el tipo de metal que se requiere para la terminal y ensamblarlo con varias capas iguales del metal para obtener un tipo de block y después proceder a cortarlo mediante el maquinado de EDM de alambre, ya que mediante este proceso se obtienen cortes muy pequeños y precisos lo cual ayuda a obtener una terminal de manera independiente esto sirve si se insertan las terminales a la tablilla de manera manual, si se desea insertarlas de una manera automatizada, este proceso no sirve ya que las terminales se deben tener almacenadas

sobre un carrito el cual permite almacenar una gran cantidad de terminales y extraerlas de ahí de una manera sencilla, lo cual si será posible de realizar con esta herramienta que se propone, ya que mediante este dado las terminales se producirán de la misma manera que lo harán en la etapa de producción. Todo esto será posible mediante el intercambio de algunos de los insertos cortadores, cada vez que se requiera un nuevo tipo de terminal se van a diseñar nuevos cortadores los cuales realizarán la nueva forma que se desea y manteniendo fijas las placas de sujeción las cuales son las partes más grandes del dado.

Marco Teórico

Se logró cumplir el objetivo de comprobar la hipótesis de que una herramienta es en realidad capaz de producir una terminal para la que no fue diseñada, sin embargo mediante el intercambio de algunos de los insertos cortadores y una serie de modificaciones en dos de sus placas se logra obtener una salida completamente diferente, algo que no se había hecho con anterioridad, en la compañía.

La idea del por qué se realizó este proyecto, fue principalmente por cubrir una necesidad de obtener una terminal prototipo de manera interna, la cual permitirá realizar todas las pruebas pertinentes al producto previo a la etapa de producción.

Se encontraron varios detalles interesantes respecto a la manera de diseñar las herramientas en el caso de este proyecto, los datos. Al analizar varias de las herramientas

se logra crear un patrón que puede ser compatible con diferentes tipos de terminales, lo cual es de gran ayuda para la compañía, ya que permitirá la obtención de distintos tipos de terminales con tan solo inversiones bajas de dinero. Esto debido a que se utilizará en menor cantidad el recurso de los proveedores externos algo que es una fuga muy grande de dinero así como también una gran pérdida de tiempo, ya que para obtener un prototipo en la actualidad es un proceso muy tardado y algo tedioso, mediante esta nueva propuesta esto cambiará de manera importante lo que a su vez tendrá un fuerte impacto en el capital destinado a prototipos.

Por medio de la aplicación del método de Ingeniería se logró desarrollar paso a paso, primero la definición del problema, para a partir de ahí lograr las primeras propuestas de diseño, después de ahí se logra realizar

los primeros diseños mediante el diferente software de diseño, como el Solid Works y el AutoCAD, los cuales fueron una parte importante para la generación de los nuevos

insertos los cuales se modificaron solamente en su parte interna, permaneciendo idénticos en su parte externa.

Objetivo

El objetivo es realizar el diseño de una herramienta, la cual sea flexible y se pueda modificar de una manera sencilla para lograr fabricar distintos tipos de terminales con variaciones tanto de tamaño, como de forma. Actualmente se realizan herramientas con valores que oscilan entre los \$30,000 a los \$50,000 USD. Aproximadamente, esto es dependiendo de la complejidad y de las especificaciones que sean requeridas, estas herramientas se conocen como "Dados" o "Troqueles" los cuales son capaces de realizar solo dos o tres tipos de terminales, las que a su vez tienen solo modificaciones mínimas en su forma o tamaño.

El tiempo de obtención de una herramienta de este tipo es de entre 12 o 14 semanas dependiendo del tipo de terminal. El objetivo es realizar una terminal prototipo completamente nueva en un lapso de dos a tres semanas, lo cual se logró mediante el

diseño de algunos cortadores y una serie de modificaciones o re-trabajos a dos de las placas de soporte del dado. En este proyecto se logró validar este objetivo mediante una serie de re-trabajos en una herramienta de producción, pero la idea es poder construir una herramienta que ya cuente con estas adaptaciones y otras más que van a permitir producir varios tipos de terminales, esto mediante el diseño de nuevos cortadores cada vez que se tenga un nuevo requerimiento de terminal, el valor aproximado de estos insertos oscila entre los \$4,000.00 a \$5,000.00 USD. Cantidad que es relativamente baja contra el costo que se tiene por la adquisición de las terminales prototipo mediante los proveedores externos, ya que se tiene una referencia que por una cantidad de 3,000 piezas de cierta terminal, se pagaron \$7,500.00 con un tiempo de entrega de cuatro semanas.

Metodología

La metodología que se utilizará en este proyecto se basará en los siete pasos del método de Ingeniería, para a partir de esta metodología comenzar a solucionar el problema mientras que va avanzando en cada una de sus etapas, hasta llegar al séptimo paso que es la aplicación del diseño. Los siete pasos del método de Ingeniería se muestran a continuación.

1. Identificar el problema.
2. Recopilación de la información necesaria.
3. Búsqueda de soluciones creativas.
4. Pasar de las ideas a los diseños preliminares.
5. Evaluación y selección de las soluciones preferentes.

6. Preparación de informes, anteproyectos y especificaciones.
7. Implementación del diseño.

Para lograr cada uno de los pasos antes mencionados se utilizarán diferentes herramientas de diseño y estadísticas, las cuales permitirán realizar las comparaciones necesarias así como también las validaciones que se requieran para poder comprobar la hipótesis. Se utilizaron programas de diseño como Solid Works, AutoCAD, ESPRIT entre otros, así como también el MINITAB para todos los análisis estadísticos.

Para recopilar la información necesaria, se tomó base en los tipos y formas de terminales que se fabrican actualmente en la empresa, para a partir de estos diseños lograr crear una base de datos, la cual sirvió para dar una referencia de las dimensiones que se fabrican con mayor frecuencia, todas estas especificaciones se recabaron en la base de datos del departamento de proceso el cual se encarga de administrar las herramientas.

La solución creativa que surgió, fue la de modificar una herramienta de producción

regular, para poder validar la hipótesis planteada. En la que se propone realizar el intercambio de algunos de los insertos de un dado y mantener gran parte de sus componentes, como lo son todas las diferentes placas que se utilizan para realizar el ensamble del dado.

Para lograr pasar de las ideas a los diseños iniciales, se aprovechó la oportunidad de crear un prototipo de una terminal, debido a un requerimiento que surgió en la empresa, el cual fue considerado como un cambio mayor, ya que consistió en aumentar cuatro milímetros a una terminal, lo cual es demasiado, comparado con los tamaños de las terminales. El diseño para realizar este nuevo tipo de terminal se realizó en el software de diseño "Solid Works" mediante el cual se adaptó este nuevo tipo de terminal en una que tenía ciertas similitudes con la terminal que se desea obtener.

Para lograr realizar este proyecto se realizaron una serie de actividades de diseño, fabricación, instalación y por último la producción del estampado de metal, todo esto se muestra en la figura 1.

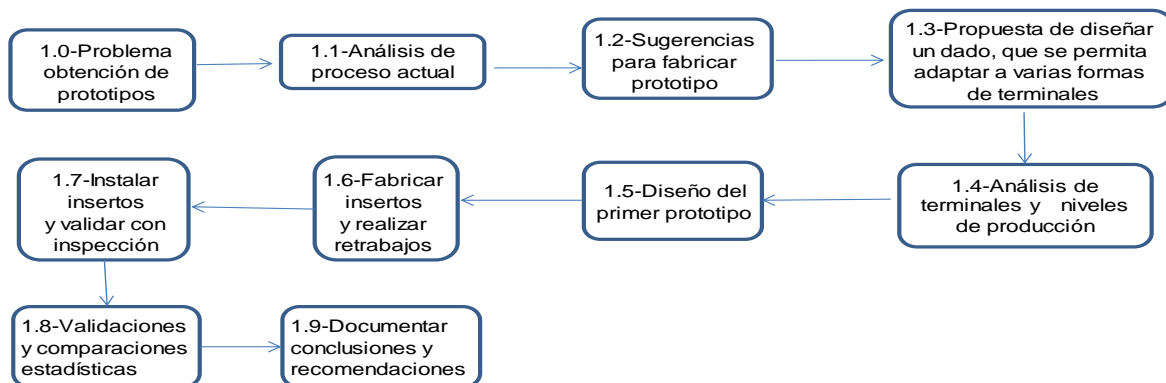


Figura 1. Diagrama de flujo

En la imagen anterior se muestran los pasos que se llevaron a cabo para lograr realizar el proyecto, en los cuales se realizaron actividades de investigación, para generar una base de datos que dio referencia para conocer e identificar los tipos de terminales así como también los diferentes diseños en las herramientas en este caso los dados.

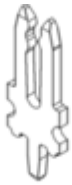
Para lograr el diseño de esta herramienta, se apoyó en las distintas técnicas de diseño y


desarrollo de productos y procesos, con los que se tomó base para comenzar con el análisis y se plantearon las diferentes opciones de diseño, las cuales fueron perfeccionando conforme avanzó el diseño hasta llegar a su etapa final, este diseño se debe de ir detallando al compararlo contra todas las posibles variaciones que se puedan presentar en las formas y tamaños de las terminales.

Resultados

Para realizar la relación de dimensiones entre las terminales, se generaron diferentes gráficos de Pareto para identificar las dimensiones con mayor frecuencia en la etapa de producción así como también identificar los tipos de terminales con los niveles más altos de producción.

Una vez que se identificaron las terminales con los niveles más altos de producción basados en la tabla 2 de la sección de anexos, se identificó a la terminal tipo tenedor y la tipo espada por talón como las terminales con mayor producción en la empresa, estas terminales se muestran a continuación en la figura 2.

7.93	
3.3	
12.23	
3.3	
26.76	
Tenedor	

18.83	
5.95	
4.3	
5.78	
34.86	
Espada, talon	

61.62 % de producción

Figura 2. Terminales con mayor número de producción

Una vez que se analizaron las terminales y la configuración de las herramientas se inició con el diseño de los insertos para la terminal

prototipo que se construyó, los insertos se muestran en la figura 3

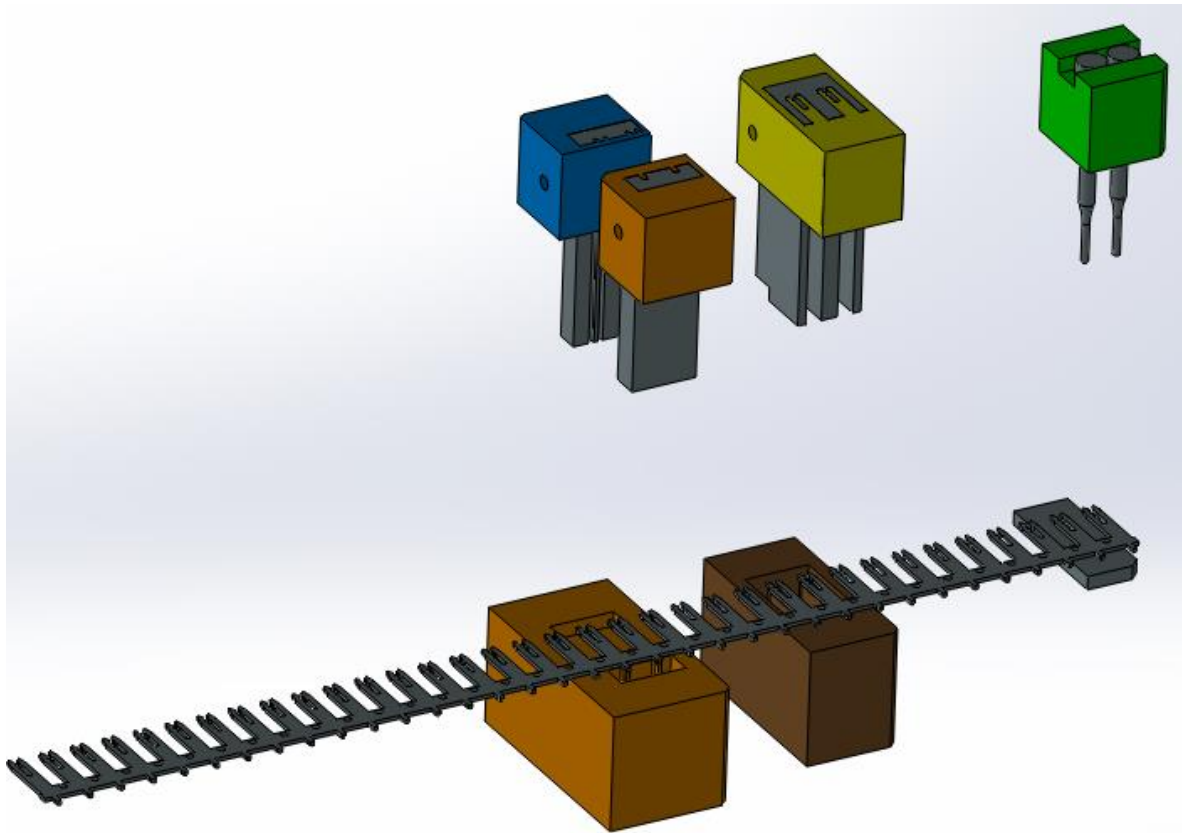


Figura 3. Insertos

Una vez que se realizan todos los diferentes ensambles en 3D mediante el Software de diseño "Solid Works", se analiza detalladamente todas las diferentes holguras entre cada una de estas contrapartes, ya que hay que recordar una vez que se coloque la herramienta dentro de la máquina de estampado, esta herramienta será sometida a una fuerza de 30 Ton. Lo cual va a permitir que el dado logre estampar el metal de manera progresiva para fabricar la terminal

requerida. Las formas internas de los insertos cortadores de la parte superior e inferior son prácticamente iguales solo con la diferencia de 0.05 mm. entre uno y otro lo cual es simplemente un porcentaje del espesor del material que se está cortando.

El modelo del ensamble en el que se muestran los insertos sobre las placas de sujeción se muestra a continuación en la figura 4.

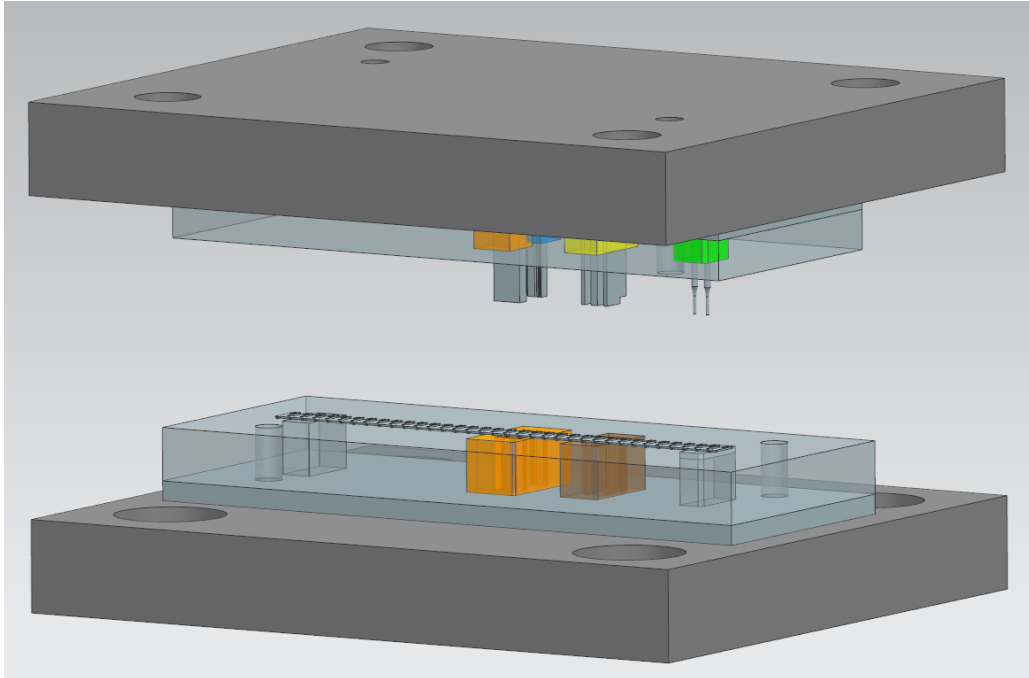


Figura 4. Modelo del ensamble

Estos insertos se fabricarán en su mayor parte en la máquina EDM de alambre, ya que requieren una alta precisión así como también cortes en cavidades internas que solamente se podrían realizar mediante el alambre de este tipo de máquina, en este caso en particular se usará la máquina de alambre Sodick AQ 327L, la cual cuenta con una alta precisión y se programa mediante el software de diseño y programación ESPRIT.

Una vez que se tiene una terminal adecuada primeramente por atributos, el siguiente paso es realizar una inspección más a detalle mediante el dimensionamiento de las partes críticas para el producto, esta terminal se inspeccionó en los puntos que se muestran en el plano, la terminal realizada se muestra en la figura 5.



Figura 5. Terminal

Se realizaron estudios de capacidad en estas dimensiones críticas, los cuales se van a comparar contra ciertos puntos que son comunes en ambos tipos de terminal tenedor, como la distancia entre las áreas de contacto, el ancho de la terminal entre otros. Estas dimensiones se realizaron con la ayuda de un comparador óptico y se analizó simultáneamente la terminal de producción para comparar los comportamientos de ambas herramientas. Basados en los datos recabados en la tabla 3 de los anexos se encontraron los siguientes resultados de la terminal prototipo se observan en la figura 6.

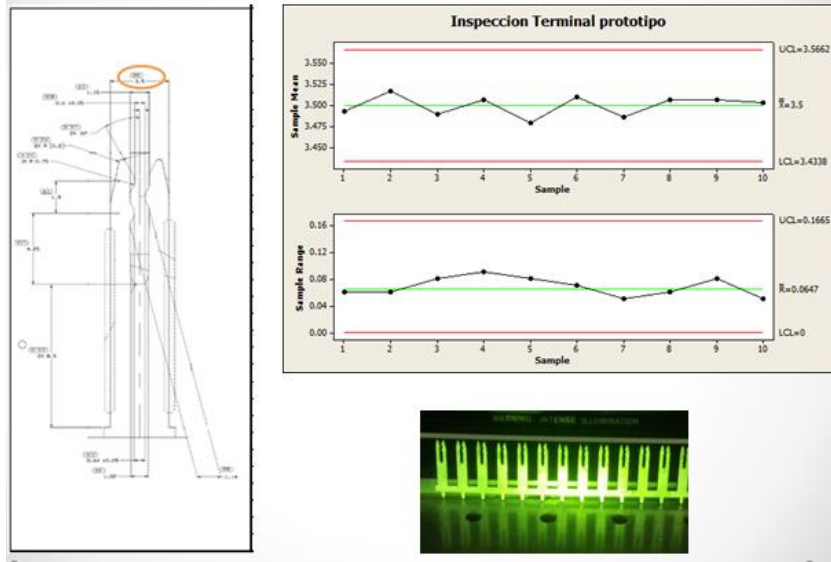
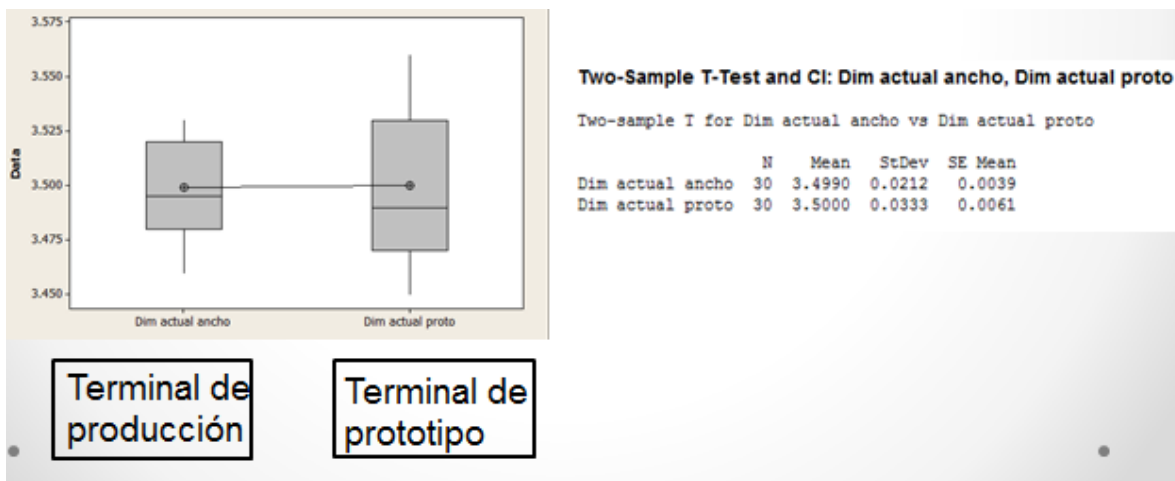


Figura 6. Resultados de la terminal prototipo



Mediante esta prueba estadística se pudo confirmar que la variación entre las medias de ambas herramientas es mínima ya que es

un valor de 0.01 al igual que la diferencia entre las desviaciones estándar que corresponde a una diferencia de 0.012

Conclusiones

Con base a estos datos obtenidos se puede concluir diciendo que se comprobó que se puede modificar una herramienta de tal manera que permita realizar una terminal completamente diferente, con tan solo cambiar algunos de los insertos cortadores que realizan las terminales, si se observa

cierta variación en un par de puntos de las muestras que se dimensionaron, pero en general los procesos se encuentran centrados y dentro de especificación. Así mismo, se demostró que el método de ingeniería para resolver problemas dio buenos resultados.

Referencias

Alexa, M. Behr, J. Cohen-Or, D. Fleishman, S. Levin, D. Silva, C. T. (2003). Computing and rendering point set surfaces, *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* 9, 3 – 15.

Allen, B., Curless, B., & Popović, Z. (2003, July). The space of human body shapes: reconstruction and parameterization from range scans. In *ACM Transactions on Graphics (TOG)* 22(3), 587-594). ACM.

Brand, H., & Huffstutler, C. (1986). Trends of labor productivity in metal stamping industries. *Monthly Labor Review*, 13-20.

Fey, V., & Rivin, E. (2005). *Innovation on demand: new product development using TRIZ*. Cambridge University Press.

Ingarao, G., & Di Lorenzo, R. (2010). *A new progressive design methodology for complex*

sheet metal stamping operations: Coupling spatially differentiated restraining forces approach and multi-objective optimization. *Computers & structures*, 88(9), 625-638.

Hernley, L. R. (2011). *An analysis of early stage prototypes using implementation, look and feel, and role* (Doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology).

Liu, Y. J., Zhang, D. L., & Yuen, M. M. F. (2010). A survey on CAD methods in 3D garment design. *Computers in Industry*, 61(6), 576-593.

Majeske, K. D., & Hammett, P. C. (2003). Identifying sources of variation in sheet metal stamping. *International Journal of Flexible Manufacturing Systems*, 15(1), 5-18.

Diseño de refuerzo para una tabla para patinar

Gerardo Amador Contreras¹, Noé Alba Baena¹, Luis Gabriel Loeza Chin¹,
Cynthia Vanessa Esquivel Rivera¹, Mario Elías Borunda Escobedo¹

¹Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

Resumen

El presente artículo se centra en ilustrar la terminología y teoría de funcionamiento de una patineta, así como diferentes productos disponibles en el mercado. Así como probar el concepto de los refuerzos de compuestos para un futuro proyecto de refuerzo aplicable post-manufactura. Esto será posible gracias al diseño de un refuerzo basado en experimentos previos y una simulación de esfuerzos que simulen las circunstancias de la fractura a elegir. Así como la obtención de valores relevantes a nuestro proyecto.

Palabras clave: Producto, Mecánico, Materiales, Deporte.

Introducción

El skateboarding es una actividad física que involucra desde el simplemente andar en una banqueta a librar grandes obstáculos como un grupo de escalones. Algunos tan grandes como bajar de un salto un conjunto de 20 escalones. Estos obstáculos pueden ejercer grandes esfuerzos sobre los componentes. Por lo tanto la vida útil del tabla se ve comprometida y el skateboarding se vuelve un pasatiempo cuya inversión aumenta con cada componente fallando. En este documento, se presenta la investigación de la teoría de los esfuerzos involucrados y experimentos anecdóticos para aumentar la vida útil de la tabla con el fin de diseñar un refuerzo que obtenga el mismo fin con

materiales alternativos y documentar las mejoras de manera empírica.

El estándar de la industria es la construcción de las *tablas* con siete láminas de madera de maple con pegamento (Figura 1) prensadas en moldes de acero. Estos productos resisten caídas de varios metros con sumando el peso del usuario, esto obviamente afecta su vida útil. A pesar de que este es el método mencionado es el más común, se han realizado experimentos y productos previos para aumentar la vida de estos productos (Skate Warehouse, n.d.; Distribution, 2012).



Figura 14: Tabla estándar de siete laminas (Skate Warehouse, n.d.)

Los refuerzos usados en *tablas* se ha realizado aplicando materiales alternativos. *Almost Skateboards* tiene una amplia gama de refuerzos para la tabla como *Impact Support* (Almost Skateboards, n.d.) que usa discos de fibra de carbono en la zona de los *trucks*¹ (ejes de las ruedas) y ocho láminas de madera (Figura 2) (Eben Woodall, 2007). Por otro lado, *Impact Double* (Almost Skateboards, n.d.) cuenta, además de los discos, con una lámina de fibra de carbono en la lámina superior de la *tabla*, pero usa solo siete láminas de madera. Los discos refuerzan la zona de estrés en la zona de los *trucks*, proveyendo de un soporte más rígido que el resto de la tabla y así disminuyendo su impacto a lo largo del grosor de la *tabla*, y la lámina superior funciona como una barra de refuerzo (Figura3). Recientemente *Almost Skateboards* sacó al mercado un producto intermedio entre *Impact Support* y *Impact Double* llamado *Impact Plus* (Almost Skateboards, n.d.), el cual es similar al producto *Impact Double*, pero el refuerzo superior es parcial y usa ocho láminas de madera (Figura 4).

¹ Los *trucks* son los ejes donde se sujeta la *tabla* y las ruedas de la patineta.

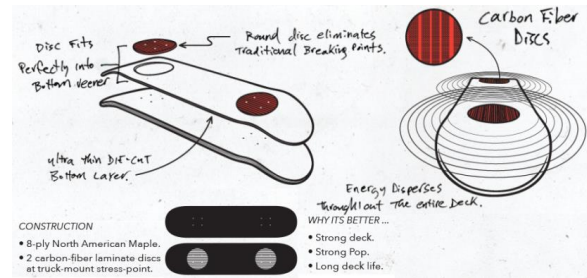


Figura 15: Construcción de un *Impact Support* (Almost Skateboards, n.d.)

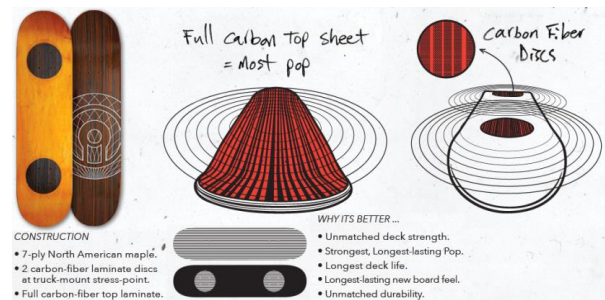


Figura 16: Construcción de un *Double Impact* (Almost Skateboards, n.d.)

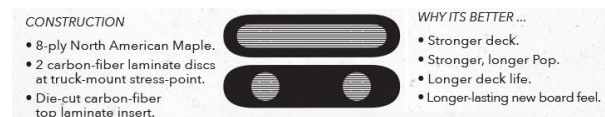


Figura 17: Construcción de un *Impact Plus* (Almost Skateboards, n.d.)

Almost Skateboards también creó otro producto llamado *Über Light* en colaboración con el skateboarder profesional Rodney Mullen, Scott Jensen, Carlo Lunetta, Peter Hill y *C.L. Composites* (Almost Skateboards, n.d.; Peter Hill, 2008). Construido con un refuerzo interno de fibra de carbono y espuma, haciendo la *tabla* más resistente y ligera (Figura 5).

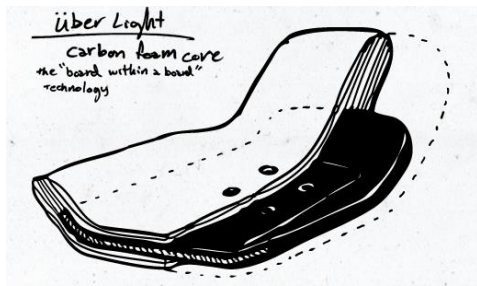


Figura 18: Burdo diagrama de la construcción de un *Über Light* (Almost Skateboards, n.d.)

Aunque *Almost Skateboards* ofrece muchas opciones de tecnologías diferentes, otras empresas han sacado al mercado sus propias alternativas. *Blind Skateboards* tiene un producto llamado *Eternal Life II* (Blind Skateboards, n.d.), el cual es un *tabla* con un soporte hecho de fibras de vidrio triaxial, aumenta a lo largo de la *tabla* la rigidez general. A su vez, *Element Skateboards* ha usado refuerzos parecidos como en su producto *HardLight* (Element Skateboards, n.d.), la cual tiene tres barras de refuerzo de fibra de vidrio pre-tensado a lo largo de la lámina superior (Figura 6), lo cual trabaja como los refuerzos superiores de la variedad *Impact Plus* y *Double Impact* de *Almost Skateboards*.



Figura 19: Un corte transversal de un *tabla* con tecnología *HardLight* (Element Skateboards, n.d.)

Pro 2 Technology es una tecnología usada por *Mystery Skateboards*, *Habitat Skateboards*, *Toy Machine*, *Flip*

Skateboards, *Zero Skateboards*, *Plan B Skateboards*, *Creature Skateboards*, *Santa Cruz Skateboards* y *Skate Mental* (NHS, Inc, n.d.) (Piumarta, 2007). Diseñado por NHS, Inc., este refuerzo es una lámina de Kevlar insertada en la primera lámina de madera (Figura 7), similar a la *Eternal Life II* de *Blind Skateboards* y con el mismo propósito (Blind Skateboards, n.d.).



Figura 20: Ejemplo de tecnología *P2* (NHS, Inc, n.d.)

Todas las tecnologías anteriores proclaman que incrementar el "pop" o sensación de dureza de la madera y aumentar la vida de la *tabla*, ya sea evitando el estrés en la zona de los *trucks* o sirviendo como refuerzo general en la madera. Usan varios acercamientos al problema: Desde reforzar la *tabla* de manera general, o también enfocarse en las zonas problemática.

El objetivo es Determinar las características mecánicas de una *tabla* reforzada con un material compuesto y compararlo con una *tabla* estándar.

- Diseñar un refuerzo que utilice el mismo principio de algunas tecnologías presentadas para el experimento que no interfiera con los estándares de ensamblaje.

- Diseñar una prueba para simular los esfuerzos que provocan la fractura elegida.

Comparar los datos de refuerzos contra tablas estándar.

Se prevé que los refuerzos aumenten en 200Kg la fuerza necesaria para realizar una fractura inicial al igual que la fuerza necesaria para encontrar la fuerza máxima

soportada por la tabla. La hipótesis nula establece que las tablas sin refuerzo son igual de resistentes que las tablas con refuerzo. La hipótesis alterna indica que las tablas sin reforzar resisten menos esfuerzo que las tablas reforzadas.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1: \mu_1 < \mu_2$$

Alcance y Delimitación

Investigar desempeño de la resistencia de los *tabla* reforzado contra *tabla* sin reforzar bajo lo que se definirá una fractura típica de uso apropiado. El número de pruebas para la investigación será en base la disponibilidad

de elementos de prueba dado el alto costo de las mismas. Tampoco se pretende modificar el diseño de manera que los estándares de ensamblaje o uso sean cambiados.

Marco Teórico

Los tipos de fallas existentes en la *tabla* se pueden clasificar en 3 diferentes categorías: *focused*, Delaminación y fractura por estrés.

- ***Focused***. Este tipo de fractura tiene lugar cuando la *tabla* se fractura justo por la mitad. Este tipo de fractura normalmente ocurre cuando un usuario destruye el producto a propósito, ya sea por enojo o diversión (Figura 8).



Figura 21: Ejemplo de una fractura *focused*

- ***Delaminación***. Esta ocurre cuando las láminas de madera se desprenden una de otra y por lo tanto debilitando la estructura general de la tabla. Las causas más frecuentes son la mala calidad de la madera, la tabla se puso en venta antes de que el pegamento terminara de curar, golpes en la orilla de la tabla, *razortail*² o la fatiga de uso (Figura 9).

² *Razortail* es el desgaste de los extremos de la *tabla* debido a excesiva fricción contra el concreto.



Figura 22: Delaminación de un *tabla*

- **Fractura por eje.** Se podría considerar que es producido por un uso generalmente adecuado de la patineta, evitando estrés excesivo en la madera (Figura 10).



Figura 23: Fractura por eje

Un análisis de elemento finito no es recomendable ni aplicable en un material como la madera pues no es homogéneo ni isotrópico. Sin embargo, puede darnos una idea de en qué zona está el estrés. Usando el ejemplo del pie en el *tail/nose* y el otro en la zona de los *trucks* se realizó un análisis básico en SolidWorks para mostrarnos los puntos de estrés máximo sobre el componente. Se mostró una clara tendencia en la orilla de la zona de los trucks.

Indicando una probable fractura similar a la fractura por estrés (Figuras 11 y 12).

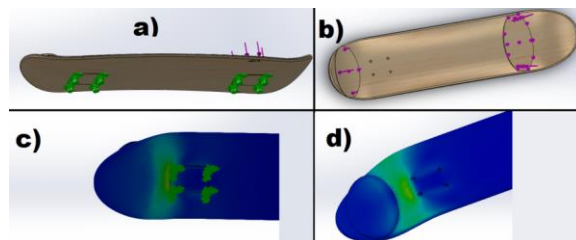


Figura 24: Análisis de elemento finito: a) Superficies de Anclamiento. b) Superficies de aplicacion de esfuerzo c) Estrés mostrado en la parte inferior del tabla. d) Estrés mostrado desde la parte superior del tabla.

La explicación de tal efecto es que la fuerza de impacto genera un esfuerzo cortante sobre la tabla, la orilla del truck funciona como pivote de giro y genera ese esfuerzo cortante. Las perforaciones para los tornillos generan algo de debilidad estructural, pero el estrés mayor se genera en la de la orilla del *truck*.

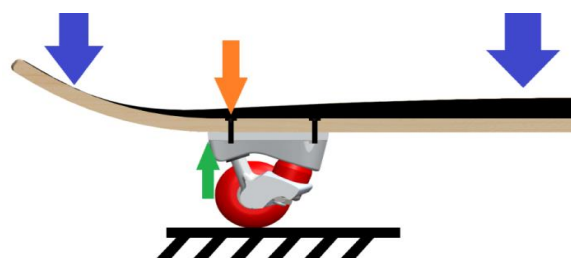


Figura 252: Las flechas azules indican la fuerza de impacto, la flecha verde indica el pivote donde se provoca el pico de estrés en la madera, la flecha naranja indica las perforaciones para los tornillos.

Metodología y Resultados

Primero se procedió a preparar las tablas para las pruebas. Primero se cortaron para obtener dos piezas de prueba por tabla (Figura 13).



Figura 13: Corte de la tabla para pruebas dobles.

Se procedió a preparar para lijado y reforzado. Las tablas se acomodan en pares listas para probarse y compararse con su tabla par (Figura 14).



Figura 14: Tablas listas para el refuerzo en la izquierda. Tablas de control a la derecha.

El proceso de refuerzo se muestra a continuación, el preparado de la mezcla no tiene un valor estándar tomado de la industria, sin embargo se utilizará la misma cantidad para todas las tablas perforadas (Figura 15).

Una vez listas las tablas de refuerzo se les hacen una prueba destructiva a todas las tablas (Figura 16).



Figura 15: Método de refuerzo para las tablas de patinar.

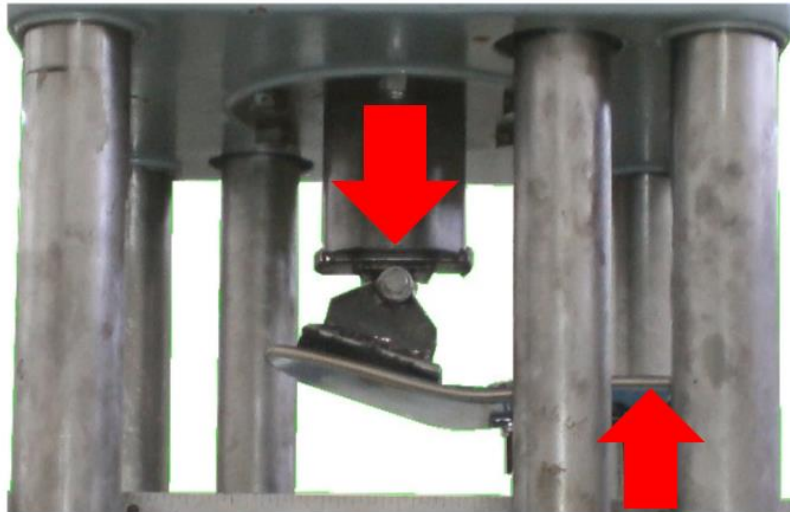


Figura 16: La tabla lista para la prueba de estrés en una maquina universal.

Una vez que se obtienen las pruebas se indican los puntos máximos y primera fractura. Estos valores se usarán para realizar una prueba de hipótesis para probar la diferencia de medias (Figura 17).

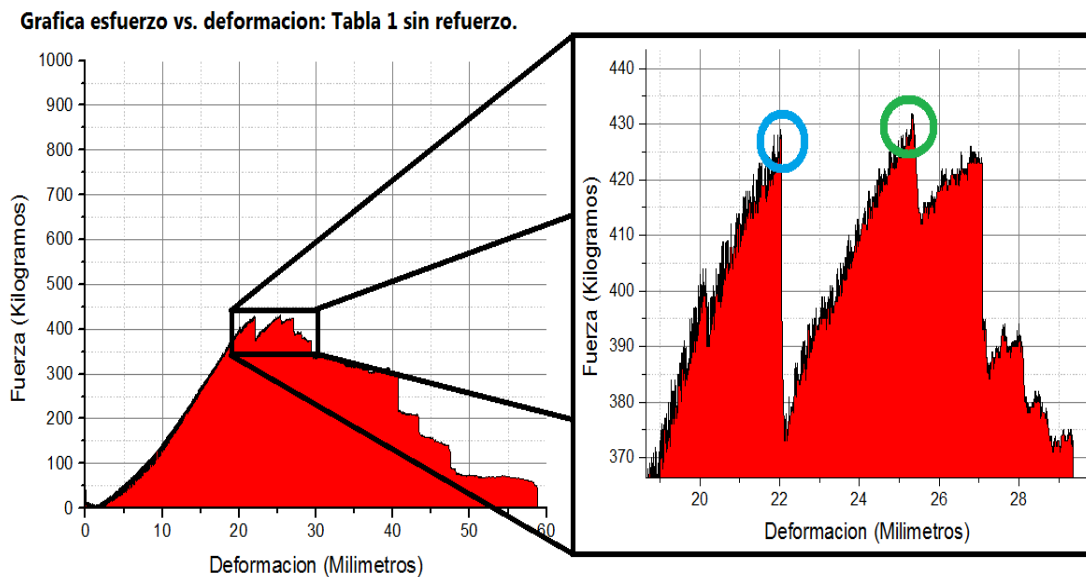


Figura 17: En el círculo azul se observa la primera fractura y en el círculo verde se observa el pico máximo.

Después de obtenerse los valores se realiza una prueba 2-sample T. En el primer caso de la primera fractura (Figura 18).

La media de resistencia de tablas sin refuerzo fue de 450.4 kilogramos con una desviación estándar de 97.7. En cambio la media de resistencia de tablas con refuerzo es de 778.0 Kilogramos con una desviación

estándar de 114. Con una diferencia estimada de 327.8 Kilogramos. Probabilidad de obtener este resultando asumiendo que la hipótesis nula es cierta: 0.001 ó 0.1%. Esto quiere decir que existe suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula. Después se realizó una prueba de hipótesis 2-sample T de la fractura de pico máximo (Figura 19).

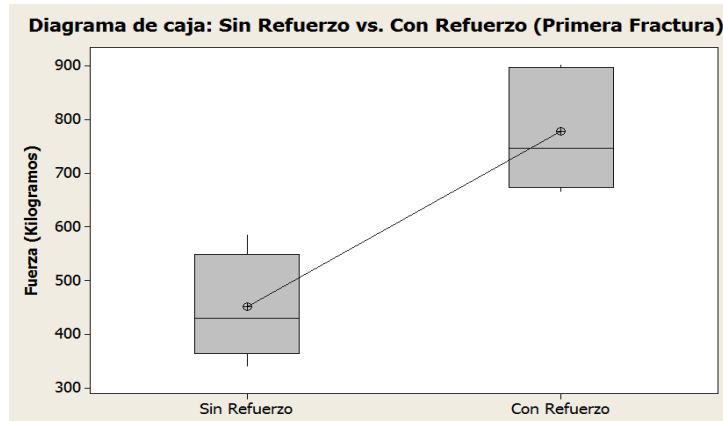


Figura 18: Diagrama de caja de la diferencia entre tablas sin refuerzo contra tablas con refuerzo.

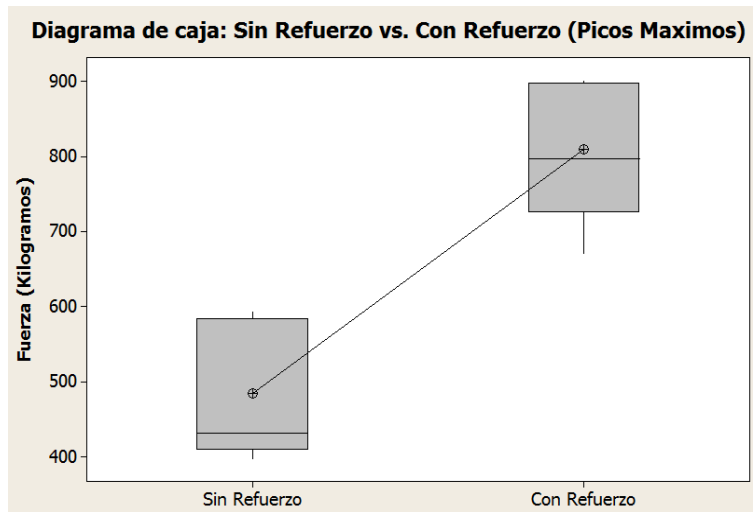


Figura 19: Diagrama de caja de la diferencia entre tablas sin refuerzo contra tablas con refuerzo en pico máximo.

La media de resistencia de tablas sin refuerzo fue de 484.4 kilogramos con una desviación estándar de 92.5. En cambio la media de resistencia de tablas con refuerzo es de 809.6 Kilogramos con una desviación estándar de 94.1. Con una diferencia estimada de 325.2 Kilogramos. Probabilidad de obtener este resultando asumiendo que la

hipótesis nula es cierta: 0.000. Esto quiere decir que existe suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula (Figura 20). Al comparar las medias se puede observar una clara tendencia de incremento de fuerza necesaria para fracturar las tablas reforzadas (Figura 20).

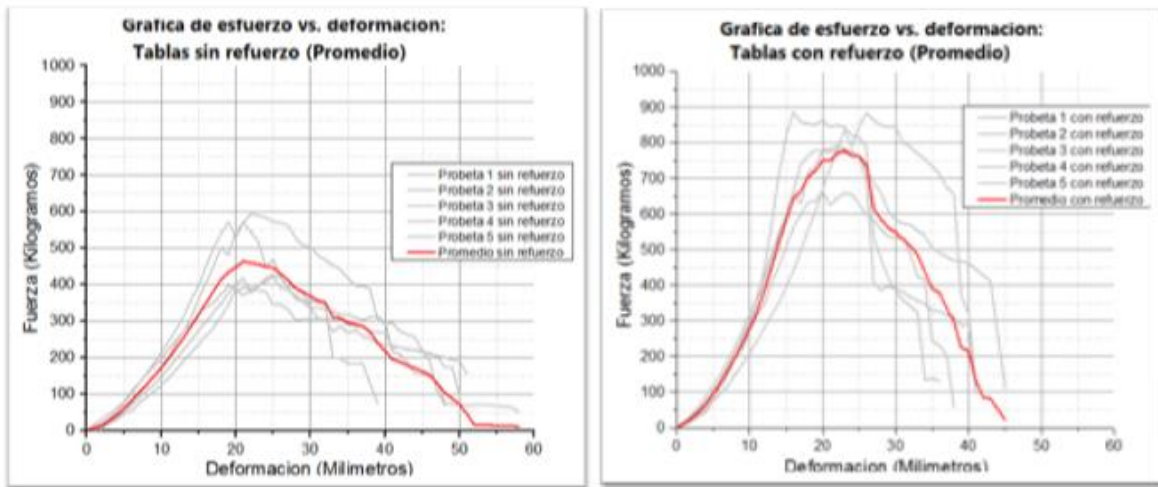


Figura 20: Las medias de las tablas sin refuerzo y la media de tablas con refuerzo.

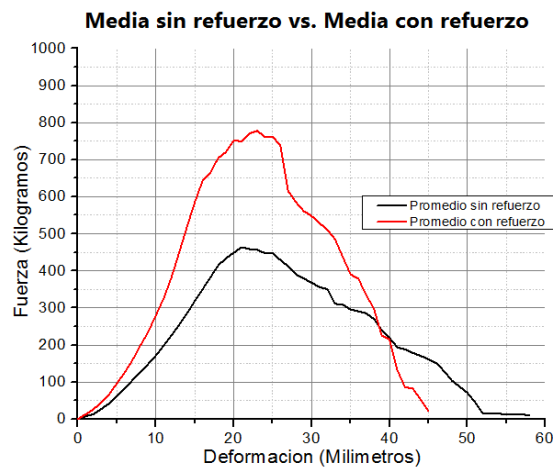


Figura 21: Medias de tablas reforzadas y sin reforzar comparadas en la misma gráfica.

Referencias

Almost Skateboards. (n.d.). Almost Impact. Recuperado el Abril de 2013, de Almost Skateboards: <http://almostskateboards.com/impact/>

Almost Skateboards. (n.d.). Über Light. Recuperado el Abril de 2013, de Almost Skateboards: <http://almostskateboards.com/uber-light/>

Blind Skateboards. (n.d.). Recuperado el Abril de 2013, de Warehouse Skateboards: <http://www.warehouse skateboards.com/blog/wp-content/uploads/2010/03/Untitled.jpg>

Distribution, D. (Dirección). (2012). DSM Designed And Muilt By Skareboarders [Película].

Eben Woodall, C. L. (2007). Patente n° US8336895. Estados Unidos.

Element Skateboards. (n.d.). Recuperado el Abril de 2013, de Element Skateboards: <http://elementskateboards.com/micro/2011/catalog/constructions/banners/highlight.html>

NHS, Inc. (n.d.). Pro 2 Technology. Recuperado el Abril de 2013, de Pro 2 Technology: <http://www.p2skateboards.com/>

Peter Hill, S. J. (2008). Patente n° US7347431. Estados Unidos.

Piumarta, T. (2007). Patente n° US8419026. Estados Unidos.

Skate Warehouse. (n.d.). Anatomy. Recuperado el 10 de Julio de 2013, de Skate Warehouse: <http://www.skatewarehouse.com/anatomy.html>

Metodología para el mejoramiento continuo de procesos de manufactura, basado en lean sigma y aplicada al proceso de elaboración de arneses automotrices

Miriam Idalí De la Cruz Rodríguez¹, Francisco Javier Estrada Orantes¹, Miguel Díaz Mendoza¹, José Fernando Estrada Saldaña¹, Rodrigo Ríos Rodríguez¹

¹Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

Resumen

Combinar la metodologías Lean y Sigma es un método que resalta a la popularidad con el trabajo propuesto por George (2002), donde el autor propone una metodología basada en la estrategia del DMAIC y la unión de herramientas de Lean, sin embargo el enfoque de George está dirigido al desarrollo de grandes proyectos dentro de las empresas y no a la resolución de problemas, las investigaciones analizadas proponen ideas similares a lo que el autor menciona, por lo que se considera interesante aplicar la sinergia pero orientado a la resolución de un problema con Lean Sigma y no estrictamente en el enfoque que el autor menciona. La aplicación de la metodología de Lean Sigma se dirige a una empresa automotriz donde el problema que se presenta es la cantidad de defectos internos por dimensiones, generados durante la fabricación del producto, se determina una manera de aplicar la metodología para encontrar la solución, la metodología se basa en cuatro pasos principales, se plantean dos hipótesis para la investigación y como variable se define la proporción de los defectos, y finalmente se prueba que la cantidad de defectos disminuye al aplicar la metodología basada en Lean Sigma.

Palabras clave: Lean Sigma, Mejoramiento continuo.

Introducción

La empresa japonesa Furakawa Wiring Systems México, dedicada a la fabricación de arneses de los diferentes modelos de autos Honda, entre ellos *el CR-V*. Dentro de la familia de arneses de la plataforma de los

CR-V se encuentra el área del 32751, la cual es un área donde se presentan constantemente quejas de cliente por defectos relacionados con las dimensiones del arnés, véase la Figura 1

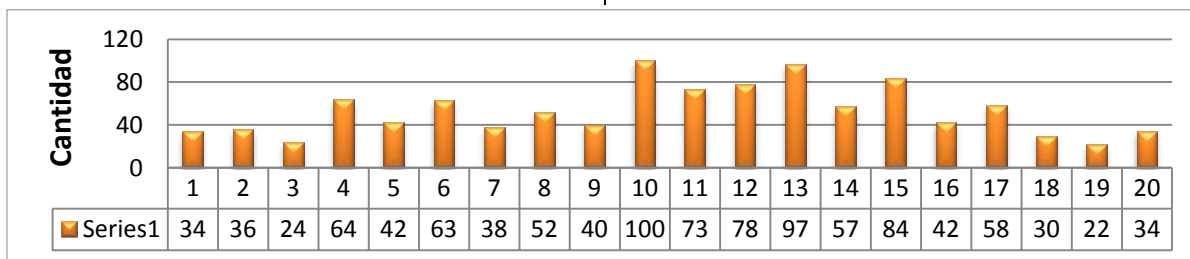


Figura 1. Muestra un estimado de la cantidad de defectos por dimensiones, analizados solo en el primer turno.

El estado en que se encuentra el área y la cantidad de defectos generada muestran la poca calidad de la producción por lo que se considera necesario la aplicación del mejoramiento continuo con la metodología Lean Sigma para encontrar una solución que lleve a la disminución de los defectos de dimensiones del arnés. La variable de respuesta que se toma es la proporción de defectos que se presentan en el área por las dimensiones del arnés, para la validación de la aplicación se toman dos hipótesis.

a) Hipótesis 1

- H_0 : La Proporción de defectos es igual en el estado inicial que después de la aplicación de la metodología. $\mu_1 = \mu_2$
- H_1 : La Proporción de defectos antes de la aplicación de la metodología es mayor que después de aplicar la metodología. $\mu_1 > \mu_2$

b) Hipótesis 2

- H_0 : la proporción de defectos al aplicar la metodología es igual al 1% de la cantidad fabricada. $\mu = .01$
- H_1 : la proporción de defectos al aplicar la metodología es menor al 1% de la cantidad fabricada. $\mu < .01$

El proceso de fabricación consiste en cuatro fases simples la primera fase es el ensamble del arnés donde se toman los circuitos y se ensamblan a los conectores, posteriormente este ensamble llega a una estación donde se traza todo el arnés y se construye encintándolo, después este arnés pasa a una estación de dimensiones para verificar que cumple con los requerimientos y finalmente se pasa a la estación de prueba eléctrica. La Figura 2 muestra el arnés ya construido en la estación.



Figura 2. Tablero de construcción del arnés 32751

Marco Teórico

Se revisa literatura relacionada con las metodologías de Lean Manufacturing y Six Sigma, así como trabajos realizados donde se combinan ambas metodologías.

Hilerio, Jaimes y Simón (2009) muestran en una investigación donde los autores realizan distintas evaluaciones con el propósito de obtener inicialmente los desperdicios del

área, realizan análisis de diagrama del proceso, como propuesta de mejora se enfocan en modificaciones en el *layout*, así como también en el control del material, y mejora del diagrama de proceso. Los resultados de la mejora demuestran que el ritmo (*takt time*) disminuye de 1.73 a .79 min, al igual que la capacidad para elaborar 1000 gorras disminuye de 3.5 a 1.65 días, el retrabajo disminuye un 50% y el inventario 13.04 %.

El sistema creado por Harry (2000) ha sido el método a seguir para implementación de Six Sigma dentro de las empresas, con el objetivo de reducir las variaciones que se presentan en esta. Las fases de *definir, medir, analizar, mejorar y controlar* conforman todo la estrategia usada del autor para el mejoramiento continuo. Harry explica en su libro la experiencia de algunas empresas que se ven mejoradas al aplicar la metodología Six Sigma una de ellas es Polaroid que al implementar la metodología logra mejorar la calidad de sus productos convirtiéndose de una empresa de 3.5 sigmas a 5 sigmas.

George (2002) es uno de los primeros autores que propone una estrategia para combinar Lean y Six Sigma. La metodología del autor propone que el primer paso es generar un compromiso por la gerencia para apoyar al proyecto, posteriormente prepara un equipo de trabajo, posteriormente seleccionar el proyecto correcto y los departamentos involucrados, una vez determinado esto se distribuyen las responsabilidades, continuo a esto se desarrollan el plan de mejora con el uso del DMAIC. El autor menciona un

caso de la empresa del sector automotriz *Tier-one auto supplier*, el objetivo de la empresa está ligado a reducir el tiempo de ejecución del proceso y los defectos. Después de dos años desde la implantación la empresa logra reducir el tiempo de manufactura de 14 días a 2 días, reducción de los gastos generales y el costo de calidad de un 22%, margen de beneficio bruto de 5.4% a 13.8%, y el retorno de inversión de 10% a 33%.

Furterer (2009) muestra en su libro una manera de aplicar la metodología Lean Six Sigma dirigida a empresas, la autora basa sus sistema en la estrategia del DMAIC, algunas variables importantes, es que ella da relevancia a conocer la voz del proceso, así como también sugiere que dentro del plan de mejora se incluya la estrategia PDCA. Muestra varios casos de estudio dentro de los cuales se encuentra uno donde se presenta el problema de material perdido dentro de una escuela, se desarrolla todo un proceso para investigar la causa dentro de las cuales está de que no se identifican los materiales ni tienen método de rastreo, al aplicar la metodología se logra identificar todo el material con un código de barras, lo que permite que el control y tiempo en que se realizan los inventarios disminuye al 50%, y se elimina el porcentaje del el material perdido.

Plascencia (2003) muestra un método de 14 pasos combinando Lean y Six Sigma para la reducción de material desperdiciado y defectos por millón, el autor propone una evaluación de cada paso donde al final se obtiene un porcentaje del nivel Lean Sigma obtenido, la metodología es aplicada dentro

de una empresa automotriz, el material desperdiciado logra disminuir de 2462.73 pesos a 1301.49 pesos y los defectos por

millón de 11695 a 8604 en siete meses de su aplicación.

Metodología

El enfoque de la aplicación de la metodología Lean Sigma está dirigido en proporcionar una guía para resolver un problema en este caso a eliminar defectos dentro de una empresa de producción de arneses, se espera que la aplicación de la

metodología sea de mejora para reducir los defectos internos que más impactan el área. La Figura 3 muestra el diagrama de flujo que conforma los pasos principales que sigue la metodología.

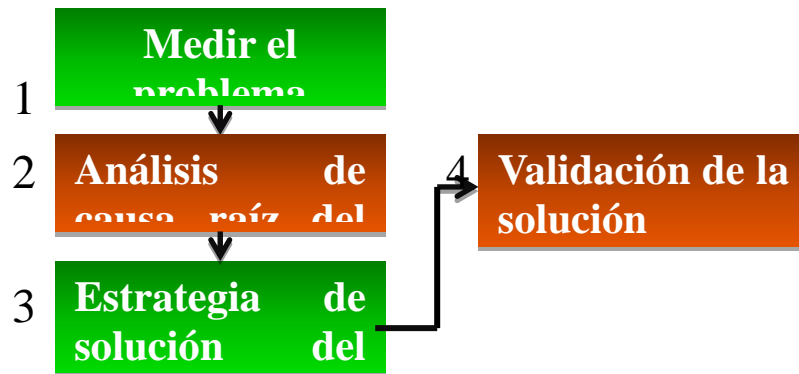


Figura 3. Diagrama de flujo

Medir el problema

Cuando se conoce cuál es el problema, inmediatamente se pasa a medir el problema, lo cual consiste en medir la situación actual. En este caso se presentan quejas por defectos en las dimensiones de los arneses, por lo tanto es preciso analizar que tantos y que tipos de defectos de dimensiones se presentan frecuentemente en el área. Para realizar la medición se utiliza una tabla de registro de datos y una vez obtenidos los datos se pasan a graficar en un Pareto con la finalidad de observar cuales

son los defectos que tienen mayor impacto para el área, midiendo la frecuencia en que se presentan puede hacer el Pareto con el análisis de una semana a más días, véase la Figura 4.

Sobre los datos de los defectos y la cantidad total de piezas fabricadas de veinte a más días durante el turno se obtiene un análisis de la capacidad, con el propósito de ver que tan bueno es el proceso de fabricar partes buenas y que porcentaje de defectos se obtiene actualmente. La capacidad previa a la mejora es mostrada en la Figura 5.

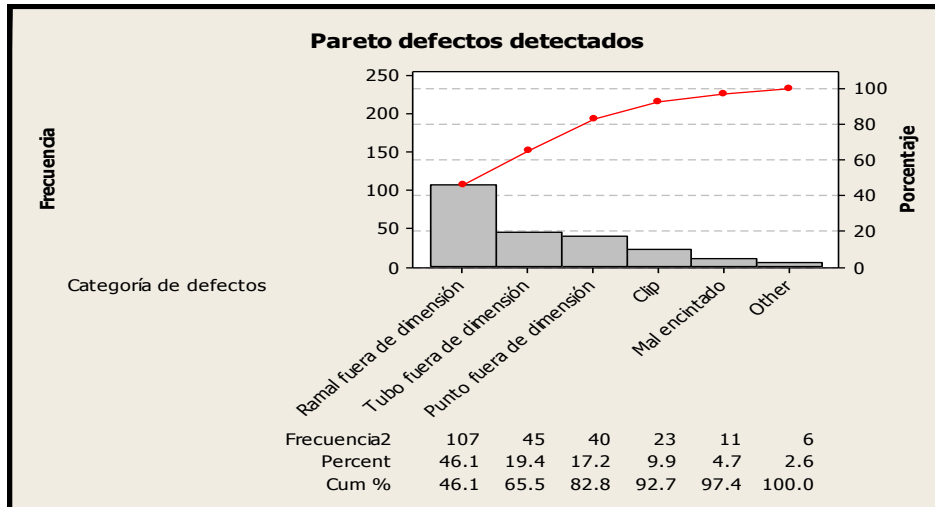


Figura 4. Pareto de frecuencias por categoría de defectos

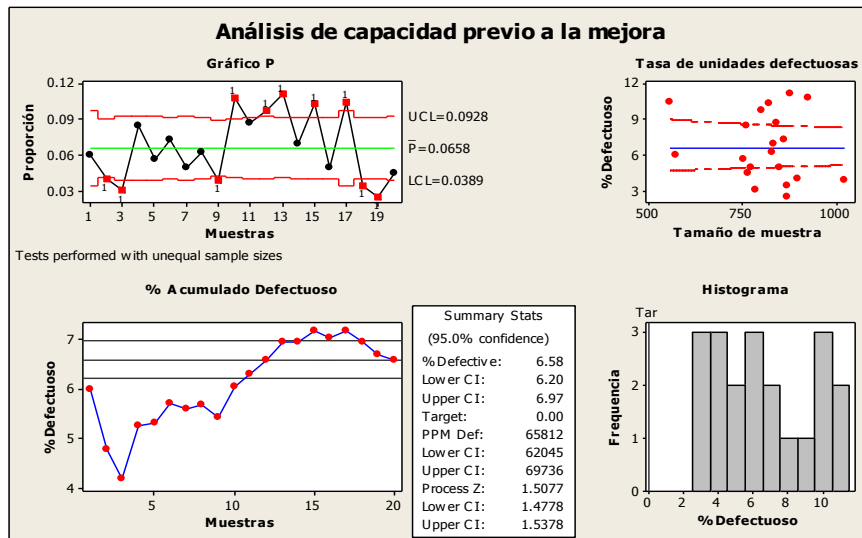


Figura 5. Análisis de capacidad previo a la mejora

Análisis de causa raíz del problema

Una vez que se obtiene el análisis y observaciones con el formato de evaluación Lean Sigma y mediante lluvia de ideas se llena un Ishikawa para determinar posibles causas, posterior al Ishikawa se utiliza la

técnica del grupo nominal con la participación de calidad, producción e ingeniería y se realiza un Pareto para determinar cuáles causas posiblemente se pueda atacar. La figura 3.4 muestra el Pareto de las causas que pueden afectar a obtener más defectos por las dimensiones.

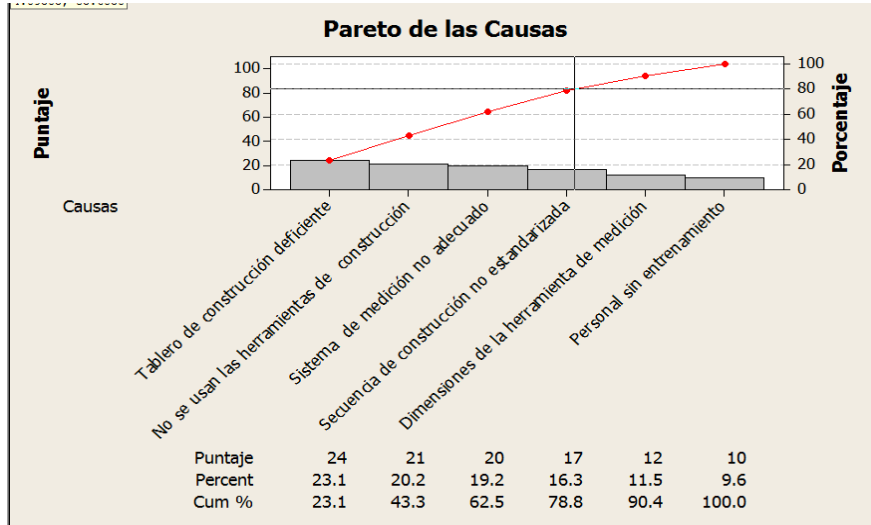


Figura 6. Causas principales

A las principales causas se les aplica la herramienta de los 5 ¿Por qué?, no necesariamente se tiene que preguntar 5 veces, pero si las suficientes, para llegar a la

raíz del problema, se realiza una tabla por cada categoría que se analiza, véanse la Tablas 1, 2, 3 y 4.

Tabla 1. Análisis de causa raíz de la medición

Medición	
Pregunta	Respuesta
¿Por qué el sistema no es adecuado?	Porque no se mide correctamente
¿Por qué se dice que no se mide correctamente?	Porque no se sabe distinguir los defectos
¿Por qué no sabe distinguir los defectos?	Porque no usa bien la herramienta
¿Por qué no usa bien la herramienta?	Porque no comprende la herramienta
¿Por qué no comprende la herramienta?	Porque no se realiza una evaluación de medición para fortalecer el sistema

Tabla 2. Análisis de causa raíz del método

Método	
Pregunta	Respuesta
¿Por qué no se usan las herramientas?	Porque el operador considera que es más rápido
¿Por qué el operador considera que es más rápido?	Porque la herramienta no favorece a la construcción
¿Por qué la herramienta no favorece a la construcción?	Porque algunas herramientas son difíciles de usar
¿Por qué las herramientas son difíciles de usar?	Porque no se cuenta con las herramientas adecuadas para la construcción

Tabla 3. Resultados obtenidos del análisis de causa raíz de la maquinaria

Método	
Pregunta	Respuesta
¿Por qué la secuencia no está estandarizada?	Porque no se usan las herramientas de la misma manera
¿Por qué no se usa las herramientas de la misma manera?	Porque cada tablero es diferente
¿Por qué cada tablero es diferente?	Porque en unos falta herramientas y en otros no está en buenas condiciones y otros ambas cosas
¿Por qué los tableros no cuentan con todas las herramientas o están en malas condiciones?	Porque no se verifica el estado del herramental y no se usa aquella herramienta que haga más difícil el trabajo

Tabla 4. Análisis de causa raíz de la maquinaria o tablero de construcción

Maquinaria	
Pregunta	Respuesta
¿Por qué se dice que la maquinaria es deficiente?	Porque no favorece la construcción
¿Por qué no favorece la construcción?	Porque el operador no la utiliza
¿Por qué el operador no usa el herramental?	Hay horquillas que no son de ayuda para su construcción y las dimensiones no son correctas
¿Por qué se dice que las herramientas ni las dimensiones son adecuadas?	El tablero no cumple con las dimensiones requeridas y las horquillas no favorecen la construcción
¿Por qué el tablero cuenta con dimensiones erróneas y horquillas que no favorecen la construcción?	Porque no se ha verificado las dimensiones ni si lo que estipula el diseño es lo más efectivo

Estrategia de solución del problema

Tomando en cuenta que las causas provienen principalmente del sistema de medición y del diseño del tablero de construcción se crea el plan de mejora, se analiza el sistema de medición para verificar su estado actual con un MSA kappa. Bajo esta condición se toma el número de muestras y el número de operadores $(\#muestras) \times (\#operadores) > 15$ (Estadística Aplicada Módulo 7) donde las muestras son 10 y los operadores 2, cada operador realiza dos mediciones de cada pieza. Se realiza el estudio kappa y los resultados se muestran en la tabla 5

Los resultados muestran que el sistema es deficiente por lo que se analiza el sistema verificando las dimensiones y asegurándose que el inspector sepa distinguir entre una pieza que está defectuosa y una que cumple con los requerimientos del cliente, es muy importante que el inspector sepa distinguir hasta cuando una dimensión está en tolerancia y cuando ya es detectada como defecto, además, también se verifica que el inspector sepa distinguir cuando hay prioridades en dimensiones. Posterior a la verificación del sistema se vuelve a realizar el análisis MSA y se obtienen los resultados muestran en la tabla 6 que el sistema de medición mejora con un valor de kappa de 0.85.

Tabla 5. Análisis de ambos inspectores contra el estándar.

Análisis de todos los inspectores contra el estándar				
Acuerdo de evaluación				
# Inspeccionadas	#Concuerdan	Porcentaje	95 % CI	
10	3	30.00	(6.67, 65.25)	
Kappa				
Respuesta	Kappa	SE Kappa	Z	P(vs > 0)
Bien	0.496970	0.158114	3.14311	0.0008
clip	*	*	*	*
punto	*	*	*	*
ramalc	0.490850	0.158114	3.10441	0.0010
ramalclip	*	*	*	*
tubo	0.591369	0.158114	3.74015	0.0001
tuboyclip	*	*	*	*
Overall	0.480606	0.102009	4.71142	0.0000

Tabla 6. Análisis posterior ambos inspectores contra el estándar

Ambos inspectores contra el estándar				
#Inspeccionadas	#Concuerdan	Porcentaje	95 % CI	
10	7	70.00	(34.75, 93.33)	
Kappa				
Respuesta	Kappa	SE Kappa	Z	P(vs > 0)
amarre	0.47368	0.158114	2.9958	0.0014
bien	0.90000	0.158114	5.6921	0.0000
clip	0.62418	0.158114	3.9477	0.0000
ramalc	1.00000	0.158114	6.3246	0.0000
rcota	0.90196	0.158114	5.7045	0.0000
rcoto	1.00000	0.158114	6.3246	0.0000
Overall	0.85612	0.082526	10.3739	0.0000

El siguiente paso se enfoca en mejorar la herramienta de construcción se toma una sola estación como prototipo, la cual se redimensiona por completo y se cambian aquellas herramientas que no favorecen a la construcción, al igual aquellas herramientas que están dañadas se cambian por nuevas y las faltantes se agregan. Las Figuras 7 y 8 muestran las nuevas horquillas. La Figura 9 muestra el escantillón reparado y la Figura 10 muestra el escantillón dañado.

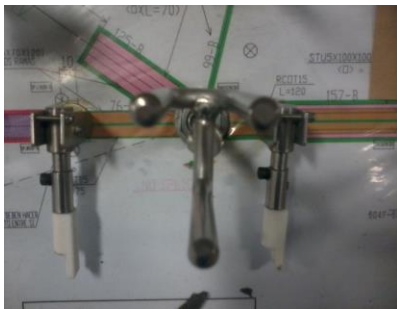


Figura 7. Horquilla de 15x25

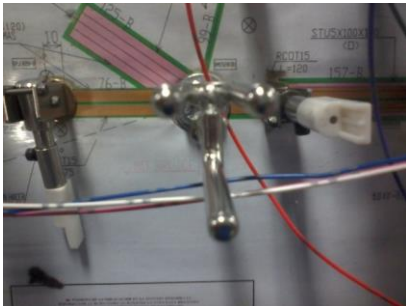


Figura 8. Horquilla de 10x15



Figura 9. Escantillón reparado



Figura 10. Escantillón dañado

Posteriormente se revisa que el operador use el herramental adecuadamente la figura muestra cómo se traza el punto ahora con el uso de las horquillas y escantillones que antes no se usaban debido a que no facilitaban la construcción ni favorecían por la dimensión incorrecta, véanse las Figuras 11 y 12.

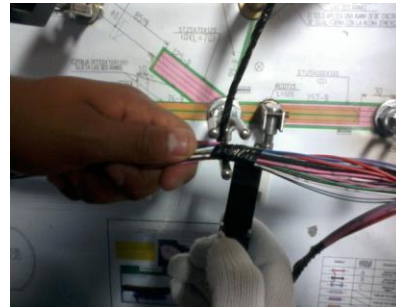


Figura 11. Operador trazando nudo

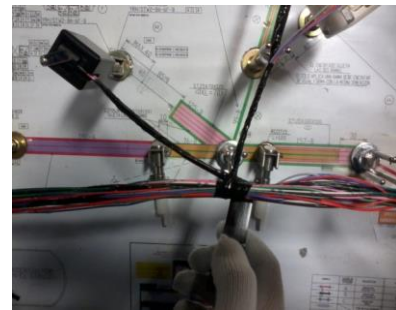


Figura 12. Operador uniendo el ramal

Validación de la solución

Se obtiene datos para validar los cambios realizados al diseño del tablero y después de

trabajar con el método se calcula un número de muestra.

$$p^{\wedge} = \frac{11}{133} = .0827 \quad q^{\wedge} = 1 - .0827 = .9173$$

$$n = \frac{z^2 \frac{1}{2} p^{\wedge} q^{\wedge}}{e^2} = \frac{1.96^2 (.0827)(.9173)}{.03^2} = 323.8 \sim 324$$

La tabla 7 muestra los resultados de la prueba de 2 proporciones al analizar los defectos de la estación 3.

Tabla 7. Resultados de la validación de la estación 3

Prueba para dos proporciones			
Muestra	X	N	Muestra p
1	46	527	0.087287
2	5	514	0.009728

Diferencia = p (1) - p (2)
 Estimación de la diferencia: 0.0775589
 95% límite inferior de la diferencia: 0.0561181
 Prueba de la diferencia = 0 (vs > 0): Z = 5.95 P-Value = 0.000
 Prueba exacta de Fisher: P-Value = 0.000

Verificación de la hipótesis

Se realizan las hipótesis con dos proporciones y una proporción, las que se

muestran en la Tablas 8 y 9. Así mismo se hace la comparación de los gráficos de control P en la Figura 12.

Tabla 8. Prueba de hipótesis final para 2 proporciones

Prueba para dos proporciones			
Muestra	X	N	muestra p
1	1068	16228	0.065812
2	10	2497	0.004005

Diferencia = p (1) - p (2)
 Estimación de la diferencia: 0.0618074
 95% límite inferior de la diferencia: 0.0579900
 Prueba de la diferencia = 0 (vs > 0): Z = 26.63 Valor p = 0.000
 Prueba exacta de Fisher: valor P = 0.000

Tabla 9. Una proporción

Prueba para una proporciones

Test of $p = 0.01$ vs $p < 0.01$

Muestra	X	N	muestra p	95% limite superior
1	10	2497	0.004005	0.006784

valor P 0.001

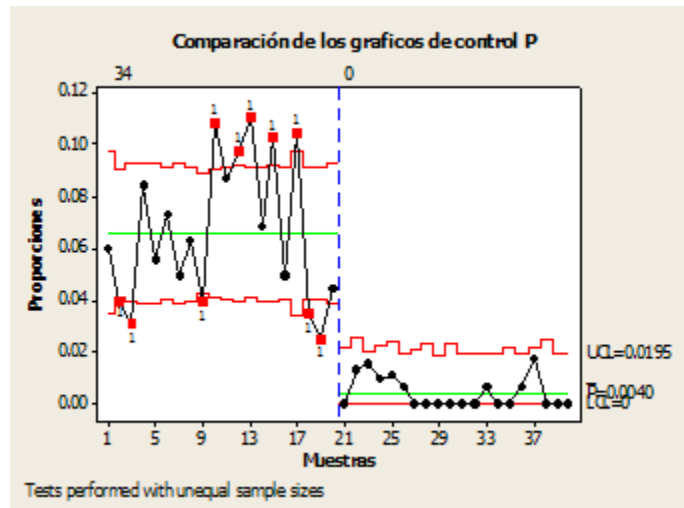


Figura 12. Comparación de gráficos de control P

Conclusiones

La cantidad de defectos iniciales indican que la proporción de defectos es de 6.5% al compararla a la obtenida posteriormente a la aplicación que es de 0.4% se obtiene que la proporción de antes es mayor en un 6.1% y por la tanto se rechaza la primera hipótesis nula, posteriormente la cantidad de defectos

de 0.4 se compara con el 1% para comprobar que es menor y por lo tanto se rechaza la hipótesis nula, se concluye que la proporción de defectos antes de la aplicación de la metodología es mayor a después de la metodología y también es menor al 1%.

Referencias

Estrada, F. J. (2012). Estadística Aplicada Módulo 7. (4.1), 11.

Furterer, S. L. (2009). Lean Six Sigma in Service Applications and Case Studies. Boca Raton: Taylor & Francis Group.

George, M. L. (2002). En Lean Six Sigma: Combining Six Sigma Quality With Lean Speed. New York: McGraw-Hill.

George, M. L., Rowlands, D., Price, M., & Maxey, J. (2005). The Lean Six Sigma Pocket ToolBook. New York: McGraw-Hill.

Harry, M. (2000). Six Sigma : The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World's Top Corporations. New York: Currency.

Hilerio, E., Jaimes, E., & Simón, M. I. (2009). Reduccion de desperdicio en la fabricación de gorras por medio de Lean Manufacturing. 78-189.

Plascencia, H. (2003). Comparación de las metodologías Lean Sigma, Seis Sigma y Lean Manufacturing para el mejoramiento continuo de procesos. 44-57.

Capacidades de absorción, innovación y respuesta: su influencia en la agilidad de cadena de suministro

Leticia Valles Monge¹, Aurora Máñez Guaderrama¹

¹Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

Resumen

En la actualidad se reconoce que las organizaciones ya no compiten en el mercado como entidades individuales, sino que lo hacen como miembros de cadenas de suministro. Para seguir siendo competitivas tanto las empresas como las cadenas de suministro desarrollan distintos tipos de capacidades organizacionales, las cuales interactúan entre sí y generan un impacto en ambos niveles –firma y cadena-. Con el propósito de analizar dicho impacto esta investigación estudia bajo la categoría de capacidades dinámicas a la capacidad de absorción; mientras que dentro de las capacidades operacionales investiga la capacidad operativa de innovación, la capacidad operativa de respuesta y la agilidad de la empresa como socia de la cadena de suministro. Para el análisis de dichas variables se desarrolla una investigación empírica, cuantitativa, transversal y de naturaleza correlacional-causal. A través de un modelado de ecuaciones estructurales se espera crear una base teórico-metodológica a través de la cual se indique la incidencia positiva, negativa o nula entre las diferentes variables a estudiar y su influencia sobre la ventaja competitiva sostenible de las firmas. De esta forma, se estará en condiciones de aportar a las organizaciones participantes del estudio bases para un mejor direccionamiento de esfuerzos, a fin de mejorar su competitividad y sostenimiento de ventaja competitiva.

Palabras clave: Capacidades organizacionales, ventaja competitiva, agilidad de cadena de suministro, innovación, respuesta.

Introducción

En la actualidad cada vez más se reconoce que una empresa ya no compite como entidad autónoma, sino que lo hace como socia de una cadena de suministro (Yang, 2014); la cual, de manera análoga a la madurez de los productos y a los cambios de los mercados, evoluciona a través de modificaciones en sus capacidades (Parmigiani, Klassen, y Russo, 2011). Las capacidades son elementos básicos en el logro de los objetivos organizacionales, y no obstante que en los antecedentes académicos se conciben de formas distintas -procesos basados en la información (Amit

y Schoemaker, 1993), habilidades organizacionales (Helfat y Peteraf, 2003), procesos dinámicos (Dávila, 2010) y activos invisibles (Itami y Roehl, 1987), por citar algunas-, se pueden entender como eficiencias de rutinas o grupos de rutinas que interactúan (Grant, 1991) y que tienen como propósito llevar a cabo tareas administrativas y productivas (Helfat y Peteraf, 2003; Peng, Schroeder, y Shah, 2008). A diferencia de los recursos que si pueden ser transferibles de una firma a otra, las capacidades no se pueden transmitir, razón que las convierte en fuente potencial

de ventaja competitiva (Jinhui Wu, Melnyk, y Flynn, 2010).

En la literatura se reportan distintos tipos de capacidades organizacionales. Aportaciones recientes (Makkonnen, Pohjola, Olkkonen, y Koponen, 2014) indican que con base en las actividades hacia las cuales van dirigidas, las capacidades se pueden clasificar en dinámicas y operacionales: las primeras se dirigen hacia la exploración e intentan encontrar nuevas formas de transformar las habilidades actuales; por su parte, las segundas se centran en la explotación buscando el perfeccionamiento de las capacidades existentes. No obstante la diferencia en el enfoque de las capacidades, ambos tipos se interrelacionan con los procesos de gestión del conocimiento: en el caso de las capacidades dinámicas, se requiere acumular experiencia, articular y codificar conocimiento; en lo relativo a las capacidades operacionales, los antecedentes señalan que forman la base de ese conocimiento (Cepeda y Vera, 2007).

Las empresas pueden desarrollar muchos y diferentes tipos de capacidades dinámicas (Parente, Baack, y Hahn, 2011), pero entre ellas destaca la capacidad de absorción. Dicha capacidad se encarga de habilitar la gestión del conocimiento, a fin de que la firma detecte y aproveche oportunidades de negocio proclives a influir directamente en su desempeño (Liu, Ke, Kee Wei, y Hua, 2013). Esta capacidad parte de la premisa de que la organización necesita conocimiento previo para asimilar y usar nuevo conocimiento, lo cual incide fuertemente en un desempeño innovador y

en el desarrollo de la empresa a través del tiempo (Cohen y Levinthal, 1990). Una firma con alta capacidad de absorción será dócil al cambio, reconfigurando sus capacidades operacionales para mejorar su rendimiento (Liu et al., 2013).

Por otra parte, las capacidades operacionales son las responsables de ayudar a la firma a generar soluciones que tengan sentido (Flynn, Jinhui Wu, y Melnyk, 2010); y son particularmente difíciles de medir, ya que emergen gradualmente, son tácitas, incrustadas y manifestadas de forma diferente entre las firmas (Jinhui Wu et al., 2010). La literatura académica indica que existen diferentes tipos de capacidades operacionales, y entre ellas se encuentran la agilidad de cadena de suministro (Liu et al., 2013; Yang, 2014), la capacidad operativa de respuesta y la capacidad operativa de innovación (Flynn et al., 2010).

Con respecto a la agilidad de cadena de suministro, fuentes recientes (Liu et al., 2013) precisan que esta capacidad es esencial para asegurar la competitividad de la firma, ya que a partir de ella se da respuesta efectiva y eficiente a los cambios operacionales, tales como la procuración de materiales, manufactura, servicio de entrega y promoción de mercado. En virtud de que facilita el intercambio entre los participantes de la cadena para la rápida detección, respuesta y anticipación de cambios inesperados, dicha capacidad operacional ha visto incrementada su importancia (Yang, 2014).

Otra capacidad operativa relevante es la capacidad de respuesta. En un contexto

donde la ruta para una ventaja sostenible recae en la capacidad de aprovechar las fortalezas y competencias de la cadena de socios (Christopher, 2000), y en antecedentes disponibles (Teece, Pisano, y Shuen, 1997) se enfatiza que los ganadores en el mercado global han sido empresas capaces de responder oportunamente, la capacidad de respuesta como fuente de ventaja competitiva destaca por sus atributos. Esta capacidad se entiende como el conjunto de habilidades, procesos y rutinas diferenciables que permiten a la organización reaccionar rápida y fácilmente ante los cambios en los requerimientos del consumidor (Flynn et al., 2010).

Adicionalmente en la actualidad la innovación se reconoce como un factor clave de diferenciación para el logro de ventaja competitiva (Liao, Fei, y Chen, 2007; Simatupang y Budyanto Widjaja, 2012). Luego, la capacidad de innovar representa una actividad crítica para las empresas, ya que si éstas no la despliegan, corren el riesgo de quedar fuera del mercado (Liao et al., 2007). La capacidad operativa de innovación se enfoca en el cambio radical y representa las habilidades, procesos y rutinas diferenciables para mejorar los procesos de operaciones existentes, o bien para crear e implementar procesos de manufactura nuevos y únicos (Flynn et al., 2010).

Finalmente, la ventaja competitiva depende de las capacidades de los socios en la cadena de suministro. Dado que las firmas han comenzado a darse cuenta de que para ser competitivas no es suficiente mejorar la eficiencia de sí mismas sino más bien de su

cadena de suministro (Li, Ragu-Nathan, Ragu-Nathan, y Subba Rao, 2006), deben buscar alinearse con sus proveedores y clientes para la optimización de sus operaciones y con ello, el logro de ventajas (Lin, Chiu, y Chu, 2006). Las organizaciones tienen la necesidad de desarrollar y mantener una ventaja competitiva sostenible sobre la cual dirijan su estrategia de operaciones; dicha estrategia debe fundamentarse sobre distintos elementos entrelazados, entre los que se encuentran prácticas, recursos y por supuesto, una diversidad de capacidades organizacionales (Jinhui Wu et al., 2010).

Planteamiento del problema

Las empresas desarrollan y aprovechan de forma estratégica diferentes capacidades, ya sean dinámicas u operacionales (Parmigiani et al., 2011), pero para lograr y mantener ventajas competitivas deben aprovechar aquellas capacidades que las faculten para conectar el patrón de la demanda y el grado de innovación, con la configuración de su cadena de suministro (Fisher, 1997). Recientemente los investigadores se han enfocado en el concepto de capacidades organizacionales y las firmas han incrementado su interés en la gestión de la cadena de suministro (Nakano, Akikawa, y Shimazu, 2013); sin embargo, a pesar del número considerable de estudios sobre la administración y el mejoramiento del desempeño de la cadena (Yang, 2014), solo algunos han conectado el enfoque de las capacidades dinámicas con la cadena de suministro (Beske, Land, y Seuring, 2013). Con base en lo anterior, se evidencia que existe una brecha de conocimiento respecto

de las relaciones entre las distintas capacidades organizacionales -operativas y/o dinámicas-, y su impacto y relevancia dentro de la cadena de suministro. En este trabajo se plantean como interrogantes las siguientes:

1. ¿La capacidad de absorción incide sobre las capacidades operativas de innovación y respuesta?
2. ¿La capacidad de absorción influye sobre la agilidad de la empresa como socia de la cadena de suministro?
3. ¿Las capacidades operativas de innovación y respuesta afectan a la agilidad de la empresa como socia de la cadena de suministro?
4. ¿La agilidad de la empresa incide sobre su ventaja competitiva sostenible?

Objetivo General

Analizar de forma empírica si la capacidad de absorción incide sobre las capacidades

operativas de innovación, respuesta y agilidad de la empresa como socia de la cadena de suministro, contribuyendo positivamente sobre la ventaja competitiva de la firma.

Alcances, delimitaciones y limitaciones

Se pretende esta investigación se desarrolle en las Empresas Maquiladoras de Exportación localizadas en Ciudad Juárez, Chihuahua; particularmente en empresas del sector automotriz y electrónico. Por cuestiones de confidencialidad, el nombre de las empresas no se revelará durante la investigación. Como unidad de registro se propone a individuos que laboren en mandos medios y superiores. Cabe destacar que la información a recabar dependerá de la percepción subjetiva de los sujetos participantes respecto a las variables a estudiar. Por su parte, los resultados obtenidos no podrán ser generalizados, dado que su validez solo aplica para las organizaciones analizadas y el tiempo en el que se recabe la información.

Revisión de Literatura

Las capacidades organizacionales confieren a la gestión de la empresa un conjunto de opciones decisorias para la producción de resultados significativos (Winter, 2000; Zahra y George, 2002). Para Flynn et al. (2010), se conciben como procesos sociales tácitos que emergen gradualmente a través del tiempo, los cuales son dependientes e influenciados por factores como la historia de la organización, las técnicas de aprendizaje de la misma y las acciones de

quienes toman las decisiones a nivel individual, grupal o empresarial. En la misma vertiente recientemente (Parmigiani et al., 2011) indican que las capacidades son rutinas aprendidas que las empresas utilizan para convertir las entradas en salidas, mediante la combinación de recursos tangibles e intangibles.

Las capacidades son rutinas generadas a partir del conocimiento. Como rutinas o

grupos de rutinas las capacidades tienen su raíz en el conocimiento (Cepeda y Vera, 2007). Una rutina es un comportamiento aprendido, altamente modelado, repetitivo, o casi repetitivo, fundado en parte en conocimiento tácito (Winter, 2003). Como patrones estables de comportamiento las rutinas caracterizan las reacciones organizacionales en estímulos variados, tanto internos como externos (Zollo y Winter, 1999). Una organización puede contar con varias capacidades, las cuales pueden ser pensadas como una estructura jerarquizada que se puede descomponer en rutinas, subrutinas, y así sucesivamente (Winter, 2000).

No obstante que en la literatura se han clasificado de distintas maneras, una clasificación útil para comprender la naturaleza y el propósito de las capacidades organizacionales es la taxonomía que las divide en operacionales y dinámicas. De acuerdo a Zollo y Winter (1999), las capacidades operacionales involucran la ejecución de procedimientos conocidos, y las dinámicas buscan identificar los cambios necesarios de un conjunto existente de rutinas productivas.

Capacidades dinámicas

Aunque existen distintas formas de explicar las capacidades dinámicas, en ellas convergen dos aspectos clave: el dinamismo y la capacidad. Existen múltiples definiciones de capacidades dinámicas (Cepeda y Vera, 2007), pero el concepto fue introducido por Teece et al. (1997) para explicar la ventaja competitiva y el desempeño en mercados caracterizados por alta velocidad y dinamismo. Estas

capacidades difieren en sus propósitos y se pueden relacionar con diferentes elementos organizacionales, lo cual da origen a sus diferentes dimensiones entre las que se encuentran la reconfiguración, el aprovechamiento, el aprendizaje, la creación de conocimiento y la integración (Makkonnen et al., 2014). Siguiendo a Teece et al. (1997) las capacidades dinámicas enfatizan dos términos clave: dinámico y capacidad. Indican que el dinamismo se refiere a la capacidad de renovar competencias, y lograr congruencia con los ambientes de negocios cambiantes, la tasa de cambio tecnológico, la competencia, así como ciertas capacidades de respuesta innovadoras, que han de utilizarse cuando el tiempo de comercialización es crítico. Respecto de la capacidad precisan que esta enfatiza el papel clave de la administración estratégica para de forma apropiada adaptar, integrar y reconfigurar habilidades organizacionales, recursos, y competencias funcionales, a fin de atender los requerimientos del entorno.

Tratando de hacer frente a los entornos cambiantes, las capacidades dinámicas modifican las capacidades operacionales de la empresa. Las capacidades dinámicas representan patrones aprendidos de actividad colectiva a través de los cuales la organización genera y modifica sistemáticamente sus rutinas operacionales, buscando una efectividad mejorada (Zollo y Winter, 1999). La literatura señala que las capacidades dinámicas son habilidades de la firma para integrar, construir, y reconfigurar las competencias internas y externas a fin de direccionar rápidamente los medios cambiantes (Blome, Schoenherr, y

Rexhausen, 2013), y su propósito se centra en adaptarse tanto a los cambios del cliente como a las oportunidades tecnológicas (Nakano et al., 2013; Teece et al., 1997).

Capacidad de absorción

La capacidad de absorción se reconoce como una fuente crítica y directa de desempeño superior (Liu et al., 2013), es una capacidad dinámica que influye en la habilidad de la firma para crear y desplegar el conocimiento necesario y así construir nuevas capacidades organizacionales (Zahra y George, 2002). Liu et al. (2013) la explican como la habilidad que tiene la empresa para reconocer el valor del nuevo conocimiento externo, asimilarlo y comercializarlo; indican que en ella se incluye una colección de rutinas para administrar el conocimiento y las influencias acumulativas de aprendizaje continuo en la firma. En la literatura (Liu et al., 2013; Zahra y George, 2002) se señala que esta capacidad –a partir de conocimiento transferido de otras firmas, de rutinas de aprendizaje y de procesos comunicativos vastos-, permite crear conocimiento de mercado. Además se indica que la investigación la concibe como un constructo de orden superior,

conformado por cuatro dimensiones: adquisición, asimilación, transformación y explotación (ver Figura 1).

Capacidades operacionales

Las capacidades operacionales permiten a las empresas desarrollar sus tareas rutinarias esenciales. Las capacidades operacionales se orientan –cómo su nombre lo indica– hacia el funcionamiento operativo de las organizaciones (Cepeda y Vera, 2007; Winter, 2003), por lo que es frecuente que en la literatura se expliquen como la forma en que la organización se gana la vida (Cepeda y Vera, 2007; Winter, 2003). Estas capacidades facultan a las organizaciones en la ejecución y coordinación de una variedad de tareas operativas, por ejemplo la logística de distribución y las campañas de mercado; con base en ellas las empresas son capaces de responder a los cambios en el mercado (Liu et al., 2013). Las capacidades operacionales son conjuntos de habilidades, procesos y rutinas específicas desarrollados dentro del sistema de administración de operaciones (Jinhui Wu et al., 2010), las cuales fueron generándose y modificándose a partir de capacidades dinámicas (Liu et al., 2013; Zollo y Winter, 1999).



Figura 1. Definición de la Capacidad de Absorción. Fuente: Elaboración propia a partir de Zahra and George (2002) y Liu et al. (2013).

Las capacidades operacionales tienen distintas implicaciones. Las capacidades operacionales proporcionan unidad, integración y dirección a los recursos y prácticas operacionales, encapsulando elementos explícitos – recursos y prácticas operacionales- y tácitos –saber cómo, sets de habilidades y liderazgo (Flynn et al., 2010). Asimismo, al ser una fuente primaria de utilidad y proveer una base estable para definir la identidad de la firma, son particularmente relevantes ya que forman parte de las diversas estrategias organizacionales (Jinhui Wu et al., 2010).

Existen diferentes tipos de capacidades operacionales. La tipología de Flynn et al. (2010) agrupa dichas capacidades bajo seis tipos: mejoramiento, reconfiguración, personalización, cooperación, innovación y respuesta. No obstante en investigaciones recientes (Liu et al., 2013; Yang, 2014) se reconoce que la agilidad de la cadena de suministro es también una capacidad operacional. Cabe precisar que para efectos de esta investigación solo se estudia la

capacidad operativa de respuesta, la capacidad operativa para innovar; así como la agilidad de la cadena de suministro.

Capacidad operativa de respuesta

Un factor determinante de la ventaja competitiva, es la capacidad de respuesta de la firma. La capacidad operativa de respuesta representa el conjunto de habilidades, procesos y rutinas diferenciadas que le permiten a la empresa reaccionar de forma rápida y fácil a los cambios en los insumos o en los requerimientos de salida (Swink y Hegarty, 1998). Dentro del contexto de la cadena de suministro, se define como la capacidad de la empresa para abordar los cambios en la demanda de los clientes, de forma pronta y sencilla (Swink y Hegarty, 1998), es decir la velocidad en que la firma ajusta los procesos de producción, el tiempo de ciclo y otras capacidades, para reaccionar y compensar los cambios en el medio ambiente (Blome et al., 2013). Es de señalar que la capacidad de respuesta de la empresa

es afectada por las relaciones con sus proveedores (Swink y Hegarty, 1998).

Capacidad operativa de innovación

Existen muchas formas en que una empresa puede lograr ventaja competitiva, pero entre ellas destaca la capacidad operativa para innovar (Camisón y Villar-López, 2014; Simatupang y Budyanto Widjaja, 2012; Zahra y George, 2002). Dicha capacidad consiste de un conglomerado de habilidades a partir de las cuales se administran los procesos de innovación, comenzando desde la identificación de necesidades y problemas hasta su resolución mediante la investigación, desarrollo y comercialización de innovaciones (Simatupang y Budyanto Widjaja, 2012). Esta habilidad permite mejorar sustancialmente el rendimiento de fabricación mediante la creación e implementación de nuevos recursos, métodos o tecnologías de trabajo (Swink y Hegarty, 1998). Cuando la capacidad para innovar se potencializa y los esfuerzos de creación, satisfacción y difusión de las innovaciones son los adecuados; se pueden esperar importantes oportunidades de ingresos incluso en el lanzamiento de las versiones primitivas del producto y/o la innovación (Winter, 2000).

Agilidad de la empresa como socio de la cadena de suministro

Hoy en día la agilidad de la cadena de suministro es considerada como una fuente crítica de desempeño superior de las firmas (Liu et al., 2013). La agilidad es un atributo esencial para la sobrevivencia y competitividad; para lograr ventajas competitivas en entornos de negocios

rápidamente cambiantes se requiere que las firmas sean capaces de alinearse con sus proveedores y clientes, teniendo como objetivo optimizar las operaciones, y trabajar ágil y conjuntamente más allá de compañías en lo individual (Lin et al., 2006).

El concepto de agilidad de cadena de suministro como constructo de segundo orden refleja una filosofía compleja, la cual no trata de reglas y procedimientos que pueden ser fácilmente implementados o imitados, sino de la coordinación e integración entre los diferentes miembros de la cadena (Liu et al., 2013). Esta capacidad se define como la habilidad de la firma, en conjunción con sus proveedores y clientes, para reaccionar rápida y efectivamente a los cambios del medio (Blome et al., 2013).

De acuerdo a Lin et al. (2006), para ser verdaderamente ágil, una cadena de suministro debe poseer un número de atributos distinguibles tales como sensibilidad al mercado, relaciones cooperativas, integración de procesos e información. Estos autores señalan que este tipo de cadena tiene como objetivo enriquecer y satisfacer clientes y empleados, por lo que debe poseer la habilidad de responder apropiadamente a los cambios que ocurren en el medio de los negocios, así como a las modificaciones en el mercado y demandas de los clientes. También precisan que el conductor de la agilidad es el cambio, el cual ocurre más rápido de lo que se prevé.

Ventaja competitiva

Hoy en día se reconoce que un factor clave de éxito es la habilidad organizacional para responder a la competitividad de los mercados y sostener una ventaja competitiva (Swafford, Ghosh, y Murthy, 2008), misma que logran las organizaciones cuando implementan una estrategia de creación de valor que no está siendo implementada de forma simultánea por

cualquier otro de sus competidores (Barney, 1991). Las organizaciones crean ventaja competitiva a través de sus recursos, que a su vez conforman distintas capacidades organizacionales (Tichá, 2010). La combinación única de ambos activos – recursos y capacidades- y el grado en que estos son valiosos, raros, inimitables e insustituibles representan el detonante para el desarrollo de ventaja competitiva (Jinhui Wu et al., 2010).

Marco Contextual

El proceso de industrialización en la zona fronteriza de México inició en los años sesenta con la llegada de la Industria Maquiladora de Exportación (INEGI, 2007; Villavicencio y Casalet, 2005). Dicha industria surgió gracias al fomento del Programa de Industrialización de la Frontera Norte, cuyo fin era proporcionar las condiciones necesarias para la creación de empresas maquiladoras en esa región (INEGI, 2007). A finales de la década de los sesenta, se construiría el primer parque industrial de México, y Ciudad Juárez obtendría la inversión de las primeras maquiladoras (Villavicencio y Casalet, 2005).

Como se puede apreciar en el párrafo anterior, la región fronteriza norte de México se ha distinguido por el acelerado desarrollo de la industria maquiladora, destacando el estado de Chihuahua por contar con las maquiladoras más grandes del país (Alba Vega y Aziz Nassif, 2000). No obstante que en varias ciudades de dicho estado también existen maquiladoras, Ciudad Juárez sobresale por concentrar el

mayor número de ellas (Villavicencio y Casalet, 2005). Cabe agregar que las tasas de generación de empleo son más altas para la zona norte del país, gracias a la presencia de la industria maquiladora de exportación (Mendoza Cota y Calderón Villareal, 2000; Villavicencio y Casalet, 2005).

Dentro de los sectores más estudiados en la industria maquiladora de exportación, destacan el sector automotriz y el electrónico, ya que en ellos se desarrollan las actividades maquiladoras más dinámicas y de más alta tecnología; además, son una fuente potencial de generación de empleos (Carrillo y Gomis, 2003). En ese entorno, la industria automotriz sobresale por su importancia para la economía mexicana y para el desarrollo industrial del país (Carrillo, 1990; Proméxico Secretaría de Economía, 2013c), ya que genera un impacto positivo en el mismo y en el 2012 representó el 20.8% del total de la inversión extranjera directa (Proméxico Secretaría de Economía, 2013c). Dada su relevancia se ha previsto que dicho sector seguirá en ascenso

durante los próximos años (ProMéxico Secretaría de Economía, 2013a).

Por otra parte, la industria electrónica se reconoce como una de las áreas productivas más activas e importantes a escala mundial (Schatan y Castilleja, 2004); razón por la cual su evolución en la industria mexicana la ha convertido en uno de los sectores primordiales (ProMéxico Secretaría de

Economía, 2013b). Cabe señalar que dentro de los estados que mayor inversión extranjera directa recibieron en el sector electrónico durante el periodo 2002-2012 se encuentra el estado de Chihuahua, sobresaliendo a su vez la capital del estado y Ciudad Juárez por encontrarse dentro de las 20 principales ciudades de dicha industria (ProMéxico Secretaría de Economía, 2013b).

Materiales y Métodos

Se propone un diseño de investigación cuantitativa, no experimental, de tipo transversal y de naturaleza correlacional-causal. El muestreo a utilizar es de tipo no probabilístico por conveniencia, ya que es el que permite que las muestras sean seleccionadas según un criterio de accesibilidad o comodidad (Grande Esteban y Abascal Fernandez, 2011); en este caso, la apertura de las empresas a participar y la voluntad de los sujetos seleccionados.

Como técnica de análisis de datos se utilizará el modelado estructural. Dicho modelo permite representar, estimar y probar las relaciones entre las diferentes variables de estudio a la par que genera ventajas para la investigación como: alta flexibilidad, capacidad de reconocer la naturaleza imperfecta de las mediciones propuestas en el modelo, resolución de problemas de multicolinealidad, y capacidad de presentar relaciones complejas

por medio de un lenguaje gráfico y fácil de comprender (Máynez, 2011).

En cuanto a la técnica de recolección de datos se utilizará la encuesta, aplicada a través de un cuestionario auto-administrado a sujetos que ocupan posiciones organizacionales a nivel medio y superior. Para ello se diseñará y validará el instrumento con las escalas propias de las variables a medir. Posteriormente el análisis estadístico se llevará a cabo mediante el software SPSS versión 17.0, mientras que la corrida del modelo estructural se realizará en el software EQS 6.2.

Modelo Conceptual y Desarrollo de Hipótesis

A partir de la revisión de literatura desarrollada en el apartado 2, se generó el siguiente modelo sobre el cual se orienta la presente investigación.

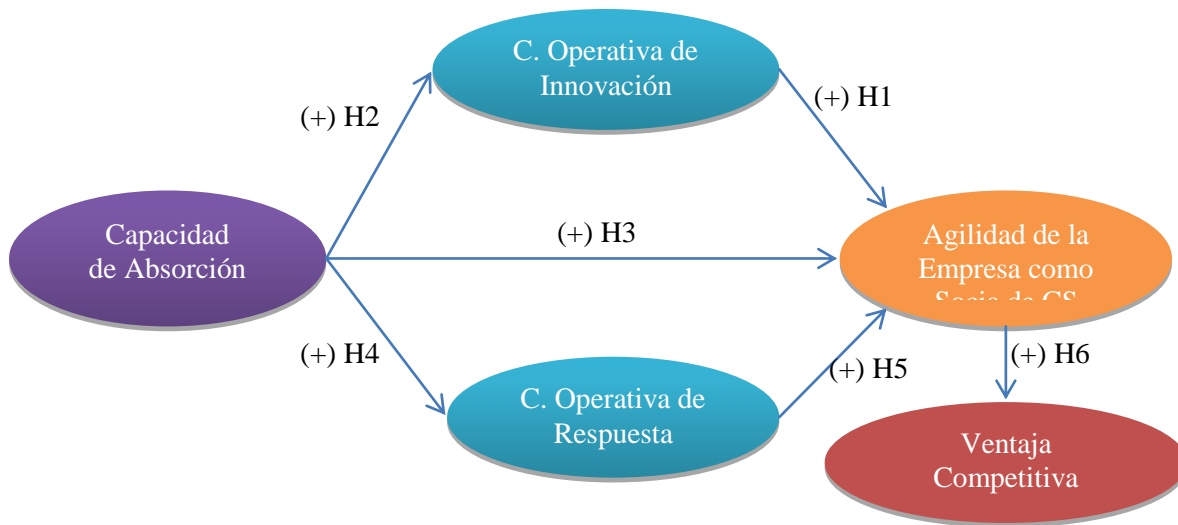


Figura 2. Modelo Conceptual Propuesto. Fuente: Elaboración propia.

Asimismo, con base en los elementos teóricos proporcionados en el apartado 2 y las diferentes relaciones detectadas entre los constructos analizados, se construyeron las hipótesis que se presentan a continuación.

H₀: La capacidad operativa de innovación no se correlaciona positiva y significativamente con la agilidad de la empresa como socia de la cadena de suministro.

H₁: La capacidad operativa de innovación se correlaciona positiva y significativamente con la agilidad de la empresa como socia de la cadena de suministro.

H₀: La capacidad de absorción no se correlaciona positiva y significativamente con la capacidad operativa de innovación.

H₂: La capacidad de absorción se correlaciona positiva y significativamente con la capacidad operativa de innovación.

H₀: La capacidad de absorción no se correlaciona positiva y significativamente con la agilidad de la empresa como socia de la cadena de suministro.

H₃: La capacidad de absorción se correlaciona positiva y significativamente con la agilidad de la empresa como socia de la cadena de suministro.

H₀: La capacidad de absorción no se correlaciona positiva y significativamente con la capacidad operativa de respuesta.

H₄: La capacidad de absorción se correlaciona positiva y significativamente con la capacidad operativa de respuesta.

H₀: La capacidad operativa de respuesta no se correlaciona positiva y significativamente con la agilidad de la empresa como socia de la cadena de suministro.

H₅: La capacidad operativa de respuesta se correlaciona positiva y significativamente

con la agilidad de la empresa como socia de la cadena de suministro.

H₀: La agilidad de la empresa como socia de la cadena de suministro no se correlaciona positiva y significativamente con la ventaja competitiva sostenible de la misma.

H₆: La agilidad de la empresa como socia de la cadena de suministro se correlaciona positiva y significativamente con la ventaja competitiva sostenible de la misma.

Resultados

Generar una base teórico-metodológica que permita sustentar las relaciones planteadas entre las variables a estudiar y con base en ello diseñar un modelo a través del cual se determine si en la realidad de la empresa manufacturera de exportación de Ciudad Juárez, existen dichas relaciones y cómo son estas, de incidencia positiva, negativa o nula. A fin de contribuir con el mejoramiento y la competitividad de las empresas.

Con el propósito de mejorar la competitividad de las empresas juarenses y ayudar en el sostenimiento o desarrollo del desempeño superior y/o ventaja competitiva, se espera a través del análisis de las variables estudiadas, retroalimentar a las diferentes organizaciones involucradas

para un mejor direccionamiento de esfuerzos. Lo anterior de acuerdo a las capacidades organizacionales que resulten de mayor relevancia en el estudio y que por lo tanto, requieran de una mayor atención organizacional. Asimismo, esta investigación aborda la problemática de la inconsistencia en el conocimiento sobre el impacto de las capacidades dinámicas y operacionales sobre las organizaciones y su cadena de suministro, desde una perspectiva empírica. Lo cual indica que el modelo propuesto no solo probará la realidad de la industria manufacturera de exportación de Ciudad Juárez, sino también acrecentará el acervo de conocimiento del tema en cuestión, sobre todo desde otros entornos culturales distintos a los reportados en la literatura académica.

Referencias

Alba Vega, C., y Aziz Nassif, A. (2000). Desarrollo y política en la frontera norte.

Amit, R., y Schoemaker, P. J. H. (1993). Strategic Assets and Organizational Rent. *Strategic Management Journal*, 14 (1), 33-46.

Barney, J. (1991). Firm Resources and Sustained Competitive Advantage. *Journal of Management*, 17(1), 99-120.

Beske, P., Land, A., y Seuring, S. (2013). Sustainable supply chain management practices and dynamic capabilities in the food industry: A critical analysis of the literature. *International Journal of Production Economics*(0). doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2013.12.026>

Blome, C., Schoenherr, T., y Rexhausen, D. (2013). Antecedents and enablers of supply chain

agility and its effect on performance: a dynamic capabilities perspective. *International Journal of Production Economics*, 51(4), 1295-1318.

Camisón, C., y Villar-López, A. (2014). Organizational Innovation as an Enabler of Technological Innovation Capabilities and Firm Performance. *Journal of Business Research*, 67, 2891-2902.

Carrillo, J. (1990). La Nueva Era de la Industria Automotriz en México.

Carrillo, J., y Gomis, R. (2003). Los retos de las maquiladoras ante la pérdida de competitividad. *Comercio Exterior*, 53(4), 318-327.

Cepeda, G., y Vera, D. (2007). Dynamic capabilities and operational capabilities: A knowledge management perspective. *Journal of Business Research*, 60(5), 426-437. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jbusres.2007.01.013>

Cohen, W. M., y Levinthal, D. A. (1990). Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation. *Administrative Science Quarterly*, 35(1), 128-152.

Christopher, M. (2000). The Agile Supply Chain Competing in Volatile Markets. *Industrial Marketing Management*, 29(37-44).

Dávila, J. C. (2010). The creation of organizational capabilities: evidence from a multinational company. *Management Research: The Journal of the Iberoamerican Academy of Management*, 8 (3), 183-202.

Fisher, M. L. (1997). What is the Right Supply Chain for Your Product? *Harvard Business Review*.

Flynn, B. B., Jinhui Wu, S., y Melnyk, S. A. (2010). Operational Capabilities: Hidden in Plain View. *Business Horizons*, 53(3), 247-256.

Grande Esteban, I., y Abascal Fernandez, E. (2011). *Fundamentos y Tecnicas de Investigacion Comercial*. Madrid: ESIC.

Grant, R. M. (1991). The resource-based theory of competitive advantage: implication for strategy formulation. *California Management Review*, 33 (3), 114-135.

Helfat, C. E., y Peteraf, M. A. (2003). The dynamic resource-based view: Capability Lifecycles. *Strategic Management Journal*, 24 (10), 997-1010.

INEGI. (2007). *Estadísticas Económicas. Industria Maquiladora de Exportación*. : INEGI.

Itami, H., y Roehl, T. W. (1987). *Mobilizing Invisible Assets*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.

Jinhui Wu, S., Melnyk, S. A., y Flynn, B. B. (2010). Operational Capabilities: The Secret Ingredient. *Decision Sciences Journal*, 41(4), 721-754.

Li, S., Ragu-Nathan, B., Ragu-Nathan, T. S., y Subba Rao, S. (2006). The impact of supply chain management practices on competitive advantages and organizational performance. *The International Journal of Management Science*, 34, 107-124.

Liao, S.-h., Fei, W.-C., y Chen, C.-C. (2007). Knowledge sharing, absorptive capacity, and innovation capability: an empirical study of Taiwan's knowledge intensive industries. *Journal of Information Sciences*, 1-20.

Lin, C.-T., Chiu, H., y Chu, P.-Y. (2006). Agility index in the supply chain. *International Journal of Production Economics*, 100, 285-299.

Liu, H., Ke, W., Kee Wei, K., y Hua, Z. (2013). The impact of IT capabilities on firm performance: The mediating roles of absorptive capacity and supply chain agility. *Decision Support Systems*, 54, 1452-1462.

Makkonnen, H., Pohjola, M., Olkkonen, R., y Koponen, A. (2014). Dynamic capabilities and firm performance in a financial crisis. *Journal of Business Research*, 67, 2707-2719.

Mendoza Cota, J. E., y Calderón Villareal, C. (2000). Demanda regional de trabajo en la industria maquiladora de exportación en los estados de la frontera norte. *Frontera Norte*, 13(24), 59-83.

Nakano, M., Akikawa, T., y Shimazu, M. (2013). Process integration mechanisms in internal supply chains: case studies from a dynamic resource-based view. *International Journal of Logistics: Research and Applications*, 16(4), 328-347.

Parente, R. C., Baack, D. W., y Hahn, E. D. (2011). The effect of supply chain integration, modular production, and cultural distance on new product development: A dynamic capabilities approach. *Journal of International Management*, 17(4), 278-290. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.intman.2011.08.001>

Parmigiani, A., Klassen, R. D., y Russo, M. V. (2011). Efficiency meets accountability: Performance implications of supply chain configuration, control, and capabilities. *Journal of Operations Management*, 29(3), 212-223. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jom.2011.01.001>

Peng, D. X., Schroeder, R. G., y Shah, R. (2008). Linking routines to operations capabilities: A new perspective. *Journal of Operations Management*, 26 (6), 730-748.

ProMéxico Secretaría de Economía. (2013a). Industria de autopartes. Retrieved 25 de agosto, 2014, from http://mim.promexico.gob.mx/work/sites/mim/resources/LocalContent/356/2/130806_Industria_autopartes_ES.pdf

ProMéxico Secretaría de Economía. (2013b). Industria Electrónica 2013. Retrieved 25 de agosto, 2014, from http://mim.promexico.gob.mx/work/sites/mim/resources/LocalContent/290/2/131001_DS_Electronico_ES.pdf

ProMéxico Secretaría de Economía. (2013c). Industria Terminal Automotriz. Retrieved 25 de agosto, 2014, from http://mim.promexico.gob.mx/work/sites/mim/resources/LocalContent/69/4/130924_Diagnostico_automotriz_2013_ES.pdf

ces/LocalContent/69/4/130924_Diagnostico_automotriz_2013_ES.pdf

Schatan, C., y Castilleja, L. (2004). La industria maquiladora electrónica en la frontera norte de México y el medio ambiente. *CEPAL - SERIE Estudios y perspectivas*, 16, 43.

Simatupang, T. M., y Budyanto Widjaja, F. (2012). Benchmarking of Innovation Capability in the Digital Industry. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 65, 948-954.

Swafford, P. M., Ghosh, S., y Murthy, N. (2008). Achieving Supply Chain Agility through IT Integration and Flexibility. *International Journal of Production Economics*, 116, 288-297.

Swink, M., y Hegarty, W. H. (1998). Core manufacturing capabilities and their links to product differentiation. *International Journal of Operations and Production Management*, 18 (4), 374-396.

Teece, D. J., Pisano, G., y Shuen, A. (1997). Dynamic Capabilities and Strategic Management. *Strategic Management Journal*, 18(7), 509-533.

Tichá, I. (2010). Organizational capabilities as a source of competitive advantage: a conceptual framework. *Agricultural Economics*, 56(4), 159-162.

Villavicencio, D., y Casalet, M. (2005). La construcción de un entorno institucional de apoyo a la industria maquiladora. *Comercio Exterior*, 55(7), 600-611.

Winter, S. G. (2000). The Satisficing Principle in Capability Learning. *Strategic Management Journal*, 21(10-11), 981-996. doi: 10.1002/1097-0266(200010/11)21:10/11<981::AID-SMJ125>3.0.CO;2-4

Winter, S. G. (2003). Understanding Dynamic Capabilities. *Strategic Management Journal*, 24, 991-995.

Yang, J. (2014). Supply chain agility: Securing performance for Chinese manufacturers. *International Journal of Production Economics*, 150(0), 104-113. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2013.12.018>

Zahra, S. A., y George, G. (2002). Absorptive Capacity: A Review, Reconceptualization, and Extension. *The Academy of Management Review*, 27(2), 185-203. doi: 10.2307/4134351

Zollo, M., y Winter, S. G. (1999). From Organizational Routines to Dynamic Capabilities. Working paper, The Wharton School, Philadelphia.

Análisis del síndrome de *burnout*, molestias músculo esqueléticas y el contenido del trabajo en mandos medios y superiores de la industria maquiladora en Ciudad Juárez

Sonia Gabriela Valadez Torres¹, Aidé Aracely Maldonado Macías¹ Jorge Luis García Alcaraz¹,
Osslan Osiris Vergara Villegas¹, Angel Flores Abad¹

¹Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

Resumen

El Síndrome de *Burnout* y las molestias músculo esqueléticas han sido denominados como padecimientos que afectan tanto a las personas como a las empresas, presentando daños físicos y mentales e impactos económicos respectivamente. La presente investigación tiene como objetivo analizar la relación del contenido del trabajo con el Síndrome de Burnout y las molestias músculo esqueléticas en personal que ocupa posiciones en mandos medios y superiores de la industria maquiladora. Se analizará una muestra conformada por empresas del sector maquilador de la localidad, dicho análisis se llevará a cabo mediante la aplicación de un cuestionario el cual estará conformado por cuatro secciones: (1) cuestionario sobre variables del contenido del trabajo (JCQ); (2) cuestionario sobre variables del Síndrome de Burnout de Maslach Burnout Inventory (MBI); (3) formato sobre las molestias músculo esqueléticas, la evaluación del cuerpo de Marley y Kumar; (4) esa sección contiene información sobre datos demográficos. Al final de la investigación se espera obtener un modelo de ecuaciones estructurales que explique cada una de las relaciones de las variables de los factores del contenido del trabajo.

Palabras clave: Síndrome de Burnout, maquiladora, JCQ, MBI

Introducción

En este primer capítulo se presentan los antecedentes del estrés laboral, el Síndrome de Burnout y los efectos que tiene este sobre las molestias músculo esqueléticas. Así mismo, se presenta el planteamiento del problema, los objetivos, las preguntas de investigación, las hipótesis, la justificación y el alcance y delimitación de la investigación.

Antecedentes

En los últimos años se han presentado diversas enfermedades que han afectado notablemente al ambiente laboral; una de

éstas es el estrés laboral. Por definición, el estrés laboral es una enfermedad que perjudica la producción, al afectar la salud física y mental de los trabajadores cuando las exigencias del trabajo no igualan las capacidades, los recursos o necesidades del trabajador; asimismo, cuando el individuo percibe sus condiciones como una amenaza que excede sus recursos y capacidades (Calabrese, 2006). Esta enfermedad ha tomado mayor importancia en la actualidad, debido a la alta incidencia de empleados que la padecen. Asimismo, ha traído consigo una serie de consecuencias para las

empresas, tales como: la disminución en la producción, incremento en los costos, aumento de ausentismo, menor dedicación al trabajo y el aumento en la rotación del personal (García, Maldonado, Ramírez y Lozano, 2013; Llana, 2002).

Según Marrau (2009), las patologías del estrés laboral están relacionadas directamente al Síndrome de quemarse por el trabajo (SQT) también conocido como Síndrome de Burnout o Síndrome de Desgaste Profesional, este síndrome se define como respuesta al estrés laboral crónico y es uno de los riesgos psicosociales que han surgido de la actividad laboral. Se manifiesta en los profesionales que trabajan en contacto con los clientes o usuarios de la organización, los síntomas más característicos son: la pérdida de ilusión por el trabajo, agotamiento físico y emocional, actitudes negativas hacia los clientes y hacia las personas con las que trabaja (Gil Monte, 2005; Joffre, 2009).

Por otro lado, Maslach y Jackson (1981) definen el Burnout como una manifestación del estrés laboral y lo plantean como un síndrome tridimensional caracterizado por: agotamiento emocional, despersonalización y baja realización personal. El agotamiento emocional se puede describir como el hecho de sentirse agotado o sobrecargado emocionalmente al momento de estar en contacto con otras personas (Leiter, 1988). Por otro lado, el cinismo o despersonalización es un intento de poner distancia, se manifiesta por actitudes negativas en la relación con usuarios/clientes y la pérdida de motivación se incrementa (Maslach y Jackson, 1981).

Por último, la baja realización personal se define como la autoevaluación de los sentimientos de incompetencia y la falta de logros en el trabajo (Maslach y Leiter, 2008). Asimismo, el cansancio físico se caracteriza por una mayor susceptibilidad a la enfermedad, dolores de espalda, accidentes y frecuentes enfermedades virales (Buendía y Ramos, 2001).

Estos conceptos han sido analizados en diferentes estudios como el de (Lee y Akhtar, 2011) y (Jaworek, Marek, Karwowski, Andrzejczak y Genaidy, 2010) donde los primeros analizaron: Efectos del contexto social en el lugar del trabajo y el contenido del trabajo sobre el burnout en enfermeras, determinaron que el contenido del trabajo tenía un efecto significativo en las dimensiones del burnout. Asimismo, en el segundo estudio, los resultados obtenidos mostraron que la demanda de trabajo estaba positivamente relacionada con el Síndrome de Burnout y las molestias músculo esqueléticas. Asimismo, se encontró que, el Burnout se relaciona positivamente con las molestias músculo esqueléticas, mostrándose como un posible mediador en el desarrollo de las mismas.

Como se ha observado, estos desórdenes y enfermedades tienen un importante impacto tanto en las personas que las padecen como en las empresas para las cuales laboran. El presente estudio busca analizar si existe relación entre las dimensiones del Síndrome de Burnout y las molestias músculo esqueléticas en personal de mandos medios y superiores del sector maquilador de Ciudad Juárez, Chihuahua.

Planteamiento del Problema

Como se ha analizado anteriormente, tanto el Síndrome de Burnout como las molestias músculo esqueléticas, tienen un gran impacto en la sociedad. El padecimiento de estas enfermedades engloban una serie de efectos a diferentes niveles, tales como: el psicológico, físico y social tanto para el individuo como para las empresas.

El primer aspecto a considerar es el efecto que tiene este Síndrome Burnout y las molestias músculo esqueléticas en las personas que los experimentan. El Burnout genera depresión, cinismo, ansiedad, irritabilidad y dificultad de concentración. Dentro de los daños físicos que se pueden padecer se encuentran: insomnio, deterioro cardiovascular, úlceras, pérdida de peso, dolores musculares, tobillos hinchados, contracturas musculares, entre otras (Forbes, 2011; Llana, 2002; Maslach, 1982; World Health Organization, 2010). Por otro lado, las molestias músculo esqueléticas, producen molestias o dolor local y restricción de la movilidad, que pueden obstaculizar el rendimiento normal en el trabajo o en otras tareas de la vida diaria (Llana, 2002; Vicente, Díaz, Zimmermann, y Galiana, 2012). Asimismo, los problemas músculo esqueléticos y sobretodo en cuello/hombro y el dolor de espalda baja son muy prevalentes entre la población activa, dando como resultado; la disminución de la capacidad de trabajo, limitaciones de capacidad funcional, discapacidad crónica y la alteración de la calidad de vida (Baldwin, 2004; Waddell, 2006 citados por Melamed, 2009).

Con respecto al segundo, el efecto que tiene el Síndrome de Burnout y las molestias músculo esqueléticas en las empresas. El primero, repercute en los objetivos y los resultados de éstas, ocasiona la disminución en la calidad o productividad del trabajo, el aumento de ausentismo (Forbes, 2011; Marrau, 2009), el aumento de los conflictos interpersonales con los supervisores y compañeros, el aumento de la rotación laboral y el aumento de los accidentes laborales (Llana, 2002). Las molestias músculo esqueléticas repercuten en las empresas en el aspecto de: pérdida de tiempo, discapacidad, disminución en la productividad laboral, y un incremento en los costos de compensación al trabajador (Arenas y Cantú, 2013, citados por Valecillo, Quevedo, Lubo, Dos Santos, Montiel, Camejo, y Sánchez, 2009).

Entre la literatura analizada se encontraron diversos estudios en los cuales se han determinado las incidencias del Síndrome de Burnout en el aspecto psicológico, laboral e interpersonal en diferentes profesiones, sin embargo han sido limitados los estudios que se han realizado para analizar el impacto de este síndrome desde la perspectiva de la salud física de las personas que lo experimentan. Los estudios en los que se ha analizado la relación del Síndrome de Burnout con las molestias músculo esqueléticas, son los siguientes: Miranda, Viikari, Heistaro, Heliövaara, y Riihimäki, 2005; Melamed, 2009; Jaworek et al., 2010; Armon, Melamed, Shirom, y Shapira, 2010; Langballe, Innstrand, Hagtvet, Falkum, y Aasland, 2009; Soares y Jablonska, 2004; Honkonen, Ahola, Portovaara, Isometä, Kalimo, Nykyri,

Aromaa, y Lönnqvist, 2006. Es importante mencionar que la mayor parte son estudios que se realizaron en el extranjero, en sectores como el médico y la educación, quedando fuera el sector industrial.

De acuerdo a lo anterior, tanto el Síndrome de Burnout como las molestias músculo esqueléticas pueden afectar significativamente a las personas y a las empresas en las que estas laboran. De la misma forma, se pudo observar que existe una necesidad en México de estudios relacionados con estas enfermedades sobre todo si se analiza la situación desde el contexto de la industria maquiladora. Partiendo de lo anterior es que se decidió realizar el estudio sobre el Síndrome de Burnout y molestias músculo esqueléticas en la población de mandos medios y superiores de la industria maquiladora de Ciudad Juárez, Chihuahua.

Objetivos

Determinar las relaciones causales entre el contenido del trabajo, el Síndrome de Burnout y las molestias músculo esqueléticas y en mandos medios y superiores de la industria maquiladora en Ciudad Juárez, Chihuahua.

Determinar la relación causal entre el Síndrome de Burnout y las molestias músculo esqueléticas.

Determinar cómo se relacionan las dimensiones del contenido de trabajo con la aparición de las molestias músculo esqueléticas.

Determinar cómo se relacionan las dimensiones del contenido del trabajo con el Síndrome de Burnout.

Preguntas de Investigación

¿Cómo es la relación causal entre el Síndrome de Burnout y las molestias músculo esqueléticas?

¿Cómo es la relación entre las dimensiones del contenido de trabajo y la aparición de las molestias músculo esqueléticas?

¿Cómo es la relación entre las dimensiones del contenido del trabajo y el Síndrome de Burnout?

Hipótesis

Las dimensiones del JCQ tiene relación directa con el con el Síndrome de Burnout y las molestias músculo esqueléticas en mandos medios y superiores de la industria maquiladora en Ciudad Juárez, Chihuahua.

Ho: Las dimensiones positivas del JCQ tienen relación negativa con las dimensiones del Síndrome de Burnout y las molestias músculo esqueléticas.

Ha: Las dimensiones negativas del JCQ tienen una relación positiva con las dimensiones del Síndrome de Burnout y las molestias músculo esqueléticas.

Existe una relación positiva entre el Síndrome de Burnout y las molestias músculo esqueléticas.

Existe una relación positiva entre las dimensiones del contenido de trabajo y la aparición de las molestias músculo esqueléticas.

Existe una relación positiva entre las dimensiones del contenido del trabajo y el Síndrome de Burnout.

Justificación

La importancia de esta investigación recae en que podría beneficiar al sector maquilador en una medida significativa, dado que las empresas tendrán mayor conocimiento sobre las variables que influyen en el Síndrome de Burnout y las molestias músculo esqueléticas. Con esta información podrán tomar acciones preventivas, generar y guiar programas de ayuda y tratamiento para disminuir la presencia de estas enfermedades dentro de las industrias.

De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2010), los estudios y revisiones sistemáticas han indicado que el

estrés en el trabajo se asocia con las enfermedades del corazón, la depresión, y los molestias músculo esqueléticas y existe evidencia de que las altas demandas de trabajo, el bajo control y desequilibrio esfuerzo-recompensa son factores de riesgo para los problemas de salud física y mental.

Alcance y Delimitación

El alcance del presente proyecto consiste en el estudio de las dimensiones JCQ, el Síndrome de Burnout y las molestias músculo esqueléticas en el personal que ocupa las posiciones de mandos medios o superiores en la industria maquiladora.

El proyecto estará limitado a las empresas que pertenezcan al sector maquilador en Ciudad Juárez y que nos permitan aplicar las encuestas en los horarios que nos indiquen.

Revisión de Literatura

Definición de estrés laboral

El estrés laboral se presenta como una enfermedad derivada del exceso de exigencias y presiones en el trabajo o por problemas de índole organizacional. De esta forma el trabajador comienza a experimentar vivencias negativas asociadas al contexto laboral, entre las cuales se destacan las siguientes: apatía en el trabajo, dificultades en las relaciones interpersonales, disminución en el rendimiento laboral, tristeza, depresión e insatisfacción laboral (Rodríguez, Doval y Molerio, 2002).

Definición del Síndrome de Burnout

De acuerdo con Llana (2002), en el año de 1974 se fija el origen del estudio de Burnout denominándose a Herber Freudenberg como el autor que inició dicho estudio en un colectivo de jóvenes voluntarios de una clínica de desintoxicación; encontrando que los jóvenes presentaban cuadros de insomnio, fatiga, jaquecas, problemas estomacales, enfados, alteraciones, entre otros., con esto se deduce que hace tiempo que se inició la investigación acerca del Síndrome de Burnout, habiéndose registrado un desarrollo considerable de la investigación al respecto en los últimos años.

De la misma forma Maslach, Schaufeli y Leiter (2001), describen el Síndrome de Burnout como una respuesta prolongada a estresores crónicos emocionales e interpersonales en el trabajo. En la actualidad, el Síndrome de Burnout es considerado como uno de las principales fuentes potenciales de problemas, a nivel fisiológico, cognitivo, emocional y conductual (Gil-Monte y Peiró, 1997 citados por Guerrero, 2001).

Dimensiones del Síndrome de Burnout

El Síndrome de Burnout, se considera con un síndrome constituido por tres dimensiones: El agotamiento emocional, la despersonalización y la baja de realización personal (Maslach y Jackson, 1981), las cuales se describen a continuación:

Agotamiento emocional: se refiere a una reducción de los recursos emocionales y al sentimiento de que no tenemos nada que ofrecer a los demás, acompañados de manifestaciones somáticas y psicológicas, como el abatimiento, la ansiedad, sensaciones de sobre esfuerzo y cansancio emocional (Barraza, Carrasco, y Arreola, 2007; Caputo, 1991; Maslach y Jackson, 1981).

Despersonalización: se refiere al desarrollo de actitudes negativas y de insensibilidad hacia los clientes o receptores de servicios, se asocia con una actitud un tanto cínica e impersonal (Barraza et al., 2007; Maslach y Jackson, 1981).

Baja realización personal: se refiere a la percepción de que las posibilidades de logro en el trabajo han desaparecido, junto con las

vivencias de fracaso, sentimientos de baja autoestima y de incapacidad (Barraza et al., 2007; Maslach y Jackson, 1981).

Las molestias musculo esqueléticas en la industria

Los trastornos músculo esqueléticos son descritos como; una lesión o trastorno de los músculos, nervios, tendones, articulaciones, cartílagos y estructuras de apoyo como los discos intervertebrales (Jaworek et al., 2010; Valecillo et al., 2009). Pese a sus varias formas de aparición, se puede simplificar su clasificación en dos grupos: los traumatismos de tipo acumulativos (de extremidades inferiores y superiores) y las lesiones dorsolumbares (Llaneza, 2002).

Cuestionario del contenido del trabajo

El Cuestionario del Contenido del Trabajo o JCQ, por sus siglas en inglés (Job Content Questionnaire), es un instrumento auto-administrado, diseñado para medir las características sociales y psicológicas de los puestos de trabajo (Karasek, Brisson, Kawakami, Houtman, Bongers, y Amick, 1998).

Escalas del cuestionario del contenido del trabajo

El JCQ consta de cinco escalas; las mayormente conocidas son: (a) libertad de decisión, (b) demandas psicológicas, y (c) apoyo social, éstas son utilizadas para medir la alta demanda/control bajo/soporte bajo en el modelo del desarrollo de estrés laboral. Otros aspectos de las demandas de trabajo son evaluadas por; (d) las demandas físicas, y (e) la inseguridad laboral.

Modelo de ecuaciones estructurales

El Modelo de Ecuaciones Estructurales o SEM, por sus siglas en inglés (Structural Equation Modeling) utiliza diversos tipos de modelos para describir las relaciones entre las variables observadas, con el objetivo básico de proporcionar una prueba

cuantitativa de un modelo teórico planteado por el investigador. De manera más específica, en SEM se pueden probar diversos modelos teóricos que se plantean como conjuntos de variables que definen constructos y cómo estos constructos son relacionados entre sí (Schumacker y Lomax, 2010).

Materiales y Método

Materiales

El cuestionario

El cuestionario que se aplicará estará dividido en cuatro secciones, las cuales estarán conformadas por: (1) Contenido del trabajo (JCQ) de Karasek, et al. (1998); (2) Maslach Burnout Inventory (MBI) de Maslach y Jackson (1981); (3) formato de evaluación del cuerpo de Marley y Kumar (1996); (4) esa sección contiene información sobre datos demográficos como: escolaridad, edad, sexo, estado civil, entre otras.

El software de análisis

El procesamiento y análisis de la información se realizará mediante el uso de los siguientes software: SPSS versión 18.0, Microsoft Excel versión 2010, AMOS versión 20.0, WarpPLS versión 4.0 y Minitab versión 16.0.

Métodos

Se realizará un estudio descriptivo, exploratorio, transversal y correlacional, ya que se busca conocer si existe relación entre las variables de estudio. En la figura 1 se muestra un bosquejo de la metodología que se seguirá.

Resultados

En cuanto a los resultados esperados, al final de la investigación se espera obtener un modelo de ecuaciones estructurales, el cual determine la relación que existe entre las dimensiones del burnout, las molestias músculo esqueléticas y las dimensiones del contenido del trabajo.

Una vez generado el modelo, se analizará e informará a las empresas para que éstas tengan conocimiento de los posibles padecimientos y puedan llevar a cabo las acciones preventivas correspondientes.

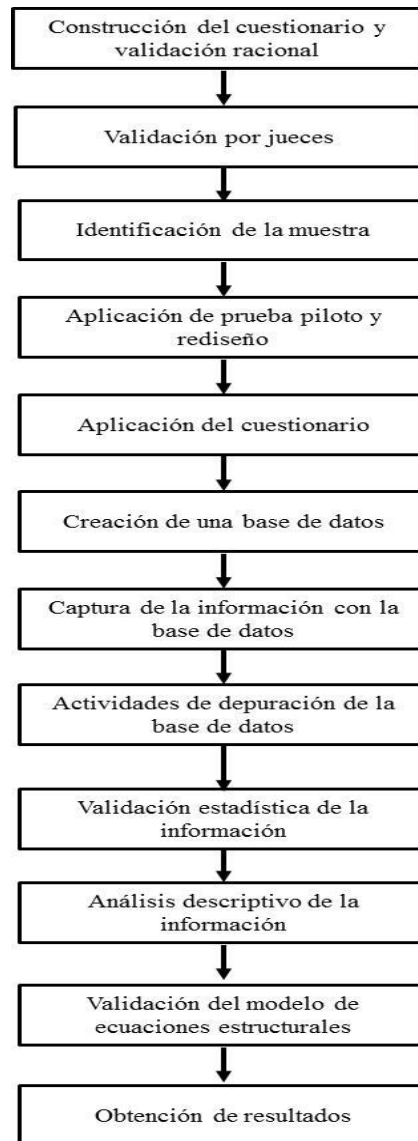


Figura 1. Bosquejo de la metodología del proyecto

Referencias

Arenas, L., y Cantú, O. (2013). Factores de riesgo de trastornos musculoesqueléticos crónicos laborales. *Medicina Interna de México*, 29(4), 370-379.

Armon, G., Melamed, S., Shirom, A., y Shapira, I. (2010). Elevated burnout predicts the onset of musculoskeletal pain among apparently healthy employees. *Journal of Occupational Health Psychology*, 15(4), 399-408.

Baldwin, M.L. (2004). Reducing the costs of work-related musculoskeletal disorders; targeting strategies to chronic disability cases. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 14, 33-41.

Barraza, A., Carrasco, R., y Arreola, M. G. (2007). Síndrome de burnout: un estudio comparativo entre profesores y médicos de la ciudad de Durango. Universidad Pedagógica de Durango.

Buendía, J., y Ramos, F. (2001). Empleo, estrés y salud. Madrid: Pirámide.

Calabrese, G. (2006). Impacto del estrés laboral en el anestesiólogo. *Revista Colombiana de Anestesiología*, 34(4), 233-240.

Caputo, J.S. (1991). Stress and burnout in library service. Phoenix: Orix Press.

Forbes, R. (2011). El síndrome de burnout: síntomas, causas y medidas de atención en la empresa. *Éxito empresarial*, 160.

García, B., Maldonado, S., Ramírez, M. y Ramírez, M. (2013). Diagnóstico del nivel de estrés laboral y su relajación con el apoyo social percibido en trabajadores de la salud mexicanos. *Global Conference on Business and Finance Proceedings*, 8(1).

Gil Monte, P.R. (2005). El síndrome de quemarse por el trabajo, (burnout). Una enfermedad laboral en la sociedad del bienestar. Madrid: Pirámide.

Gil-Monte, P., y Peiró J.M. (1997). *Desgaste psíquico en el trabajo*. Madrid: Síntesis de Psicología.

Guerrero, E. (2001). Síndrome de "Burnout" o desgaste profesional y afrontamiento del estrés en el profesorado. España: Universidad de Extremadura.

Honkonen, T., Ahola, K., Portovaara, M., Isometä, E., Kalimo, R., Nykyri, E., Aromaa, A., y Lönnqvist, J. (2006). The association between burnout and physical illness in the general population results from the Finnish Health 2000 study. *Journal of Psychosomatic Research*, 61, 59-66.

Jaworek, M., Marek, T., Karwowski, W., Andrzejczak, C., y Genaidy, A.M. (2010). Burnout syndrome as a mediator for the effect of work-related factors on musculoskeletal complaints among hospital nurses. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 40, 368-375.

Joffre, V. (2009). Síndrome de burnout en profesionales de la salud en el hospital Dr. Carlos Canseco. Tesis de doctorado no publicada, Tampico: Universidad Granada.

Karasek, R., Brisson, Ch., Kawakami, N., Houtman, I., Bongers, P., y Amick, B. (1998). The job content questionnaire (JCQ): An instrument for internationally comparative assessments of psychosocial job characteristics. *Journal Occupational Health Psychology*, 3(4), 322-355.

Langballe, E.M., Innstrand, S.T., Hagtvet, K.A., Falkum, E., y Aasland, O.G. (2009). The relationship between burnout and musculoskeletal pain in seven Norwegian occupational groups. *Work*, 32, 179-188.

Lee, J., y Akhtar, S. (2011). Effects of the workplace social context and job content on nurse burnout. *Human Resource Management*, 50(2), 227-245.

Leiter, M. (1988). Burnout as a function of communication patterns. *Group & organization management*, 13(1), 11-128.

Llaneza, F.J. (2002). *Ergonomía y Psicología aplicada*. Manual para la formación de especialista. España: Editorial Lex Nova.

Marley, R.J., y Kumar, N. (1996). An improved musculoskeletal discomfort assessment tool. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 17, 21-27.

Marrau, M. (2009). El síndrome de quemarse por el trabajo (burnout), en el marco contextualizador del estrés laboral. *Fundamentos en humanidades*, 19(1), 167-177.

Maslach C. (1982). *Burnout: the cost of caring*. New York: Prentice Hall.

Maslach, C., Schaufeli, W.B., Leiper, M. P. (2001). Job burnout. *Annu. Rev. Psychol*, 52, 397-422.

Maslach, C., y Jackson, S.E. (1981). *MBI: Maslach Burnout Inventory*. Manual. Palo Alto:

University of California, Consulting Psychologist Press.

Maslach, C., y Leiter, M.P. (2008). Early predictors of job burnout and engagement. *Journal of applied Psychology*, 93(3), 498-512.

Melamed, S. (2009). Burnout and risk of regional musculoskeletal pain a prospective study of apparently healthy employed adults. *Stress and Health*, 25, 313-321.

Miranda, H., Viikari, E., Heistaro, S., Heliövaara, M., y Riihimäki, H. (2005). A population study on differences in the determinants of a specific shoulder disorder versus nonspecific shoulder pain without clinical findings. *American Journal of Epidemiology*, 161(9), 847-855.

Organización Mundial de la Salud – OMS (2010). Health impact of psychosocial hazards at work: an overview. Recuperado en http://whqlibdoc.who.int/publications/2010/9789241500272_eng.pdf [Acceso el día 18 de Marzo del 2014].

Organización Mundial de la Salud – OMS Europa (2010). Mental health and well-being at the workplace- protection and inclusion in challenging times. Recuperado en http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0018/124047/e94345.pdf [Acceso el día 19 de Marzo del 2014].

Rodríguez, R., Doval, Y., y Molerio, O. (2002). Estrés laboral, consideraciones sobre sus características y formas de afrontamiento. *Revista internacional de Psicología*, 3(1).

Schumacker, R.E., y Lomax, R. G. (2010). *A beginner's guide to structural equation modeling*. New York. London: Roudtledge Taylor & Francis Group.

Soares, J.J.F., y Jablonska, B. (2004). Psychosocial experiences among primary care patients with and without musculoskeletal disorders. *European Journal of Pain*, 8, 79-89.

Valecillo, M., Quevedo, A.L., Lubo, A., Dos Santos, A., Montiel, M., Camejo, y Sánchez, M. (2009). Síntomas musculoesqueléticos y estrés laboral en el personal de enfermería de un hospital militar. *Salud trab. (Macaray)*, 17(2), 85-95.

Vicente, A., Diaz, C., Zimmermann, M., y Galiana, L. (2012). El trastorno musculoesquelético en el ámbito laboral en cifras. Departamento de información e investigación del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. MEISS. Gobierno de España.

Waddell, G. (2006). Preventing incapacity in people with musculoskeletal disorders. *British Medical Bulletin*, 77/78, 55–69..

Estimación de las fuerzas de agarre y pinzamiento de una muestra de población adulta del estado de Chihuahua para elaborar guía de diseño de trabajos y herramientas manuales

Elsa Isamar Ramírez Campa¹, Gabriel Ibarra Mejía¹, Antonio Guerra Jaime¹

¹Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

Resumen

El propósito de este proyecto es generar un perfil antropométrico de fuerzas de agarre y pinzamiento de la población adulta del estado de Chihuahua, el estudio es de tipo descriptivo, observacional, transversal y prospectivo. Se tomarán las mediciones para dos grupos etarios en ambos sexos (18 a 24 años y 18 a 65 años) y una vez capturados los datos se analizarán estadísticamente mediante pruebas de normalidad, además se generarán medidas de tendencia central, de dispersión y percentiles. Se pretende que el resultado de este proyecto sirva como guía para el diseño y rediseño de trabajos y herramientas, con el fin de disminuir el número de lesiones musculoesqueléticas.

Palabras clave: Antropometría, diseño de trabajos, diseño de herramientas.

Introducción

De acuerdo con Kumar y Narayan (1998) citado por Ibarra et al. (2013), la fuerza es una actividad que requiere de esfuerzos físicos. La exposición a tareas manuales altamente repetitivas puede ocasionar un sobreesfuerzo, no importando que el esfuerzo sea de nivel bajo. Lo anterior se debe a que estos esfuerzos son parte de una tarea manual que se realiza constantemente y que representa diferentes proporciones de los niveles de la contracción máxima voluntaria para diferentes trabajadores, excediendo sus niveles fisiológicos y de tolerancia e incrementando el riesgo de desarrollar un desorden por trauma acumulativo.

Las fuerzas de la mano se dividen en fuerzas de agarre y pinzamiento, y éstas son

ampliamente usadas en actividades que se realizan en el día a día (Walker y Nicolay, 2005; Seo, Engel y Enders, 2011; Nilsen, Hermann, Eriksen, Dagfinrud, Mowinckel y Kjekken, 2012) además son consideradas como indicadores esenciales del funcionamiento de la mano (Ding, Leino-Arjas, Murtomaa, Takala y Solovieva, 2013; Chen, Austin, Brooks, Morgan, Sanders, Swan y Vanderslice, 2010).

Los principios biomecánicos indican que el riesgo de desarrollar un desorden por trauma acumulativo en las extremidades superiores puede ser mitigado mediante el diseño de herramientas y tareas que reduzcan el esfuerzo manual, basándose en consideraciones antropométricas (Grant, Habes y Steward, 1992). Por lo que la

medición y evaluación de las fuerzas manuales puede ayudar a identificar el riesgo de sufrir estos desordenes (Walker y Nicolay, 2005), los cuales afectan la productividad y salud de los trabajadores, además de ocasionar costos directos e indirectos a las compañías (Ibarra, Fernández, Marley, Noriega, Ware y Torres, 2013).

Este proyecto tiene como objetivo generar un perfil antropométrico de fuerzas de agarre y pinzamiento, en forma de tablas, de la población activa del estado de Chihuahua, que sirva como una guía que pueda aplicarse en el diseño relacionado con tareas manuales y el uso de herramientas.

Antecedentes

Hovell et al. (1988), citado por Liu, Sánchez y Parga (1999), encontró mayor prevalencia significativa de síntomas musculoesqueléticos en trabajadores de la industria maquiladora. Un factor contribuyente es el hecho de que la mayoría se adquiere de otros países y su uso no es adecuado para los trabajadores mexicanos, por lo que los sitios de trabajo y herramientas que fueron diseñadas en un principio para una población específica pueden resultar difíciles de usar para otra población con diferentes características antropométricas, obligándolos a asumir posturas inadecuadas o ejercer una mayor fuerza para compensar las diferencias de dimensiones corporales.

En estudios previos (Ibarra, et al. 2009; Ibarra et al., 2010; Ibarra et al., 2012) se encontró que las fuerzas de agarre de una

muestra de adultos jóvenes de la población del Norte de México son menores en comparación con otras poblaciones como Estados Unidos (Mathiowetz et al., 1985), Inglaterra (Universidad de Nottingham, 2000) y Brasil (Schlussel et al., 2008).

Existen además estudios que indican que el agarre repetitivo con fuerzas elevadas incrementan significativamente el riesgo de desórdenes musculoesqueléticos de los miembros superiores relacionados con el trabajo (Bernard, 1997).

Planteamiento del Problema

Durante las últimas décadas se han podido distinguir cambios importantes en la naturaleza del trabajo industrial, uno de ellos es que la fuerza muscular humana se ha ido sustituyendo cada vez más por máquinas. Sin embargo, a pesar de que el trabajo no es tan pesado como lo era hace 40 años, los trastornos musculoesqueléticos siguen siendo un problema persistente en la actualidad (Pheasant y Haslegrave, 2006).

Actualmente no existen estudios específicos para las diferentes poblaciones y grupos etarios, por lo que se pretende generar un perfil antropométrico de fuerzas de agarre y pinzamiento de la población adulta del estado de Chihuahua que sirva como una guía para el diseño de trabajo y herramientas, y de esta forma disminuir el número de lesiones musculoesqueléticas que se asocian con él.

Objetivos

El presente proyecto de investigación consta de un objetivo general que se llevará a cabo mediante la realización de objetivos

específicos, mismos que se describen a continuación.

Estimar la fuerza de agarre y pinzamiento de una muestra de la población adulta del estado de Chihuahua, para dos grupos etarios (18 a 24 y 18 a 65) en ambos sexos, con el fin de generar tablas antropométricas de fuerzas que sirvan como una guía que pueda aplicarse en el diseño y rediseño ergonómico de tareas manuales, así como de herramientas.

- Seleccionar a conveniencia universidades y empresas para determinar la muestra de la población adulta del estado de Chihuahua.
- Estimar las mediciones de las fuerzas musculares de la población para dos grupos etarios en ambos sexos (18 a 24 años y 18 a 65 años) para recabar los datos.
- Capturar los datos recabados para elaborar una matriz que permita analizar los datos estadísticamente mediante un software.
- Generar las tablas antropométricas de las fuerzas medidas para generar guía de diseño.

Pregunta de Investigación

¿Estadísticamente, cómo son las fuerzas de agarre y pinzamiento de la población adulta del estado de Chihuahua?

Justificación

La determinación y conocimiento de la fuerza de prensión de la mano es de importancia en el diseño de tareas y herramientas manuales (Salinas, Vargas, Aveytia e Ibarra, 2009). Sin embargo, hasta la fecha no se tiene el conocimiento de estudios sobre las características de los esfuerzos musculares aplicados con las manos y brazos, datos que son muy importantes para aplicarse en el diseño y rediseño ergonómico de tareas manuales, cuya existencia en nuestro país es muy amplia debido al bajo nivel tecnológico que existe en la mayoría de las empresas e industrias.

De ahí la importancia de contar con tablas antropométricas de la fuerza manual de agarre, pinzamiento y de empujar-jalar de la población activa del estado Chihuahua que ayude en el diseño de las condiciones de trabajo óptimas así como en el diseño de herramientas necesarias para llevar a cabo tareas específicas.

Alcance y Delimitación

El objetivo del proyecto es generar tablas antropométricas de las fuerzas de agarre y pinzamiento de la población activa del estado de Chihuahua. Únicamente se incluyen dos grupos etarios que van desde la edad de 18 hasta 65 años, los cuales deberán pertenecer, al menos, a la segunda generación nacida dentro del estado.

Revisión de Literatura

Antropometría

La palabra antropometría significa medición del cuerpo humano, y se deriva de las palabras griegas “anthropos” hombre y “metron” medir (Bridger, 1995). La antropometría es la rama de las ciencias humanas que se ocupa de las medidas del cuerpo, como lo son el tamaño corporal, forma, fuerza, movilidad y flexibilidad y capacidad de trabajo (Pheasant y Haslegrave, 2006).

Fuerza

La fuerza muscular es el término comúnmente usado para referirse a la tensión máxima que el músculo puede desarrollar voluntariamente entre su origen y su inserción (Kroemer, 2003). La fuerza segmentaria se refiere a la fuerza o torque que puede ser aplicado por un segmento corporal a un objeto externo al cuerpo, dicho segmento se identifica como mano, codo, hombro, espalda, pie, entre otros. Cada segmento corporal realiza un función específica, por ejemplo la mano humana es capaz de realizar una gran variedad de actividades, desde aquellas que requieren un control preciso hasta las que exigen grandes esfuerzos musculares (Kroemer, 2003). De acuerdo con Pheasant y Haslegrave (2006), la fuerza de la mano es diferente dependiendo de la persona que la ejerza.

Protocolos de medición

Mathiowetz (1985) citado por Salinas, Vargas, Aveytia, e Ibarra (2010), indica que el registro más fiable de medición es el promedio de tres intentos, el sujeto debe estar de pie confortablemente con los hombros aducidos y sin rotación, el codo flexionado en 90° y antebrazo y muñeca en posición neutral. La fuerza se debe ejercer gradualmente durante cinco segundos y descansar por un minuto considerando la fatiga muscular presentada.

Otro protocolo es el propuesto por Caldwell, en el que el individuo permanece en la misma posición mencionada en el protocolo de Mathiowetz, la diferencia es que se le pide realizar su fuerza máxima, la cual debe mantener por tres segundos, y se registra el valor máximo obtenido (Caldwell, y otros, 1974).

El Protocolo de Caldwell es uno de los más aceptados para la medición de fuerzas (Fernández et al., 2010). Las instrucciones de este protocolo consisten en:

- 1) Generar fuerza gradualmente los primeros 3 segundos
- 2) Durante los últimos 2 segundos sostener dicha fuerza.

Materiales y Métodos

Diseño

El estudio será de tipo descriptivo, observacional, transversal y prospectivo y se llevará a cabo para determinar el perfil antropométrico de fuerzas de la población activa del estado de Chihuahua. Se dividirá a la población en grupos etarios y sexo, de los cuales se seleccionarán solamente dos de ellos para la toma de mediciones: 18 a 24 años y 18 a 65 años. Se tomarán las fuerzas que posteriormente se capturarán y analizarán con el fin de generar una guía para el diseño de trabajos y herramientas.

Participantes

La muestra será incidental y estará conformada por participantes voluntarios que pertenecen, mínimo, a la segunda generación nacida dentro del estado de Chihuahua. A cada candidato se le entregará y explicará una hoja de consentimiento informado, para que esté enterado de la importancia de su participación en el proyecto, así como de las implicaciones y beneficios del mismo. Si la persona está de acuerdo en participar, entonces él y un testigo deberán firmar la hoja de consentimiento.

Materiales y equipos

- Hoja de consentimiento informado
- Formato de información demográfica y captura de datos
- Dinamómetro de agarre
- Dinamómetro de pinzamiento

- Cronómetro
- Microsoft® Excel (2013)
- Minitab® (2014)

Método

Se realizará una certificación en antropometría y medición de fuerzas para garantizar la correcta toma de las muestras. Posteriormente se seleccionarán universidades y empresas en las que se pretende realizar el proyecto.

Una vez obtenida la autorización, se hará la selección de participantes y la firma de hojas de consentimiento, para después proceder a realizar la toma de mediciones de fuerza utilizando el equipo de medición necesario y aplicando el protocolo de Caldwell (Caldwell et al., 1974).

De acuerdo a la literatura revisada (Armstrong, 2002), (Kumar, 2001), (Kumar, 2002), (Domalaina, 2008), (Muñoz, de la Vega, Lopez, Ortiz, & Lucero, 2009) se tomarán los siguientes esfuerzos musculares máximos voluntarios:

- Fuerza de agarre: Con la mano derecha, el brazo-antebrazo flexionado a 90°, sujetando el dinamómetro de manera que se apoye en la palma de la mano y se ejerza la fuerza con las falanges medias, se realizarán tres esfuerzos, con un periodo de descanso de 2 minutos entre cada uno, y se calcula el promedio de los tres.

- Fuerza de empuje: sujetando el dinamómetro con la mano derecha, brazo-antebrazo a 90° en posición de pie, se efectuarán tres esfuerzos con un periodo de descanso de 2 minutos entre cada uno, y se calcula el promedio de los tres.
- Fuerza de prensión digital: Sujetando el dinamómetro digital entre los dedos pulgar, índice y medio, se realizarán 3 esfuerzos máximos, con un periodo de descanso de 2 minutos entre cada uno, y se calcula el promedio de los tres.

Análisis estadístico

Al terminar con la toma de mediciones se realizará la captura, revisión, corrección y procesamiento de los datos, estos serán analizados en los software Microsoft® Excel (2013) y Minitab® (2014). Primero se elaborará una matriz de análisis para realizar el análisis estadístico, se efectuarán pruebas de normalidad, además de generar medidas de tendencia central, de dispersión, percentiles (5, 50 y 95) y finalmente se generarán cartas antropométricas de fuerza para cada grupo etario seleccionado y sexo.

Resultados

Con este proyecto se pretende generar tablas antropométricas de las fuerzas de agarre y pinzamiento de la población activa del estado de Chihuahua. La finalidad es que sirvan como una guía que pueda aplicarse en el diseño de trabajo y

herramientas, de forma que éste sea óptimo y se disminuyan los riesgos de sufrir lesiones musculoesqueléticas.

Referencias

Armstrong, T. (2002). Biomechanics of hand work: force. Michigan, EU: University of Michigan.

Bernard, B.P., (1997). Musculoskeletal Disorders and Workplace Factors: A Critical Review of Epidemiologic Evidence for Work-Related Musculoskeletal Disorders of the Neck, Upper Extremity, and Low Back. National Institute of Occupational Safety and Health, Cincinnati, OH.

Bridger, R. S. (1995). *Introduction to Ergonomics*. United States of America: McGRAW-HILL.

Caldwell, L.S., Chaffin, D.B., Dukes-Dobos, F.N., Kroemer, K.H.E., Laubach, L.L., Snook, S.H., y Wasserman, D.E. (1974). A proposed

Standard Procedure for Static Muscle Strength Testing, American Industrial Journal, 35, 201-206.

Chen, W., Austin, A.A., Brooks, R.E., Carter, H.C., Morgan, M.K., Sanders, D.J., Swan, C.A. y Vanderslice, A.L. (2010). Maximum Grip Strength in Normal Subjects from 20 to 64 years of age. Recuperado el 2 de Septiembre de 2014 de Science Direct.

Ding, H., Leino-Arjas, P., Murtomaa, H., Takala, E. y Solovieva, S. (2013). Variation in work tasks in relation to pinch grip strength among middle-aged female dentists. Applied Ergonomics, 44, 977-981. Recuperado el 2 de Septiembre de 2014 de Science Direct.

Fernández, J.E., Marley, R.J., Noriega, S. e Ibarra, G. (2010). *Ergonomía Ocupacional: Diseño y Administración del Trabajo*. Ciudad Juárez, Chihuahua, México: Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

Ibarra, G., Fernández, J., Marley, R., Noriega, S., Ware, B., y Torres, V. Grip and Pinch Strength in Northern Mexican Adults. En: *Annual World Conference of the Society for Industrial and Systems Engineering (2°, 2013, Las Vegas, Nevada, USA)*. Las Vegas, Nevada, USA, 2013. pp.169-174.

Ibarra-Mejía, G., Fernandez, J.E., Marley, R.J., Ware, B.F., Vazquez-Salinas, A.G., y Navarro-Hernandez, I. (2012). Differences in hand and key pinch strength between sitting and standing positions in a sample of healthy Mexican young adults. En: *The 1st Industrial And Systems Engineering World Conference Proceedings*, p. 134-138.

Ibarra-Mejía, G., Fernandez, J.E., Ware, B.F., Mital, A., Marley, R.J., Gomez-Bul, K.G., y Salinas-López, I.N. (2010). Power and pinch grip assessment in a group of healthy Mexican workers. En: *Proceedings of the 15th Annual International Conference on Industrial Engineering Theory, Applications and Practice*, p. 506-511.

Ibarra-Mejía, G., Muñoz, G.E., Najera, M., Lopez-Jimenez, S., Fernandez, J.E., Marley, y R.J., Noriega, S.A. (2009). Power and pinch grip assessment in a group of healthy Mexican Young adults. En: *Proceedings of the XXIst Annual International Occupational Ergonomics and Safety Conference*, p. 129-125.

Kroemer, K.H.E. (2003). Human Strength Evaluation. En Karwowski, W. y Marras, W.S. (Ed.), *Occupational Ergonomics: Principles of Work Design* (pp.11-1 - 11-23). Boca Raton, FL: CRC Press.

Kumar, S. (2001). Theories of musculoskeletal injury causation *Ergonomics* 44 , 17-47.

Kumar, S. (2002). *Muscle Strength*. CRC Press.

Liu, W.C.V., Sanchez, D. y Parga, G. (1999). Anthropometry of female maquiladora workers. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 24, 273-280.

M. Domalaina, L. V. (2008). Effect of object width on precision grip force and finger posture. *Ergonomics* , 1441-1453.

Mathiowetz, V., Kashman, N., Volland, G., Weber, K., Dowe, M. & Rogers, S. (1985). Grip and Pinch Strength: Normative Data for Adults. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 66, 69-72.

Melchor, M., Figueroa, V., Martínez, J., Ríos, A., Vázquez, J., Hernández, M., Baeza, R., Hernández, S., Goytia, S., García, D., Hernández, J., Ibarra, G., Hernández, M., Echeverría, J., López, J. y Casique, A. (2012). *Ingeniería Industria para Ingenieros no Industriales*. Celaya, Gto.

Microsoft®. (2013). Microsoft Excel (365) [software]. Retrieved from <http://office.microsoft.com/>

Minitab®. (2014). Minitab (17) [software]. Retrieved from <http://www.minitab.com/>

Muñoz, L., de la Vega, E., Lopez, F. O., Ortiz, B. A., & Lucero, K. (2009). Fuerza máxima de agarre con mano dominante y no dominante. XV Congreso Internacional de Ergonomía SEMAC, 1-16.

Nilsen, T., Hermann, M., Eriksen, C.S., Dagfinrud, H., Mowinckel, P. y Kjekken, I. (2012). Grip force and pinch grip in an adult population: Reference values and factors associated with grip force. *Scandinavian Journal of Occupational Therapy*, 19, 288-296. Recuperado el 2 de Septiembre de 2014 de Science Direct.

Pheasant, S., y Haslegrave, C. (2006). *Bodyspace: Anthropometry, ergonomics and the design of work*. Boca Raton, FL: CRC Press.

Salinas, I., Vargas, C., Aveytia, B. e Ibarra, M. (2010). Determinación del nivel óptimo de abertura de dinamómetro hidráulico manual para la medición de fuerza máxima de agarre. Recuperado el 10 de Octubre de 2014.

Schlusssel, M.M., Dos Anjos, L.A., Leite de Vasconcellos, M.T., & Kac, G. (2008). Reference values of handgrip dynamometry of healthy adults: A population-based study. *Clinical Nutrition*, 27, 601-607.

Seo, N.J., Engel, A.K. y Enders, L.R. (2011). Grip Surface Affects Maximum Pinch Force. *Human Factors*, 53, 740-748. Recuperado el 2 de Septiembre de 2014 de Science Direct.

University of Nottingham. (2000). Strength Data for Design and Safety. Disponible en: <http://www.berr.gov.uk/files/file21830.pdf>

Walker, A.L. y Nicolay, C.W. (2005). Grip Strength and endurance: Influences of anthropometric variation, hand dominance, and gender. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 35, 605-618. Recuperado el 2 de Septiembre de 2014 de Science Direct.

Wu, S., Wu, S., Liang, H., Wu, Z. y Huang, S. (2008). Measuring factors affecting grip strength in a Taiwan Chinese population and a comparison with consolidated norms. *Applied Ergonomics*, 40, 811-815. Recuperado el 2 de Septiembre de 2014 de Science Direct.

Aplicación del diseño por mezclas en la industria alimentaria

Erika Jannice Puente Ramírez¹, Roberto Romero López¹, Manuel Iván Rodríguez Borbón¹, Héctor Alejandro Trejo Mandujano¹

¹Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

Introducción

La investigación científica es utilizada para la búsqueda de conocimientos y soluciones a diferentes problemas, uno de sus elementos clave es la experimentación y es fundamental para dar una explicación a una causa presentada ante algún fenómeno. La experimentación se basa en el método científico, en el cual el experimento es un procedimiento que trata de comprobar una hipótesis relacionada con un determinado fenómeno, mediante el análisis de diferentes variables. Los modelos de diseños de experimentos tienen como objetivo averiguar si determinados factores influyen en la variable de interés.

En este proyecto se estudiará el diseño de experimentos por mezcla, como método para la optimización de procesos, logrando como resultado final la satisfacción del cliente basándose en la calidad de los productos como respuesta.

Antecedentes

En los últimos años, la competitividad en el mercado industrial ha tenido un crecimiento exponencial debido a la globalización. Este proceso, genera que las industrias se esmeren en cubrir las exigencias de sus clientes ante un producto o servicio. Traducido al lenguaje industrial de

producción, el nivel de conformidad del cliente al realizar una compra cuyo término es conocido como la satisfacción del cliente, ha incrementado debido a diversos factores como el desarrollo tecnológico, la implementación de normas y nuevas necesidades.

La satisfacción del cliente implica que los productos sean de calidad; es decir, que sean capaces de cumplir con las especificaciones definidas por ellos mismos. Para cumplir con esto es necesario conocer los requerimientos del cliente, por lo que a partir de esta necesidad surge el concepto VOC (por las siglas en inglés *voice of the customer*) que significa la voz del cliente. Según George, Rowlands, Price & Maxey (2005), el propósito de esta herramienta es averiguar el motivo por el que los clientes se preocupan, definir prioridades y metas de acuerdo a lo que el cliente requiere y determinar de qué manera se puede cumplir con esos requerimientos.

Una vez que las empresas tienen ese enfoque bien definido, invierten en el área de diseño grandes cantidades de capital, con el fin de mejorar la calidad y ahorrar dinero; sin embargo, el principal objetivo es cumplir con los requerimientos del cliente

para lo cual se requiere tener procesos más robustos. La satisfacción del cliente es la principal razón por la que el diseño, la investigación del producto, investigación de necesidades, el diseño de experimentos, análisis de resultados y el uso de distintas herramientas, etc., son actualmente de extrema importancia en las empresas.

Un diseño de experimentos según George, Rowlands, Price, & Maxey (2005) es una de las mejores herramientas utilizadas para la reducción de la variabilidad en los procesos. Permite conocer parámetros óptimos en los cuales debe operar el proceso, identificar aquellos factores que producen un gran impacto en la variable de respuesta, así como aquellos que no son tan significativos, sin embargo, si se conocen y se mejoran es posible brindar mayor calidad al producto. Se hace mención del concepto de la variabilidad, ya que los procesos por su naturaleza presentan causas de variación, ya sean comunes o especiales. Sin embargo, si un proceso presenta un nivel alto de variabilidad, indica que sus productos pueden presentar mayores defectos, lo cual conllevaría a no cumplir con la satisfacción del cliente. Es por eso que se requiere reducir la variación existente para ofrecer un producto de mayor calidad.

De acuerdo con lo antes mencionado, el diseño de experimentos permite al investigador conocer los factores que influyen en un proceso y así determinar con qué parámetros se debe de trabajar. En este tipo de análisis, de acuerdo con Box, Hunter & Hunter (2008) hay tres problemas con los que un investigador se enfrenta, los cuales son:

1. Complejidad: Analiza la interacción que se presenta entre los diferentes factores, así como su influencia sobre una respuesta determinada.
2. Error experimental: Es la variabilidad que se presenta en un experimento bajo condiciones similares y es inevitable.
3. Confusión entre correlación y causalidad

Los diseños de experimentos se clasifican de acuerdo a la complejidad del problema. Algunos de ellos son el diseño factorial a dos niveles, diseño fraccionario, diseño factorial completo y diseño de mezclas (Box, Hunter, & Hunter, 2008).

Los diseños de mezclas se utilizan ampliamente en las industrias y en particular en la fabricación de productos de consumo (Zhang, Wong, & Peng, 2012). Muchos productos se hacen mediante la mezcla de dos o más componentes, las propiedades de estos típicamente dependen de las proporciones relativas de los componentes (Kaya, Piepel, & Caniyilmaz, 2013). El diseño de experimentos por mezclas ha sido utilizado para optimizar procesos; con el uso de esta herramienta es posible identificar los parámetros adecuados para cada proceso. Con base en la revisión de literatura, se encontró que el diseño de experimentos por mezclas ha sido utilizado en diversas áreas de la industria, como la alimentaria, la de la construcción, farmacéutica, entre otras.

En la industria alimentaria, se desea encontrar la mezcla adecuada de componentes o ingredientes para la

elaboración de un producto final, y esto está reportado en varios estudios, por ejemplo en el estudio de Gaviria, Restrepo, & Suárez, (2010) se analiza la viscosidad de los lácteos, como variable de respuesta, el objetivo es definir una mezcla óptima de los ingredientes estabilizantes que componen la bebida láctea llamada Kumis; otro ejemplo de esta industria es en los jugos según Kochupurakkal Shiby, Radhakrishna, & Singh, (2013) al igual que en el artículo de Gordillo, Guerrero Medina, Izáziga, & Laguna, (2012); helados según Rojas, Tripaldi, & Pérez, (2012); galletas según Mejía, Macavilca, Velázquez, & Palacios, (2013); barras energéticas según Saltos & Bayas, (2010), entre otros. Todos estos ejemplos tienen en común la necesidad de una mezcla óptima de los ingredientes con el objetivo de ofrecer un producto de buena calidad y que satisfagan las necesidades de los clientes.

Por otro lado, en la industria de la construcción es donde más se han encontrado aplicaciones, por ejemplo el estudio de las mezclas de micro-pavimento, que entre sus características principales se pueden mencionar que suministra la resistencia necesaria a las fuerzas abrasivas del tránsito vehicular (Robati, Carter, & Perraton, 2013). Otros estudios reportan el análisis de componentes de mezclas relacionados con materiales asfálticos tal como el estudio realizado por Fei, Jiang, & Hsu, (2012), al igual que Chunping, (2011) y Yan-zhu, (2010). Estos estudios tienen en común la optimización de parámetros para cumplir con las especificaciones requeridas, duración, resistencia, menos defectos en cuanto al producto final, entre otros.

Asimismo, dentro del campo de la química también se han aplicado este tipo de diseños de experimentos con la finalidad de optimizar parámetros, tal es el caso del estudio de Lee & Jean, (2012), en el cual el caso de estudio era la generación eficiente de hidrógeno y oxígeno en diferentes electrodos, por lo que se analizaron los factores de control que se presentaban en el proceso. Entre otros ejemplos se tienen los trabajos que aplican el diseño de mezclas de helio y oxígeno como el de Smith, Bell, & Auchterloni, (1984), la mejora de las características de deformación y resistencia de la arena granular mediante mezclas de fibras cortas y flexibles de Nozoe, Kaneko, & Hashizume, (2013) y otros ejemplos como lo mencionan Bahraminejad, Basri, & Isa, (2011) y según Sharma, Hsu, & Verma, (2008).

Se han presentado casos de estudio que aplican este diseño de experimentos en áreas como farmacéutica como lo menciona Yanfang Huang & Shao Li, (2007) en su artículo. También en el área de biología como lo muestra Niedz & Evens, (2011) en su artículo, y esto ha provocado que los procesos que manejan se mejoren y por consecuencia ofrezcan productos que satisfagan las necesidades de los clientes.

Planteamiento del Problema

El problema que se presenta en diferentes empresas de sector industrial tal como de construcción, alimentaria, química, entre otras, es que muchos de los procesos que manejan no son lo suficientemente robustos. En varios procesos de mezclas, como la elaboración de alimentos, mezclas para construcción, creación de medicamentos,

etc. no se cuenta con los parámetros adecuados para trabajar y esto ocasiona pérdida de material e inclusive producto final, por no cumplir con las especificaciones requeridas del cliente.

El diseño de mezclas permite encontrar soluciones a esta clase de problemática en las industrias; tal como se mostró en la revisión de la literatura, muchas empresas han tenido éxito al encontrar los parámetros óptimos de sus procesos, a partir de la determinación de las proporciones de cada componente de la mezcla y así ofrecer un producto de calidad al cliente. Sin embargo, esta herramienta no es utilizada debido a que no se conocen sus características, y tampoco hay una metodología clara para su aplicación.

Objetivos

Aplicar la herramienta de diseño de experimentos por mezclas para la optimización de parámetros en un proceso del sector alimentaria.

Identificar el proceso

Aplicar el diseño de mezclas a un proceso, en el cual se desconozcan los parámetros que se requieren para una mezcla que den como resultado un producto de calidad.

Determinar parámetros para lograr procesos de calidad.

Hipótesis

El uso de la herramienta diseño de experimentos por mezcla en un proceso productivo permite identificar los

parámetros óptimos para disminuir la variación de la variable de respuesta.

Justificación

Este proyecto está enfocado a la optimización de parámetros de procesos utilizando el diseño por mezclas. Uno de los problemas a los que se enfrentan muchas empresas en la actualidad sector industrial, construcción, alimenticia, etc., es la falta de optimización en sus procesos y de determinación exacta de los componentes a utilizar, así como la falta de herramientas que les ofrezca resultados precisos para sus procesos particulares, ya que no todas las herramientas pueden ser aplicados a todos los tipos de procesos, ya que cada proceso tiene características que deben ser analizadas de modo específico. Es por eso que en este proyecto se propone analizar el diseño por mezclas para identificar sus características de tal forma que sea posible resolver este tipo de problemas. El diseño de mezclas es considerado un diseño especial en donde la respuesta depende solamente de las proporciones relativas de factores y no de una cantidad absoluta (Napolitano, 2013). Este tipo de diseños están dirigidos a mejorar la calidad, resistencia y durabilidad de los productos.

Es un proceso que consiste en calcular las proporciones de los elementos que forman el producto final, así como la forma más apropiada para realizar la mezcla con el fin de obtener los mejores resultados. Por lo que ofrece un método diferente para mejorar los productos, determinando las proporciones exactas de sus componentes.

Alcances y Limitaciones

Este proyecto está enfocado a la investigación del diseño de mezclas, la cual es utilizada para la optimización de parámetros en los procesos industriales, y así lograr productos de buena calidad.

El alcance del proyecto es comprender como funciona la herramienta, así como su aplicación a un proceso productivo del sector industrial. Dentro de la aplicación se analizan los factores que intervienen en el proceso e identificar la manera de mejorar el proceso para ofrecer un producto de calidad.

Otro de los alcances es la obtención del conocimiento para la toma de decisiones ante cualquier otro proceso que se desee mejorar dentro de una empresa.

Este proyecto tiene un enfoque teórico, pero al mismo tiempo presenta un ejemplo de aplicación para comprender su funcionamiento en la práctica. Las limitaciones con las que cuenta el proyecto en cuanto al ejemplo de aplicación, son el tiempo para realizar el experimento, la información proporcionada ya que por políticas de la empresa esta no puede ser mostrada fuera de la empresa por ser confidencial.

Revisión de Literatura

Diseño de experimentos

Dentro del sector industrial, es muy común la realización de experimentos con la intención de que al hacer algún cambio en los factores que influyen en los procesos se puedan detectar las variaciones y así evitar problemas de calidad en los productos (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2004).

Un experimento se define como una prueba o ensayo, según Montgomery, (1991) un experimento diseñado es una prueba en donde se induce un cambio en la variable de entrada de un proceso o sistema, con el fin de observar e identificar las causas que provocaron un cambio en la variable de salida. Entiéndase variable de salida como variable de respuesta, que es aquella característica que presenta un producto que se desea mejorar mediante un diseño de

experimentos (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2004).

El diseño de experimentos consiste en planear un conjunto de pruebas experimentales, de manera que los datos obtenidos se puedan analizar estadísticamente para obtener una conclusión válida de un proceso (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2004). En cambio, según Chacín (2000) define el diseño de experimentos como una secuencia de pasos que garantizan que los datos obtenidos hagan posible un análisis objetivo, el cual permitirá llegar a una interpretación y conclusión válida en el estudio. Ambas definiciones tienen un enfoque similar, buscan el análisis estadístico de los datos. Sin embargo, Chacín, (2000) hace un énfasis mayor a la definición anterior, ya que menciona que es necesario planificar el diseño de manera que

la información que se obtenga este acorde a los objetivos establecidos en un principio.

En su libro “Diseño de experimentos” Kuehl, (2001) menciona una lista de aspectos que el investigador puede desarrollar para la planificación del diseño, algunos son:

- Objetivos específicos del experimento;
- Identificar los factores que influyen y cuáles de ellos varían y cuales permanecen constantes;
- Las características a medir;
- Procedimientos para realizar la prueba;
- Número de repeticiones del experimento.

Según Montgomery, (1991) el diseño experimental tiene como objetivo desarrollar un proceso consistente o robusto, es decir que este lo menos afectado por las fuentes de variabilidad externas; es un medio de importancia crítica en el medio de la ingeniería para mejorar el rendimiento en un proceso de manufactura. Su uso puede dar como resultado productos con mayor confiabilidad y mejor funcionamiento en el campo de aplicación, así también menores costos y tiempos de desarrollo del producto.

Kuehl, (2001) señala que el tipo de experimentos que utilizan los investigadores de las áreas de ingeniería, biología, medicina, agricultura, entre otras, es el experimento comparativo, ya que este adjetivo implica que se establezca más de un conjunto de circunstancias en el

experimento y que se comparen entre si las respuestas a las diferentes circunstancias.

Conceptos básicos

Los conceptos básicos que componen un diseño de experimentos son: tratamiento, unidad experimental y error experimental.

Según Kuehl, (2001) un tratamiento es definido como un conjunto de circunstancias creadas por un experimento y la definición que marca Chacín, (2000) es similar puesto que define al tratamiento como un conjunto particular de condiciones experimentales que deben imponerse sobre las unidades experimentales de un experimento.

La unidad experimental según Kuehl, (2001) es una entidad física o el sujeto expuesto a un tratamiento independientemente de otras unidades.

El error experimental según Kuehl (2001) describe la variación entre las unidades experimentales tratadas de manera idéntica e independiente y como menciona Chacín (2000) existen dos fuentes principales de error experimental:

- Variabilidad inherente del material experimental a la cual se le aplican los tratamientos.
- Falta de uniformidad en la conducción física del experimento.

Principios básicos del diseño de experimentos

Existen tres principios básicos en el diseño de experimentos, que son: aleatorización, repetición y bloqueo.

Aleatorización: Consiste en hacer corridas experimentales, tanto la asignación del material experimental como el orden de las pruebas individuales en orden aleatorio, este principio aumenta la posibilidad de que la independencia de los errores se cumpla.

Repetición o réplica: Es la repetición del experimento básico, es decir correr más de una vez un tratamiento o combinación de factores.

Análisis por bloques: Es una técnica que se usa para incrementar la precisión del experimento, es decir nulificar o tomar en cuenta en forma adecuada los factores que puedan afectar la respuesta dada (Montgomery, 1991) (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2004).

Clasificación de los diseños experimentales

Según Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, (2004) hay cinco aspectos que influyen en la selección de un diseño experimental, estos son:

1. El objetivo del experimento;
2. El número de factores a controlar;
3. El número de niveles que se prueban en cada factor;
4. Los efectos que interesa investigar (relación factores-respuesta);
5. El costo del experimento, tiempo y precisión deseada.

Los puntos mencionados anteriormente no son independientes entre sí, pero se mencionan de forma separada, ya que al

cambiar alguno de ellos, cambia el diseño experimental a utilizar.

El objetivo del experimento es un criterio general de la clasificación de los diseños experimentales, y los otros cuatro son útiles para subclasificarlos. Con base en esto, los diseños se pueden clasificar como:

- Diseños para comparar dos o más tratamientos
- Diseños para estudiar el efecto de varios factores sobre la respuesta
- Diseños para determinar el punto óptimo de operación del proceso
- Diseños para la optimización de una mezcla
- Diseños para hacer el producto insensible a factores no controlables

En la Figura 1, se presenta la clasificación de los diseños de experimentos de acuerdo con su objetivo. Para este proyecto se utilizará el diseño de mezclas, que son una clase especial de experimentos de superficie de respuesta en las que el producto bajo investigación consta de varios componentes o ingredientes. Los diseños para estos experimentos son útiles, porque muchas de las actividades de diseño y desarrollo en situaciones industriales involucran formulaciones o mezclas.

En estas situaciones, la respuesta es una función de las proporciones de los diferentes ingredientes en la mezcla. La respuesta depende de las proporciones relativas de los componentes. Las cantidades de los componentes, medidas o

unidades de peso, volumen u otras unidades, se suman para obtener un total común. En contraste, también es considerado un diseño factorial, ya que la

respuesta varía dependiendo de la cantidad de cada factor (variable de entrada).



Figura 1 Clasificación de los diseños experimentales. Fuente: (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2004)

Otra definición que se tiene de esta clase de experimentos según Kuehl, (2001) es que están conformados por dos o más factores que son los ingredientes de la mezcla, en la que los porcentajes de cada uno deben sumar el 100% del total de la mezcla, por lo que los niveles de un factor no son independientes de los niveles de otros.

La variación en las proporciones de los ingredientes de las mezclas puede afectar las propiedades del producto final y por consecuencia la calidad del mismo. Es por eso que el diseño de mezclas es importante analizar, pero este se concentra más en la relación de la variable de respuesta medida

con las proporciones relativas de cada ingrediente presente en el producto, que en las cantidades totales de los factores.

Muchos productos alimenticios son analizados por medio de diseño de experimentos de mezclas, tal es el caso del trabajo según Lawless, Threlfall, & Meullenet, (2013) que muestra un análisis de los tratamientos de los jugos evaluados y un comparativo de ellos una vez analizados sus componentes, para conocer cuál es de mayor consumo; otros productos como es el caso de los materiales para la construcción muestran el éxito que han tenido al usar esta herramienta, tal es el caso del diseño de

mezclas asfálticas que en Estados Unidos se utilizan, de acuerdo a Putman & Kline, (2012) existen más de 20 métodos diferentes y se puede apreciar la calidad de sus carreteras y de construcciones, entre otros. Asimismo, otros productos comerciales se forman con mezclas de dos o más ingredientes, tal es el caso del papel de periódico según Cobas, Felissia, & Monteoliva, (2013) el objetivo del estudio fue definir la proporción de madera juvenil y madura que se pueden optimizar para la producción de este. Algunos otros ejemplos son:

- Telas con mezcla de fibras de algodón y poliéster;
- Concreto formado con agua, arena y cemento;
- Fórmulas de fertilizantes con nitrógeno, fósforo y potasio.

En este diseño cuando se tienen dos componentes, el espacio factorial para el diseño incluye todos los valores de los dos componentes que se encuentran en el segmento de línea $x_1 + x_2 = 1$, donde cada componente está acotado por 0 y 1. Si se tienen tres componentes, el espacio muestral es un triángulo cuyos vértices corresponden a formulaciones de componentes puros, es decir mezclas consistentes en 100% de un solo componente (Montgomery, 1991).

Diseños de tratamientos para mezclas

El diseño de mezclas se divide en cuatro tipos que son: simplex, simplex con

centroide, vértices extremos y mixto, los cuales tienen diferentes características que facilitan la optimización de parámetros, dependiendo del producto o proceso que se trate.

Diseño simplex

Estos se componen de una malla de coordenadas de diseño construidas de manera que permiten estimar las ecuaciones polinomiales de la superficie de respuesta.

Diseño simplex con centroide

Este tipo de diseño es un diseño en el sistema de coordenadas simplex que se compone de mezclas que contienen 1, 2, 3... o k componentes en proporciones iguales. Un ejemplo de aplicación según Yoshiara, Madeira, & Delarozza, (2012) al variar el disolvente o mezcla utilizada, la extracción de diferentes isoflavonas se optimizó utilizando el diseño de la mezcla-centroide simplex. Las isoflavonas juegan un papel importante en la salud, ya que disminuye el riesgo de contraer enfermedades del corazón, alivia síntomas de menopausia, protege contra problemas de próstata, entre otros.

Diseño simplex con centroides ampliado

Las combinaciones de la mezcla para los diseños simplex y simplex con centroides se encuentran en las orillas del espacio de factores simplex y con la excepción de un punto centroide que contiene la mezcla de todos los componentes. Es posible obtener mezclas más completas si se aumentan los diseños centroides simplex con mezclas sobre los ejes del espacio de factores.

Materiales y Métodos

La metodología a utilizar en la realización de este proyecto es el DMAIC que consta de cinco fases: definir, medir, analizar, mejorar y controlar. Se eligió esta metodología porque consiste en una serie de pasos que nos permiten tener un control y orden en el proyecto. La Figura 2 muestra la metodología a seguir para este proyecto.

Para este proyecto es primordial contar con el permiso por parte de la

gerencia de la empresa para la aplicación del diseño de experimentos por mezcla a uno de sus productos o procesos, y es necesario presentar un plan de trabajo en el cual se describan los recursos que se van a requerir para trabajar con el proyecto.

Para el análisis de los datos es necesario contar con una computadora o laptop con el paquete de cómputo estadístico Minitab 16[®] así como Microsoft Office.

Resultados

Para este proyecto se espera la implementación de la herramienta de diseño de experimentos por mezclas en una empresa del sector alimentario, ya que se ha visto que muchas empresas alimentarias, al igual que otros sectores, han tenido éxito al determinar las proporciones de los componentes de una mezcla para optimizar la variable de respuesta en un proceso y ofrecer así productos que cumplan con los requerimientos y satisfagan las necesidades del cliente.

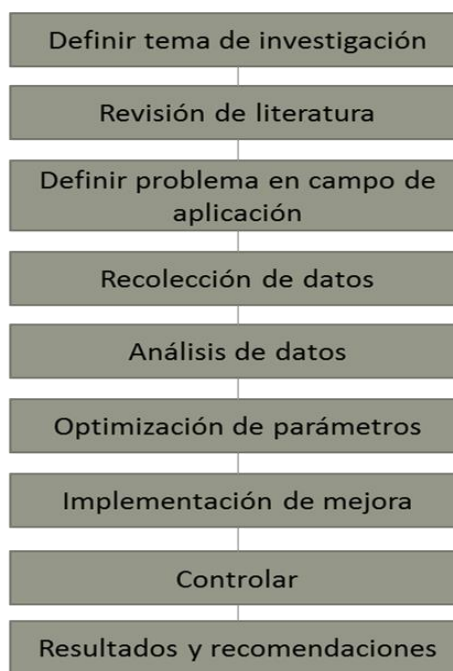


Fig. 2 Metodología propuesta

Referencias

- Bahraminejad, B., Basri, S., & Isa, M. (2011). Hydrogen detection in organic gas mixtures based on analyzing the transient response. *Emerald*, 8.
- Box, G., Hunter, J., & Hunter, W. (2008). *Estadística para investigadores Diseño, innovación y descubrimiento*. Barcelona: Reverté.
- Chacín, F. (2000). *Diseño y análisis para generar superficies de respuesta*. Venezuela: Universidad Central de Venezuela.
- Chunping, W. (2011). The influencing factors of volume index on mix design of asphalt mixture. *IEEE*, 4.
- Cobas, A., Felissia, F., & Monteoliva, S. (2013). Optimization of the Properties of Poplar and Willow Chemimechanical Pulps by a Mixture Design of Juvenile. "Juvenile poplar refiner pup," *BioResources*, 12.
- Fei, Y., Jiang, M., & Hsu, F. (2012). Product design parameters optimization using constrained mixture design and combinatorial fusion analysis. *IEEE*, 8.
- Gaviria, P., Restrepo, D. A., & Suárez, H. (2010). UTILIZACIÓN DE HIDROCOLOIDES EN BEBIDA LÁCTEA TIPO KUMIS. *Vitae 17.1*, 29-36.
- George, M., Rowlands, D., Price, M., & Maxey, J. (2005). *The Lean Six Sigma Pocket*. United States of America: Mc Graw Hill.
- Gordillo, C., Guerrero Medina, N., Izáziga, N., & Laguna, B. (2012). Efecto de la proporción de naranja, papaya y piña en la aceptabilidad sensorial de un nectar mixto. *Agroindustrial Science*, 7.
- Gutiérrez Pulido, H., & De la Vara Salazar, R. (2004). *Análisis y diseño de experimento*. México: Mc Graw Hill.
- Kaya, Y., Piepel, G., & Caniyilmaz, E. (2013). Development of a Rubber-Based Product Using a Mixture Experiment: A Challenging Case Study. *Progress in Rubber, Plastics and Recycling Technology*, 28.
- Kochupurakkal Shiby, V., Radhakrishna, K., & Singh, A. (2013). Development of whey-fruit-based energy drink mixes using. *EBSCO*, 8.
- Kuehl, R. O. (2001). *Diseño de experimentos*. México: Thomson Learning .
- Lawless, L., Threlfall, R., & Meullenet, J.-F. (2013). APPLYING A MIXTURE DESIGN FOR CONSUMER OPTIMIZATION OF BLACK CHERRY, CONCORD GRAPE AND POMEGRANATE JUICE BLENDS. *Journal of Sensory Studies*, 12.
- Lee, S.-J., & Jean, M.-D. (2012). Experimental optimization of parameter design for generation of hydrogen/oxygen mixtures by water electrolysis. *IEEE*, 4.
- Mejía, C., Macavilca, E., Velázquez, J., & Palacios, B. (2013). Formulación y evaluación de galletas enriquecidas con micronutrientes y proteínas de origen animal y vegetal. *Infinitum*, 11.
- Montgomery, D. C. (1991). *Diseño y análisis de experimentos*. México: Grupo Editorial Iberoamérica.
- Napolitano, H. (n.d.). Diseño de experimentos. *Journal Article*.
- Niedz, R., & Evens, T. (2011). Mixture screening and mixture-amount designs to determine plant growth regulator effects on shoot regeneration from grapefruit (*Citrus paradisi macf.*) epicotyls. *In Vitro Cell.Dev.Biol.*, 14.
- Nozoe, S., Kaneko, K., & Hashizume, Y. (2013). Optimum Mixture Design of Granular Materials Reinforced. *AIP Publishing LLC*, 5.
- Putman, B., & Kline, L. (2012). Comparison of Mix Design Methods for Porous Asphalt Mixtures. *American Society of civil engineers*, 10.

Robati, M., Carter, A., & Perraton, D. (2013). Repeatability and reproducibility of micro-surfacing mixture design tests and effect of aggregates surface areas on test results. *Australian Journal of Civil Engineering*, 17.

Rojas, C., Tripaldi, P., & Pérez, A. (2012). Diseño experimental y métodos de desición multicriterio para optimizar la composición del helado mantecado. *Scientia Agropecuaria*, 10.

Saltos, H., & Bayas, A. (2010). Aplicación de un Diseño Experimental de Mezclas en el Desarrollo de una “Barra Energética” con base en el Salvado de Palmito de Pejibaye. *Revista Tecnológica ESPOL*, 8.

Sharma, P., Hsu, J.-H., & Verma, A. (2008). Implementing mixture design to predict magnetic properties of hybrid-bonded magnets. *IEEE*, 4.

Smith, D., Bell, W., & Auchterloni, L. (1984). Microwave cavity of improved design for gas breakdown studies and its application to helium-oxygen mixtures. *IEEE*, 7.

Yanfang Huang, X., & Shao Li, B. (2007). Application of Mixture Designs for Detection and. *IEEE*, 5.

Yan-zhu, P. (2010). Study on design method of open-graded mixture. *IEEE*, 4.

Yoshiara, L., Madeira, T., & Delaroza, F. (2012). Optimization of soy isoflavone extraction with different solvents. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 10.

Zhang, C., Wong, W., & Peng, H. (2012). DUAL-OBJECTIVE OPTIMAL MIXTURE DESIGNS. *Australian & New Zealand Journal of statistics*, 13.

Análisis con enfoque holístico e implementación de mejora a la línea de producción BTS

Ivette Navarro Hernández¹, Gabriel Ibarra Mejía¹, Jesús Gonzalo Palacios Valerio¹

¹Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

Introducción

El incremento en la globalización y la competencia entre las empresas ha afectado la manera en que se manufactura en las compañías, en diferentes partes del mundo, se ha respondido a esta nueva presión por medio de la mejora en la calidad, la eficiencia y la reducción de costos y tiempos de espera, para lograr esto los ingenieros cuentan con diversas técnicas de mejora como lo son Lean, Evaluación ergonómica, cadena de suministros, seis sigma, entre otras que nos permiten encontrar los factores que están causando el problema y corregirlo (Ringen, Aschehoug, Holtskog, & Jonas, 2014).

El presente estudio desea por medio de un estudio con enfoque Holístico integrar técnicas como son Evaluación Ergonómica, Lean, seis Sigma y cadena de suministros, para resolver las problemáticas en una línea de producción de partes automotrices de una empresa local.

Antecedentes

El análisis con enfoque holístico el término de Holística se refiere a la comprensión de un fenómeno o estructura en términos de un todo integrado, cuyas características no se pueden deducir de la suma de las propiedades de las partes constituyentes.

Para hacer frente a los sistemas complejos, de acuerdo con el enfoque holístico, debemos integrar el conocimiento experimental con el conocimiento científico disponible (Vaysburd, 2006).

La Holística nos ayuda a incorporar diversas técnicas y ha sido utilizada en diferentes áreas por ejemplo, Schwab (2013) en su artículo nos habla de un modelo metodológico holístico para introducir en manejo de la calidad en industrias manufactureras de pequeño y mediano tamaño y concluye que el modelo metodológico holístico, integrado por tres módulos, proporciona apoyo a la gestión a través de fases importantes de un nuevo método de gestión de la calidad industrial. Ofrece a las pequeñas y medianas empresas un nuevo instrumento para monitorear y evaluar las inversiones en QM Métodos- y la mejora continua de sus acciones, basadas en el Ciclo de Deming.

Zuccato, (2007) nos habla de cómo desarrolló un marco de gestión holístico de la seguridad, que permite a las empresas llevar a cabo la gestión de la seguridad con mayor facilidad, a menor costo y adaptados a las necesidades de un sistema de comercio electrónico, es decir propone un marco de proceso jerárquicamente organizado que se

puede aplicar " fuera de la plataforma " en la primera parte, y adaptarlo posteriormente a las necesidades de la organización con mayor precisión.

Hassan, Hawas, & Maraqa (2012) nos mencionan que los accidentes de tráfico en los UAE son una de las principales causas de muertes y lesiones, y representan una gran carga para los planes futuros del desarrollo social y económico, en su artículo "A Holistic approach for assessing traffic safety in the United Arab Emirates" usan el método holístico para identificar los principales factores que afectan la seguridad del tráfico en el país y para aclarar cuáles son las deficiencias, si las hay, asociados a estos factores, junto con su intensidad. Asimismo, aportar mejoras que ayuden a disminuir o eliminar el problema.

Existen diversos artículos en donde se habla del enfoque holístico para la solución de diversos problemas, en este estudio se pretende mezclar Ergonomía y Calidad mediante un enfoque holístico. A pesar de que la ergonomía y la calidad han tenido mutuas influencias, se han desarrollado en gran parte por separado (Eklund, 2001), por lo que se pretende crear una interacción integral entre las técnicas que estas dos disciplinas manejan (evaluación Ergonómica, Lean, Seis Sigma, Cadena de suministros), para la solución de un problema.

Planteamiento del problema

En una empresa local, la línea de producción BTS genera alrededor de 50,000 piezas por turno, tiene 24 productos de diferentes compañías que se manufacturan,

cada producto cuenta con un proceso muy similar. La línea cuenta con dos partes, una semi-automatizada y otra manual, en los últimos 6 meses se han presentado problemas en la producción que han generado desperdicio de material, problemas de calidad, quejas de los clientes, alta rotación.

Durante un estudio preliminar se encontró que el porcentaje de adherencia al plan de producción ha ido disminuyendo, de un 90% con el que iniciaron el año a un 40%, cada vez más bajo. Los estadísticos muestran que la línea tiene un mal apego al programa de producción, es decir hay días que trabaja al 5% y otros hasta el 190%. Los gráficos también muestran que hay un promedio del 2% de ausentismo constante por mes. Se cree que este volumen de producción podría generar desordenes musculo-esqueléticos futuros en los trabajadores por movimientos repetitivos (RMI's por sus siglas en inglés, Repetitive Motion Injuries) desordenes por trauma acumulativo (CTD's por sus siglas en inglés Cumulative Trauma Disorders) y manejo manual de materiales.

Es necesario realizar un estudio para determinar el nivel de riesgo de cada una de las estaciones de la línea, detectar los factores que están generando problemas en la adherencia al programa y la calidad, y realizar una intervención a la línea, todo esto por medio de un estudio con enfoque Holístico en donde se incluyan herramientas como Evaluación Ergonómica, Lean, Seis Sigma y Cadena de suministros.

Objetivo General

Identificar el nivel de riesgo y los factores que están provocando problemas en la línea de producción BTS por medio de un estudio con enfoque holístico que incluya las técnicas Evaluación Ergonómica, Lean, Seis Sigma y cadena de suministro, para generar recomendaciones y realizar una intervención, para disminuir los problemas de calidad, seguridad, y producción en la línea de BTS, verificando el funcionamiento del proyecto mediante la comparación de los métricos antes y después de la intervención.

Efectuar un análisis preliminar de los datos de la línea de producción mediante una observación, recorrido y recolección.

Determinar el nivel de riesgo de desórdenes musculoesqueléticos y los factores que están causando problemas en la línea mediante un análisis con enfoque Holístico con las técnicas Ergonomía, Seis Sigma, Lean y cadena de suministros, para generar recomendaciones.

Generar un plan de implementación con las recomendaciones.

Realizar una intervención con el plan de implementación de las recomendaciones que la empresa haya permitido aplicar.

Re-evaluar la estación de trabajo, mediante la recolección los nuevos métricos de producción de la línea y hacer una comparación con los iniciales, para revisar si hay una diferencia significativa entre los métricos de producción, es decir, antes y después de la intervención.

Preguntas de estudio

¿Cuáles son los factores que están provocando problemas en la línea de producción BTS y cuál es el nivel de riesgo de desórdenes musculoesqueléticos en cada una de las estaciones de la línea?

¿Cuáles son las recomendaciones para disminuir los factores y el nivel de riesgo de cada una de las estaciones?

¿Cuál es el efecto de la intervención en los métricos seleccionados?

Supuestos

Toda la información proporcionada por la empresa no tiene alteraciones y es verdadera. Cada uno de los trabajadores involucrados en el estudio contestará las encuestas con información verídica.

Limitaciones

- El estudio se enfocará en el primer turno debido al acceso que permite la empresa.
- Las implementaciones que se apliquen a lo largo del proyecto serán las que la empresa permita.
- Las personas en el estudio serán elegidas por una muestra a conveniencia debido a que muchas no cuentan con una antigüedad de por lo menos un año.
- Los métricos proporcionados por la empresa son solo de los primeros 6 meses del año por decisión de la empresa y el tiempo límite del estudio.

Delimitaciones y alcance

- El análisis y la implementación se limitarán a la línea de producción BTS del turno matutino. Este estudio se realizará en el periodo de Agosto 2014 hasta Junio 2015.
- Se considerarán a trabajadores que solo estén de tiempo completo en la empresa, que cumplan con una antigüedad mínima de un año, y laboren en el turno matutino.
- Las recomendaciones implementadas serán elegidas por el criterio de la empresa.
- El análisis se realizará solo con un producto de los que maneja la línea de producción

Justificación

Las compañías buscan mejorar sus procesos existentes, para hacerlas más eficientes, mejorar su productividad, reducir costos y eliminar o disminuir la frecuencia y severidad relacionada con las lesiones en el trabajo. Todas estas acciones resultan el ahorros monetarios y contribuyen a una línea positiva triple corporativa rentabilidad, calidad y seguridad (Ware, Subramanian, Kumar, & Fernandez, 2011).

Según (Tornstrom, Amprazis, Christmasson, & Jorgen, 2008) la administración a menudo se centra en la productividad, la calidad y los beneficios económicos, mientras que las cuestiones del

ambiente de trabajo tienden a descuidarse, un enfoque Holístico nos permite integrar todas las partes del sistema, no sumarlas, permitiendo la compatibilidad entre los subsistemas.

El desarrollo de una metodología de mejora de procesos integral normalizada permite una visión integral de cómo se realiza el trabajo para que las oportunidades se pueden determinar, se pueden identificar las recomendaciones, y los cambios se pueden hacer. Cuando el personal clave están involucrados en la mejora de procesos (por ejemplo, administradores, empleados y otras partes interesadas clave), que pueden centrarse colectivamente en la eliminación de ineficiencias y desperdicios (por ejemplo, dinero, materiales, tiempo y oportunidades). El resultado es un nuevo proceso que es más barato, más rápido, más seguro y más eficiente. (Ware, Subramanian, Kumar, & Fernandez, 2011)

El estudio con enfoque holístico nos permitirá general recomendaciones aplicables que serán implementadas a la línea, y generar una manual para que la línea se mantenga en control, siendo medidos los cambios con la comparación de los métricos de la línea antes y después de la intervención. El proyecto generará una metodología para realizar un estudio con enfoque holístico, utilizando las herramientas de ingeniería industrial, que podrá ser aplicado a diferentes líneas de producción para la solución de problemas donde se aborde ergonomía, calidad y producción.

Marco Teórico

La siguiente revisión literaria está directamente relacionada con el proyecto, se usaron libros, artículos de revistas científicas encontradas en la base de datos de la UACJ, también artículos encontrados en google académico. Los artículos fueron buscados de manera sistemática con las siguientes palabras clave: Enfoque Holístico, plan de implementación, desordenes musculo-esqueléticos, mejora del proceso, riesgos ergonómicos, relación entre ergonomía y calidad. Muchos de los artículos utilizados son estudios de caso transversal, descriptivo.

Enfoque Holístico

El sistema Holístico tiene un enfoque en los requisitos fundamentales del proceso, incluyendo elementos tan fundamentales como el establecimiento de las causas que obligan a la reparación/ rehabilitación de la estructura, objetivos y criterios, síntesis, análisis, construcción, prueba y de admisión (Vaysburd, 2006)

Los pasos a seguir para aplicarlo son los siguientes

- Evaluación de la condición de la estructura existente (grado de deterioro / peligro)
- Evaluación de las causas del deterioro/ peligro
- Establecer la naturaleza y severidad del ambiente interior en la estructura existente
- Establecer objetivos realistas

- Seleccionar un sistemas de reparación adecuando
- Desarrollo de detalles de la reparación y especificaciones
- Aplicación de las reparaciones como se especifica

Por supuesto, al abordar un problema complejo, todo el sistema se puede descomponer y organizado en subsistemas jerárquicos. Pero esos subsistemas no son independientes; deben integrarse en un todo. (Vaysburd, 2006)

Análisis de tarea:

El análisis de tarea es generalmente realizado después de que la asignación funcional fue hecha y nos ayuda a asegurarnos que un operador cumpla con las necesidades y capacidades para realizar la tarea, de manera segura y eficiente. Este análisis es esencial para el diseño de interfaces, lugares de trabajo, materiales de apoyo, programas de capacitación; y pruebas y evaluación de procedimientos. (Salvendy, 2012)

Generalmente el análisis de tarea consiste en dos fases: una descripción de la tarea, y un análisis de la tarea. Una descripción de la tarea se enfoca en la descomposición de las operaciones de la tarea, llamadas subtareas o pasos. La segunda fase el análisis de la tarea especifica si hay demandas físicas o cognitivas asociadas a esas subtareas. (Salvendy, 2012)

Métodos como el flujo del proceso, análisis crítico de la tarea y análisis jerárquico de la tarea son necesarios. También métodos para recolectar datos de la tarea como revisión de la documentación, cuestionarios, observación, entrevistas, inspecciones y protocolos verbales. (Salvendy, 2012)

Riesgo

Un riesgo es la probabilidad o posibilidad de lesión o muerte. Y es una expresión de una pérdida posible en un periodo especificado de tiempo, generalmente se expresa en unidades monetarias perdidas. (Fernández, Ibarra, Marley, & Noriega, 2008)

Lesiones Ergonómicas:

Las lesiones ergonómicas ocurren de manera directa o indirecta por la naturaleza y demanda de la tarea de trabajo, más bien es un resultado de algunos peligros a los cuales la persona está expuesta, durante el curso de su trabajo y que no es en parte intrínseco a la tarea por sí mismo. Las lesiones ergonómicas incluyen a las lesiones por levantamiento y manejo de materiales y por Repetitividad.

Repetitividad

Se consideran repetitivos, los trabajos que tengan ciclos de 30 segundos o menos, y los trabajos en los que se realicen movimientos similares de la extremidad superior, durante más de ½ del ciclo. (Villar Fernández, 2011)

Lesión musculoesquelética por repetitividad:

La mayor parte de los TME son trastornos acumulativos resultantes de una exposición repetida a cargas más o menos pesadas durante un período de tiempo prolongado. No obstante los TME también pueden deberse a traumatismos agudos, como fracturas, con ocasión de un accidente (Comisiones obreras de Castilla y León, 2008)

Los trastornos músculo-esqueléticos (TME) de origen laboral son un conjunto de lesiones inflamatorias o degenerativas de músculos, tendones, nervios, articulaciones, etc... causadas o agravadas fundamentalmente por el trabajo y los efectos del entorno en el que este se desarrolla. Son de aparición lenta y en apariencia inofensivos hasta que se hacen crónicos y se produce el daño permanente. (Comisiones obreras de Castilla y León, 2008)

Los síntomas principales son el dolor asociado a inflamación, pérdida de fuerza y limitación funcional de la parte del cuerpo afectada, dificultando o impidiendo la realización de algunos movimientos. (Comisiones obreras de Castilla y León, 2008)

Algunos TME, como el síndrome del túnel carpiano, son específicos debido a sus síntomas bien definidos. Otros no lo son tanto, ya que únicamente se observa dolor o incomodidad sin síntomas claros de que exista un trastorno específico. Las lesiones músculo-esqueléticas más frecuentes son: tendinitis, tenosinovitis, epicondilitis,

lumbalgias, mialgias, hernias de disco, cervicalgias, síndrome del túnel carpiano (Comisiones obreras de Castilla y León, 2008)

Manejo manual de materiales:

Se entiende por manipulación manual de cargas, la acción de efectuar por uno o varias personas las operaciones de: empuje, transporte, desplazamiento, levantamiento y colocación de cargas animadas o inanimadas. La manipulación manual de cargas es responsable, en muchos casos, de la aparición de fatiga, o bien lesiones, que se pueden producir de forma inmediata o por la acumulación de pequeños traumas (Agencia Europea para la seguridad y salud en el trabajo, 2003). En la manipulación manual de cargas interviene el esfuerzo humano tanto de forma directa (levantar, colocar), como indirecta (empujar, tracción, desplazar). También es manipulación manual el transportar y mantener la carga alzada. (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene, 2003).

Lesión musculoesquelética por el manejo manual de Materiales:

Los desórdenes músculo esqueléticos relacionados al trabajo son descritos como condiciones de inflamación y degeneración, los cuales resultan en dolor y deterioro funcional, afectando al cuello, hombros, codos, antebrazos, muñecas y manos (Philip D. Bust, 2005) (Buckle and Devereux, 2002).

Las lesiones se pueden producir en cualquier zona del cuerpo pero son más sensibles miembros superiores y la espalda,

en especial en la zona dorso lumbar. Estas lesiones, aunque no son mortales, pueden tener una larga y difícil curación, y en muchos casos requieren un largo periodo de rehabilitación, originando grandes costes económicos y humanos, ya que el trabajador queda muchas veces incapacitado para realizar su trabajo habitual y su calidad de vida puede quedar deteriorada.

Métodos de Evaluación Ergonómica

Evaluación REBA (Rapid Entire Body Assessment)

REBA puede ser utilizada como una Evaluación Ergonómica de un lugar de trabajo además de analizar posturas y cuando:

- Se está utilizando todo el cuerpo
- La postura es estática, dinámica, que cambia rápidamente, o inestable.
- Es una carga animada o inanimada, se manipulan con frecuencia o con poca frecuencia
- Modificaciones en el lugar de trabajo, equipo, entrenamiento, o las conductas de riesgo-tarea del trabajador ya empiezan a vigilar los cambios de pre / post.

Este método tiene seis pasos (Stanton, Hedge, Broolhuis, Salas, & Hendrick, 2004):

- Observar la tarea
- Seleccionar las posturas para la evaluación

- Marcar las posturas
- Procesar los resultados
- Establecer la puntuación de la evaluación REBA
- Confirme el nivel de acción con respecto a la urgencia de las medidas de control

Rapid Upper Limb Assessment RULA

Es un método de encuesta usado en investigaciones ergonómicas del lugar de trabajo, relacionado con los miembros superiores del cuerpo. Esta herramienta no requiere equipo especial, y provee de un rápido análisis de las tareas de trabajo en diferentes estaciones o áreas. Analiza las posturas adoptadas por el cuello, el tronco y las extremidades superiores del cuerpo junto con la función muscular y las cargas externas experimentadas por el cuerpo. Es un sistema de puntuación de diferentes áreas del cuerpo (miembros superiores) que se utiliza para generar el nivel de intervención requerida para reducir los riesgos de lesiones musculoesqueléticas, debido a las posturas que adopta y la carga física en el operador. (McAtamney & Corlett, 1993)

Marco contextual

CTS es una empresa reconocida a nivel mundial, se dedica a la elaboración de partes electrónicas de carros, como

sensores, arneses, partes para la bomba de inyección de gasolina. Cuenta con más de 24 productos diferentes, y cada producto cambia sus características según a la compañía a la cual se abastecerá. Lo que genera 24 productos y cada uno con distintas variaciones, algunas operaciones más.

La línea de producción BTS está enfocada en la elaboración de un sensor del cinturón de seguridad. Esta línea hace este producto para diferentes automóviles como son Mustang, Volvo, Hyundai, etcétera. Es una de las áreas con mayor volumen de producción diario, también cuenta con una demanda variable, que cambia cada día, en los anteriores seis meses se han presentado problemas como falta de adherencia al plan de producción, ausentismo, pérdida de material por defectos, alta rotación y empleados que han renunciado o sido cambiados de manera constante. En este proyecto se desea conocer el nivel de riesgo y los factores causantes de problemas en ergonomía, calidad y producción de la línea BTS, de una empresa local, así como realizar una intervención, todo esto mediante un análisis con enfoque holístico que contará con la combinación de partes, como Ergonomía, Lean, Seis Sigma, Cadena de suministros y un programa de implementación.

Metodología

En este proyecto se pretende identificar el nivel de riesgo y los factores que están

provocando problemas en la línea de producción BTS por medio de un estudio

con enfoque holístico que incluya las técnicas Evaluación Ergonómica, Lean, Seis Sigma y cadena de suministro, para generar recomendaciones y realizar una intervención.

Diseño del estudio

El presente proyecto será una serie de estudios de caso, es un proyecto descriptivo, transversal, observacional, cualitativo, que abarca el periodo de Agosto 2014 a Junio 2015.

Participantes

La muestra para el estudio será una muestra a conveniencia para los trabajadores que cumplan los siguientes requisitos: que trabajen en la empresa de tiempo completo, que su puesto de trabajo fijo se encuentre en la línea de producción BTS, que tengan por lo menos un año de antigüedad, que tengan mayoría de edad.

Materiales y Equipos

Instrumentos de medición y objetos utilizados

Cuestionario de Incomodidad Por región Corporal

Este cuestionario es una figura de todo el cuerpo dividida por regiones, aquí el trabajo nos indica la región donde presenta dolor y la intensidad con la que se presenta en la zona, nos da la probabilidad de que un trabajador vaya a buscar asistencia médica en un futuro.

Cuestionario de datos de identificación y demográficos.

Este cuestionario nos da datos generales del trabajador, como el área en el que trabaja, su antigüedad, cuanto tiempo realiza la actividad, cuantas piezas produce, edad, peso, género, entre otros datos. Nos sirve para familiarizarnos con las características de cada trabajador y ver su diversidad. Nos sirve para generar tablas y compararlas con otros estudios. Este cuestionario fue validado por expertos.

Hoja de consentimiento informado

Es una hoja con un formato que lleva el nombre de las personas que realizan el proyecto, una explicación del proyecto, cual es el objetivo, para qué serán utilizados los datos, si existe algún riesgo, cuales son los beneficios y las firmas de los trabajadores. Esta hoja es la primera que se aplica antes de cuestionarios, y les informa a los participantes del proyecto por escrito.

Cámara fotográfica

Es el instrumento usado para recolectar información para el análisis de tarea, nos sirve para tomar fotografías y video del área de trabajo.

Programas utilizados

Gom Media Player 2.2.57.5189 (2014)

Es un programa que nos permite dividir videos en fotogramas, esto es útil al momento de realizar el análisis de tarea. Ya que nos permite introducir el intervalo de tiempo en el que se desea obtener los fotogramas.

3D Static Strength Prediction Program™ 3DSSPP

Es un programa creado por la Universidad de Michigan y nos sirve para hacer análisis biomecánicos por medio de simulación, nos da las partes del cuerpo comprometidas al realizar la actividad y el nivel de fuerza y compresión utilizadas.

Random.org

Es una página de internet en donde se pueden obtener números aleatorios, esta nos sirve para tomar las muestras de manera aleatoria de los fotogramas.

Procedimiento

Observación y recorrido

Se iniciará con un recorrido general de la línea de producción BTS, para observar que productos se elaboran, que herramientas/máquinas usan en general, e identificar de una manera general los problemas con los que cuenta, se hará un diagrama de flujo del producto. Se tomarán los métricos de producción de la línea.

Métricos de producción

- Volumen de producción
- Desperdicio
- Quejas del cliente
- Apego al programa
- Ausentismo
- Rendimiento diario
- Rendimiento al mes

- Adherencia al plan de trabajo
- FTQ (First Time Quality) O RTY (Rolled Troughput Yield)
- Accidentes
- Registros de lesiones

Con la información de los métricos de producción y la información del área de enfermería se realizará un diagrama de Pareto clasificando los métricos, se determinará el problema a resolver, tomando en cuenta la frecuencia con la que se presenta dicho problema y la gravedad asignada por el investigador y la empresa, con estos dos parámetros se elegirá el problema a solucionar, por medio de un Diagrama de Ishikawa se determinarán los factores que están originando el problema. La solución al problema tendrá un enfoque Holístico por lo que se solucionará desde un enfoque Ergonómico, Lean, Seis Sigma por lo que la búsqueda de soluciones se realizará de manera simultánea con diferentes herramientas.

Evaluación y aplicación del método Holístico

Con el problema establecido por el diagrama de Ishikawa se iniciará el método con enfoque Holístico realizando un análisis de tarea a cada una de las estaciones que se encuentran en el área a analizar.

Formatos

Se iniciará aplicando el formato de consentimiento, informado donde se le explicará al trabajador de que trata el proyecto, que beneficio tendrá, el

cuestionario de información demográfica y el cuestionario por región a los empleados que cumplan con los siguientes criterios de inclusión: mayor de 18 años, trabajador de tiempo completo, sin distinción de género, que tenga por lo menos 12 meses laborando en la empresa, sin antecedentes de desórdenes musculoesqueléticos, sin antecedentes de desórdenes neuronales y que tengan un puesto en la línea, para recabar información que no se tenga en el área de enfermería. Todos los participantes deberán leer una hoja de consentimiento informado, esta hoja es para los que decidan participar, es de manera voluntaria, en ella se les explica de que trata el proyecto, para qué serán usados sus datos y quiénes son los investigadores a cargo. El primero es un cuestionario de datos de identificación y demográficos. El segundo cuestionario pertenece a una encuesta de incomodidad por región corporal, este cuestionario nos indica la región y el nivel de intensidad con el que se presenta una molestia en el trabajador, este cuestionario también nos dirá la probabilidad con la que el trabajador irá a buscar tratamiento en un futuro.

Evaluación Ergonómica

Análisis de tarea

El análisis de tarea consta de la toma de un video de duración mínima de 10 minutos, tomado de varios ángulos diferentes, el video será descompuesto en 200 fotogramas mediante un programa llamado GomPlayer®, para esto se necesita transformar la duración del video en segundos y dividirlo entre 200 para obtener el intervalo para cada fotograma. (Duración del video/200=intervalo de fotograma), se

tomará una muestra aleatoria de 100 fotogramas, de los 200 fotogramas obtenidos, esta muestra será dividida en sub tareas, las sub tareas con un porcentaje mayor al 10% se les aplicará una Evaluación Ergonómica, con herramientas RULA, REBA, OWAS. Y a las que sea necesario se les aplicará un análisis biomecánico.

Lean

Con la información de los métricos, el análisis de tarea y el diagrama de flujo, se aplicarán herramientas para el control de la demanda, se tomarán los tiempos para establecer un tiempo de ciclo y compararlo con el que ya se tiene en la empresa, un Takt Time, SMED, Diagramas continuos para ver el flujo del producto y se señalarán las zonas problemáticas.

Seis Sigma

Se aplicara el ciclo DMAIC (por sus siglas en ingles Define, Measure, Analyze, Improve, and Control), a las estaciones que cuenten con maquinaria. Se tomará de cada máquina la falla que produce, cada cuanto tiempo es producida.

Generar un programa de implementación para las recomendaciones

Con las recomendaciones generadas se realizará un manual en donde se especifique paso a paso como aplicar cada una de estas recomendaciones.

Reevaluación

En base a nuevos métricos generados después de la intervención se realizará una

reevaluación y se realizará una comparación entre los métricos antes de la intervención y después de la intervención.

Resultados

En este proyecto se desea identificar el nivel de riesgo de desórdenes musculoesqueléticos de cada una de las estaciones y los factores que están causando problemas en la calidad, producción y seguridad a través de un estudio con un enfoque holístico que incluya las técnicas Evaluación Ergonómica, Lean y Seis Sigma. Se espera generar recomendaciones y un programa de aplicación de las recomendaciones para reducir o eliminar el

nivel de riesgo de aparición de desórdenes musculoesqueléticos y los factores adicionales que están causando problemas a la línea y ahorrar a la empresa costos futuros, los resultados serán medidos mediante la comparación de los métricos de producción antes y después de la intervención.

Se espera que este proyecto sirva como base para que el programa de implementación

Referencias

Agencia Europea para la seguridad y salud en el trabajo. (2003). *Riesgos asociados por manipulación manual de cargas en el lugar de trabajo*. España: Próxima.

Comisiones obreras de Castilla y León. (2008). *Manual de Trastornos Músculo Esqueléticos. Manual de Maquinas y Equipos de Trabajo*, 13-22.

Diego-Mas, J. A., & Asensio, S. (2006). <http://www.ergonautas.upv.es/metodos/owas/owas-ayuda.php>. Recuperado el 24 de Abril de 2014, de <http://www.ergonautas.upv.es>: <http://www.ergonautas.upv.es/metodos/owas/owas-ayuda.php>

Eklund, J. (2001). A developmental Quality approach for Ergonomics. *Conference- Ergonomics for changing work*, 26-38.

Farrer Velázquez, F., Minaya Lozano, G., Niño Escalante, J., & Ruiz Ripollés, M. (1994). *Manual de Ergonomía*. Madrid: Fundacion MAPFRE.

Fernández, J. E., Ibarra, G., Marley, R. J., & Noriega, S. (2008). *Ergonomía Ocupacional: Diseño y Administración del trabajo*. Ciudad Juárez, Chihuahua, México: International Journal of Industrial Engineering Press.

Hassan, M. N., Hawas, Y. E., & Maraqa, M. A. (2012). A Holistic Approach for assessing safety in the United Arab Emirates. *Accident Analysis & prevention*, 554-564.

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene. (2003). *Manipulación Manual de cargas*. En M. d. Inmigración. Madrid.

Ledesma, J., & Rojas, A. (2003). NTP 629: *Movimientos Repetitivos, métodos de evaluación; Método OCRA*. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales España, 1-6.

McAtamney, L., & Corlett, N. E. (1993). RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. *Applied Ergonomics*, 91-99.

Philip D. Bust, A. W. (2005). Contemporary Ergonomics. En A. W. Philip D. Bust, Contemporary Ergonomics (pág. 648). Taylor and Francis.

Ringen, G., Aschehoug, S., Holtskog, H., & Jonas, I. (2014). Integrating Quality and Lean into a Holistic Production System. ScienceDirect, 242-247.

Salvendy, G. (2012). HANDBOOK OF HUMAN FACTORS AND ERGONOMICS. New Jersey: John Wiley & Sons.

Schwab, K. (2013). Holistic Methodological Model for introducing Industrial Quality Management Methods to Manufacturing in Small and Medium Sized Enterprises. Procedia Engineering, 895-902.

Stanton, N., Hedge, A., Broolhuis, K., Salas, E., & Hendrick, H. (2004). Handbook of Human Factors and Ergonomics Methods. New York: CRC PRESS.

Tornstrom, L., Amprazis, J., Christmasson, M., & Jorgen, E. (2008). A corporate workplace

model for ergonomics assessments and improvements. APPLIED ERGONOMICS, 219-228.

Universidad de Michigan Colegio de Ergonomia. (3 de Octubre de 2012). <http://www.umich.edu/~ioe/3DSSPP/>. Recuperado el 12 de Marzo de 2014, de <http://www.umich.edu/~ioe/3DSSPP/>: <http://www.umich.edu/~ioe/3DSSPP/>

Vaysburd, A. M. (2006). Holistic system approach to design and implementation of concrete repair. Cement & Concrete Composites, 671-678.

Villar Fernández, M. F. (2011). Tareas Repetitivas I: Identificación de los factores de riesgo para las extremidades superiores. Instituto Nacional de Seguridad E Higiene en el Trabajo, 1-32.

Ware, B. F., Subramanian, A., Kumar, A., & Fernandez, J. (2011). HPI: Holistic Approach to Process Improvement Engineering. International Journal , 606-615.

Zuccato, A. (2007). Holistic security managment framework applied in electronic commerce. computers & Security, 256-265.

Implementación de la metodología seis sigma para mejoramientos de troqueles de alta velocidad

Humberto Ponce¹, Delfino Cornejo¹, Javier Molina¹, Francisco Javier López Benavides¹

¹Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

Resumen

La siguiente investigación tiene como base la metodología Seis Sigma. La cual es utilizada para mejoramientos de eficiencia, tiempo extra y costos operacionales aplicados a troqueles de alta velocidad. Esta metodología viene acompañada del proceso DMAMC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar). El proyecto consiste en un grupo de diez herramientas del programa K2XX liberadas a producción regular en agosto del 2013. La tendencia de productividad en estas herramientas es deficiente y la necesidad de actuar en ellas apremiante. El área de estampado metálico presenta altos costos en Premium (costos por embarques tardíos) y reemplazo de herramientas quebradas. El seguir las etapas del DMAMC, permitirá encontrar la causa raíz y reducir costos.

Palabras clave: Seis Sigma, DMAMC, K2XX.

Introducción

El concepto Manufactura está representado mediante un amplio mundo de posibilidades en donde diversos materiales son modificados para obtener un producto que cumpla con ciertas características y que satisfaga las necesidades del cliente. Es aquí donde los procesos de manufactura toman relevancia ya que mediante ellos se determina el éxito o no del producto.

En la actualidad la necesidad de tener procesos de manufactura con un número de mínimo de fallas resulta un reto ya que esto va de la mano con la necesidad de atraer nuevos negocios a las compañías, la obtención de nuevos contratos en la industria se determina compitiendo y gana aquel que ofrece calidad a bajo costo.

Es por esto que en las pasadas décadas surgió una creciente tendencia orientada al

mejoramiento de los procesos, aquellas malas prácticas que anteriormente se pasaban por alto con el transcurso de los años se convirtieron en desperdicios y es aquí donde la atención se enfoca, el éxito, producto de la reducción o la eliminación de todos aquellos factores que generen ruido en el sistema será factor determinante en la solidez de cualquier empresa.

Este proyecto está enfocado en la mejora de procesos de estampado metálico basado en el incremento de eficiencia, así como en la reducción de todas aquellas retroalimentaciones de calidad por parte de los diversos clientes, por lo que nos centraremos en una metodología que nos permita reducir la variabilidad actual de nuestro sistema de troqueles. Con la reducción de variables, se obtienen ahorros en costo que se deriva de la disminución de

fallas y tiempos de ciclo menores en los procesos.

Seis sigma es la metodología en la que este estudio estará enfocado ya que permite la caracterización de la información basado en

herramientas estadísticas, esto nos permitirá conocer a detalle la situación actual del negocio, plantear áreas de oportunidad y establecer acciones para los puntos encontrados basado siempre en el mejoramiento continuo.

Metodología

Basados en el ciclo PDCA (Plan- Do-Check-Act: Planificar-Hacer-Comprobar-Actuar) de Deming, podemos ver que toda implementación pudiera parecer sencilla al inicio, sin embargo, la variedad de herramientas que forman este círculo, lo convertirán en el principal reto de este proyecto. En este proyecto vamos a utilizar un ciclo de mejoras de cinco etapas. DMAMC (Definir-Medir-Analizar-Mejorar-Controlar). Este modelo se basa en el PDCA; Sin embargo, utilizaremos DMAMC para aplicarlo tanto a la mejora como al diseño/rediseño del proceso.

Procesos de mejora seis sigma

Objetivo general: Incremento de eficiencia dados baja velocidad.

Objetivo particular 1: Definir

En esta sección se establece el escenario (imagen) para el proyecto. Al documentar los parámetros se puede garantizar el cumplimiento a las expectativas y la ejecución de las actividades de mejora. Para esto es necesario presentar de manera simple el cuadro del proyecto en el que de una manera concisa y centrada se detallarán los problemas y oportunidades que se van a estudiar, véanse Tablas 1 y 2.

Tabla 1. Elementos de una definición del problema

Elementos de la definición del problema	
¿Qué?	¿Qué proceso está implicado? Estampado metálico en RBE 1
	¿Que está mal? Baja eficiencia, altos costos en Premium, elevado tiempo extra y quejas de cliente.
	¿Cuál es la deficiencia u oportunidad? Bajo desempeño en troqueles K2XX
¿Dónde/ cuándo?	¿Dónde se observa el problema/deficiencia? Se observa en la liberación de este programa. El tiempo normal para liberar es dos días, en este paquete cada herramienta tomo dos semanas. Esto debido a la alta incidencia de herramientas dañadas y problemas dimensionales.
	¿Cuando se observa el problema/deficiencia? Periodo de agosto-noviembre 2013
¿De qué envergadura?	¿Qué envergadura tiene el problema/deficiencia/oportunidad? Se trabajan cien dados de producción regular con un requerimiento semanal de 29,132,725 terminales. El programa K2XX representa diez herramientas que equivalen a quince números de parte con un requerimiento semanal de 10,607,475. Es decir, 1/3 parte de los requerimientos del área. Por lo tanto, debido a la baja eficiencia de los troqueles, el resto de los números de parte se atrasan, se aceleran cambios de número de parte y consumo de refacciones.
	¿Cómo medirlo? En base al desempeño por maquina (reportes de producción).
¿Impacto?	¿Cuál es el impacto del problema/oportunidad? \$ 244,500 dólares en Premium durante el 2014/ \$ 60,230.89 dólares en costo de tiempo extra
	¿Cuáles son los beneficios de actuar o las consecuencias de no actuar? Reducción en los costos de operación en la planta.

Tabla 2. Requerimiento semanal por máquina

Estampadora	Req. Semanal	Numeros de parte x Maquina
<i>Maquina #0</i>	5,100,000.00	2
<i>Maquina #1</i>	4,402,610.00	22
<i>Maquina #2</i>	2,656,519.00	7
<i>Maquina #3</i>	9,619,276.00	6
<i>Maquina #4</i>	7,001,236.00	12
<i>Maquina #5</i>	353,084.00	51
29,132,725.00		

Objetivo Particular 2: Medir

Las terminales en RBE 1 son inspeccionadas a través de un comparador óptico microview mediante rutinas de medición previamente establecidas. Dichas rutinas arrojan un reporte dimensional, el cual compara la dimensión nominal del plano contra la dimensión dada por el aparato de medición. La decisión de liberar la corrida de la herramienta en la máquina va en proporción del resultado que se arroje en comparativa el estudio. Cada rutina de inspección incluye la medición de tres terminales y en ella se toman doce dimensiones críticas para cada terminal. Para efectos del estudio se tomaron cien datos provenientes de rutinas dimensionales generadas en los tres turnos del área (véase

la Figura 1). Estas dimensiones corresponden a un periodo de enero a mayo del 2014. Se utilizó como prototipo de estudio la herramienta 13833340 MA el cual corresponde al número de parte 13833338.

Estudio de capacidad: El valor de Cp es mayor a 1.33 (1.54) por lo tanto la variabilidad del proceso no es mayor a los límites de especificación. En cambio el movimiento dinámico de la media del proceso o Cpk es menor a 1.33 (1.05) por lo que el proceso no está centrado, véase la Tabla 3.

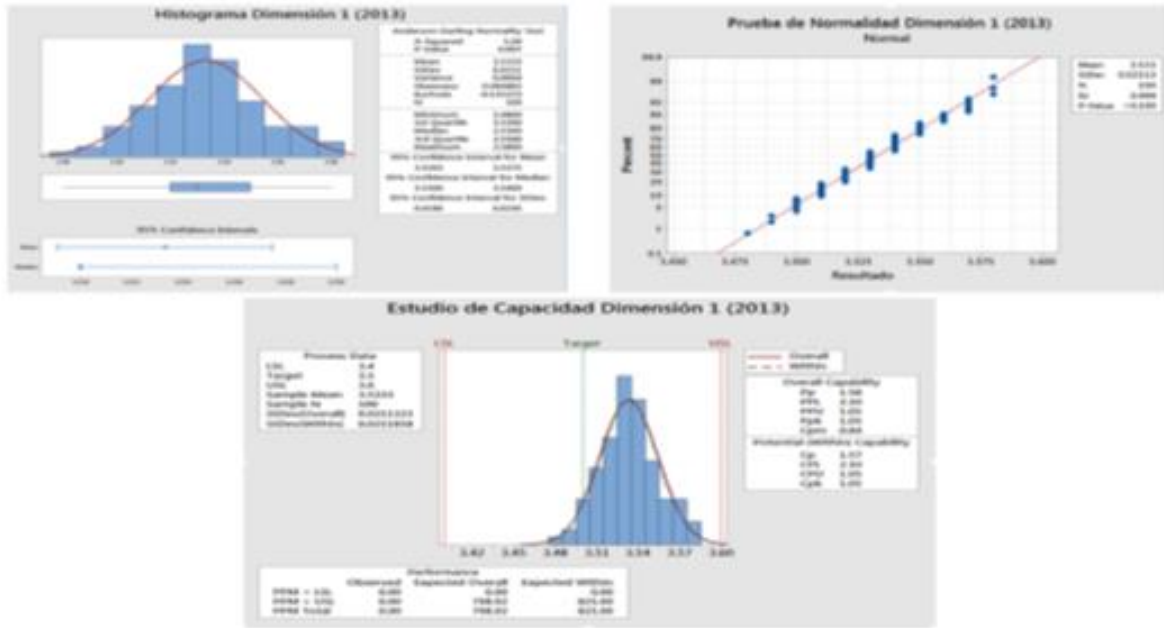


Figura 1. Estudio de Capacidad Dimension 1

Tabla 3. Resultados dimensionales

Dimensión	Distribución	Cp/Pp	Cpk/Ppk	Foto
1	Normal	Cp 1.57	Cpk 1.05	
2	Weibull	Pp 0.83	Ppk 0.60	
3	Smallest Extreme Value	Pp 1.72	Ppk 1.29	
4A	Johnson Transformation	Pp 1.18	Ppk 0.84	
4B	Johnson Transformation	Pp 1.04	Ppk 0.65	
5A	Smallest Extreme Value	Pp 0.80	Ppk 0.72	
5B	Normal	Cp 0.85	Cpk 0.59	
6A	Normal	Cp 1.35	Cpk 0.39	
6B	Normal	Cp 1.61	Cpk 0.49	
7	Normal	Cp 1.86	Cpk 1.48	
9	Normal	Cp 2.36	Cpk 2.08	
10	3-Parameter Weibull	Pp 0.55	Ppk 0.43	

Objetivo Particular 3: Analizar

La fase de analizar se considera como la más impredecible del DMAMC. Una de las lecciones más interesantes del método Seis Sigma es que las causas claramente sospechosas (las causas que se sospechan la raíz del problema) suelen no tener el grado de culpa que creemos.

El estudio de capacidad mostró problemas dimensionales graves, de las doce dimensiones analizadas solo dos dieron los resultados del Cp y CPk favorables al

mismo tiempo. Esto convierte el proceso entero en una bola de nieve la cual va desde los tiempos de ajustes de aquellas dimensiones fuera de especificación hasta la necesidad de llevar a cabo corridas fuera de los controles establecidos por calidad para reducir la incidencia de Premium en el área.

Se seleccionó un método común para entrar en el análisis, la herramienta elegida es el diagrama de causa y efecto la cual durante años ha sido el favorito de muchos estudios, véase la Figura 2.



Figura 2. Diagrama Causa - Efecto

Análisis de Terminales (Función y dimensiones críticas)

El programa K2XX incluye seis tipos de terminales diferentes, véase la Figura 3, se clasifican en terminales de espada y de tunning fork cada una con características

dimensionales únicas de acuerdo a la función a desempeñar dentro de la tablilla eléctrica. En el sistema de inspección se toman aproximadamente 12 dimensiones, sin embargo según funcionalidad por terminal solo se requieren de dos a tres dimensiones.

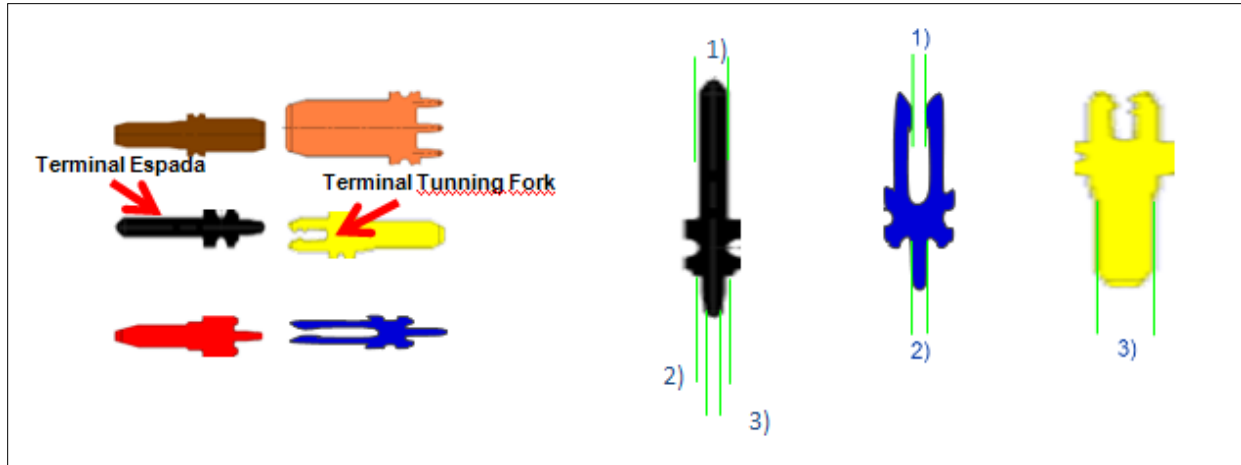


Figura 3. Funciones críticas por tipo de terminal

Objetivo Particular 4: Mejorar

Todo el trabajo previo de definir, medir y analizar los problemas debe mostrar su beneficio en esta fase. Para esto es necesaria la creatividad, las soluciones bien pensadas y la investigación. Para que la mejora sistematizada se dé es necesario buscar métodos para aumentar los beneficios al máximo. Iniciaremos esta sección con una descripción detallada de los estándares requeridos para los dados progresivos. La información descrita a continuación permite la evaluación de las herramientas actuales con respecto a los estándares propuestos globalmente para el correcto funcionamiento de los dados.

Hallazgo 1 y 2 (Solución)

La falta de *holders* representa un desgaste prematuro en el *retainer*. El desgaste significativo al paso del tiempo genera problemas dimensionales y estos a su vez en baja productividad y en altos costos en reemplazo de herramientas. Para obtener un nuevo diseño resulta necesaria la modificación del *retainer* superior al cual se le dará una mayor apertura la sección de punches. A este nuevo diseño se le agregaron *holders* y punches modificados, véanse las Figuras 4 y 5.

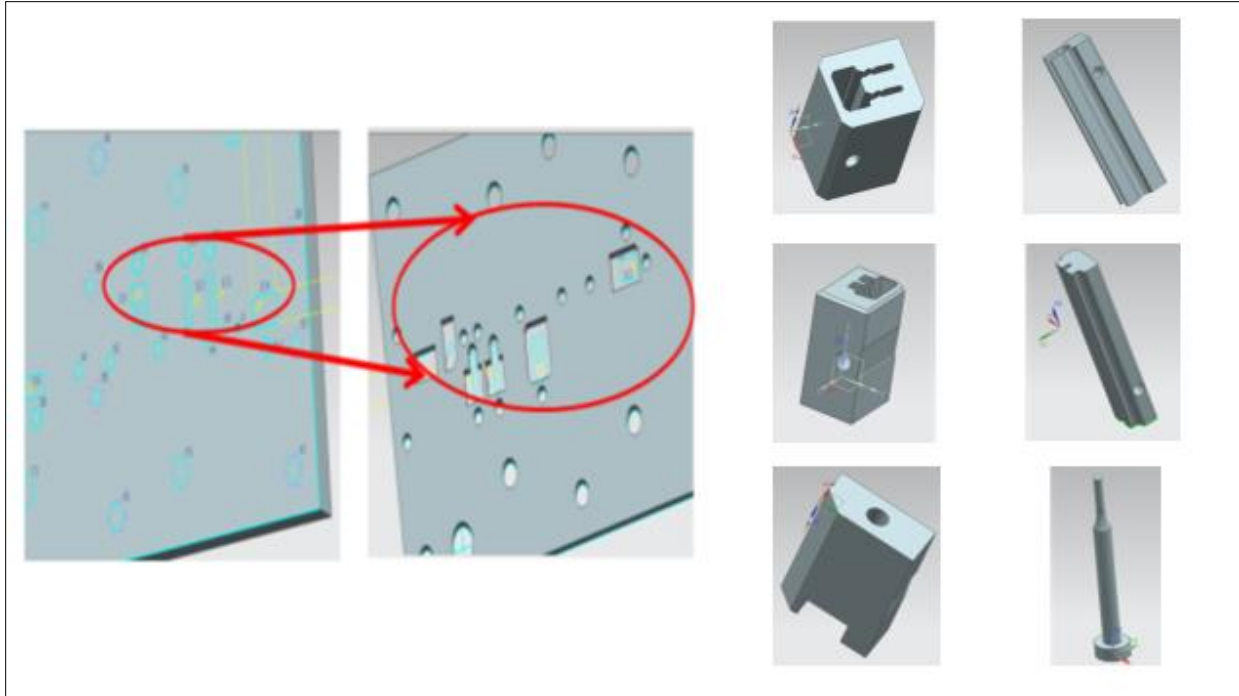


Figura 4. Nuevo diseño troquel 13833340 MA 1



Figura 5. Troquel 13833340 MA 1 modificado

Hallazgo 3 (Solución)

El contar con un *punch* que lleve proceso de *sinker* para este diseño en particular, es el de dar mayor soporte en la sujeción de la

herramienta contra *retainer*. Al agregar *holder* al diseño ya no será necesario el quemado de la herramienta. El diseño del *punch* es sustituido por el siguiente mostrado en la Figura 6.

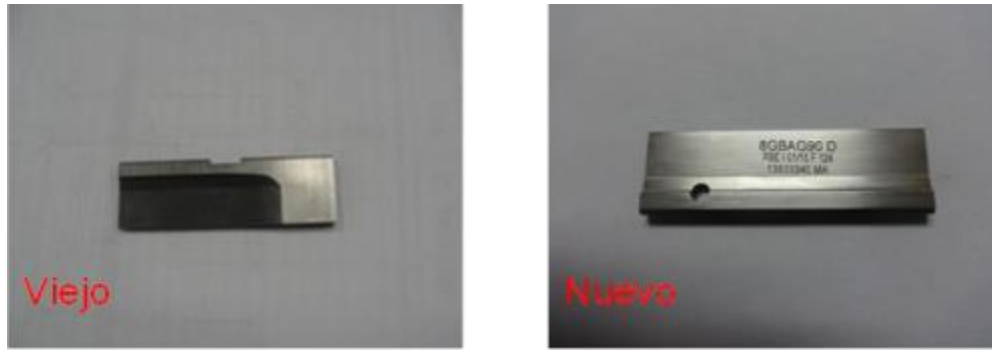


Figura 6. Punch modificado

Hallazgo 4 (solución)

El uso holders tiene un doble propósito. El primero es el de evitar desgaste en el retainer y el segundo es el de permitir una mayor flexibilidad ya que los punch tendrán

una mayor alineación al momento de pasar a través del *stripper insert*. El stripper es parte del nuevo rediseño, el cual no contará con *stripper insert*, con lo que se espera una reducción de costos en el reemplazo de estas herramientas, véase la Figura 7.

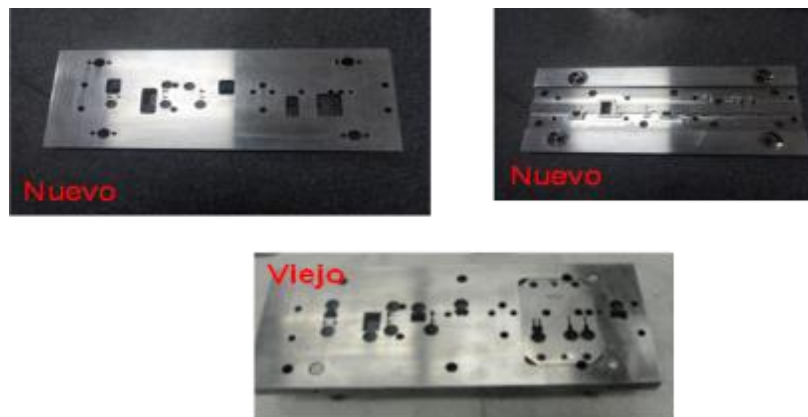


Figura 7. Stripper modificado

Hallazgo 5 (solución)

La importancia de reducir la cantidad de herramientas quebradas por causa de tornillos capados resulta vital para el consumo y fabricación de refacciones. La resultante no es un problema de calidad, pero si un detonante de la baja eficiencia y productividad, lo que contribuye de manera significativa a los embarques fuera de tiempo o Premium que son constantes en el

área de estampado debido a la no disponibilidad del troquel. El primer diseño planteado para esto es el adecuar el dado para darle cabida a un sistema de resorte que permita bajar el stripper de manera uniforme y regresarlo por impulso de la misma manera, reduciendo así el impacto directo contra el tornillo y su punto de quiebre, véase la Figura 8.

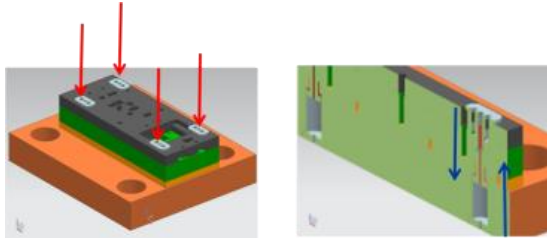


Figura 8. Sistema de resorteo para troquel

Un segundo diseño es anexado al proyecto ya que resulta indispensable asegurar el desempeño del dado eliminando el riesgo de fractura en el tornillo. Por lo que adicional

al sistema de resortes se agregaron cuatro sujetadores a los costados del dado lo que reducirá por completo el impacto hacia la cabeza del mismo, véase la Figura 9.



Figura 9. Sistema de sujetadores troquel 13833340 MA 1

La Tabla 4 un comparativo de los resultados obtenidos del segundo estudio de capacidad con las herramientas ya modificadas contra

los resultados obtenidos en el primer estudio para el número de parte 13833338 MA.

Resultados dimensionales:

Tabla 4. Resultados dimensionales segunda evaluación

Dimensión	Distribución	Antes		Distribución	Después		Foto
		Cp/Pp	Cpk/Ppk		Cp/Pp	Cpk/Ppk	
1	Normal	Cp 1.57	Cpk 1.05	Normal	Cp 1.59	Cpk 1.36	
2	Weibull	Pp 0.83	Ppk 0.60	Normal	Cp 1.49	Cpk 1.24	
3	Smallest Extreme Value	Pp 1.72	Ppk 1.29	Normal	Cp 2.05	Cpk 1.93	
4A	Johnson Transformation	Pp 1.18	Ppk 0.84	Normal	Cp 1.38	Cpk 1.18	
4B	Johnson Transformation	Pp 1.04	Ppk 0.65	Normal	Cp 1.61	Cpk 1.40	
5A	Smallest Extreme Value	Pp 0.80	Ppk 0.72	Smallest Extreme Value	Pp 1.15	Ppk 0.84	
5B	Normal	Cp 0.85	Cpk 0.59	Normal	Cp 1.20	Cpk 1.11	
6A	Normal	Cp 1.35	Cpk 0.39	Normal	Cp 2.70	Cpk 1.22	
6B	Normal	Cp 1.61	Cpk 0.49	Normal	Cp 1.82	Cpk 1.30	
7	Normal	Cp 1.86	Cpk 1.48	Normal	Cp 1.85	Cpk 1.47	
9	Normal	Cp 2.36	Cpk 2.06	Normal	Cp 1.78	Cpk 1.53	
10	3-Parameter Weibull	Pp 0.55	Ppk 0.43	Normal	Cp 0.86	Cpk 0.75	

Resultados

Hasta el momento de acuerdo al plan establecido al inicio del proyecto ya se cuenta con ocho herramientas con el ciclo completo y funcionando de acuerdo a las

modificaciones establecidas en los hallazgos. Solo dos continúan en proceso de mejora, tal como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5. Secuencia de diseño

Prioridad	Herramienta	Numero de parte	Modelos	Planos 2D	Retrabajo de detalles	Validación	Requerimiento
1	13833340 MA 1	3338/3332					4,427,475
2	13833326 MA 1	3326					2,800,000
3	13833335 MA 1	9468/3335					804,000
4	13833334 MA 1	3334					795,000
5	13838853 MSCA	3334					480,000
6	13833330 MA 1	7262/3008/3330					478,000
7	13833327	3327					432,000
8	13833328	3009/3328					313,000
9	13833331 MA 1	3331					46,000
10	13833337 MA 1	3337					32,000

Eficiencia Operacional, productividad

Una vez desarrollado el plan de mejoramiento, la tendencia ha sido inclinada de manera positiva, el cambio se ha dado de manera gradual pero constante, como se puede apreciar en la Tabla 6.

Tabla 6. Eficiencia operacional y productividad

Estampadora	Semana 30-5 Abril	Semana 6-12 Abril	Semana 13-19 Abril	Semana 20-26 Abril	Semana 27-03 Mayo	Semana 04-10 Mayo
Máquina #0	5,256,000	5,952,000	4,528,000	5,384,000	5,530,000	5,544,000
Máquina #1	5,114,000	5,154,000	5,891,300	5,799,000	6,049,500	5,484,600
Máquina #2	5,835,000	7,216,500	5,213,100	6,580,200	7,821,000	5,604,000
Máquina #3	5,682,000	6,750,000	8,042,000	6,822,000	4,121,600	6,900,000
Máquina #4	7,172,000	4,975,000	7,948,000	7,554,000	6,879,000	7,916,000
Máquina #5	297,000	348,134	354,485	286,839	275,383	239,919
Total	27,726,000	30,398,234	32,080,865	32,406,047	32,670,483	31,670,519

Estampadora	Semana 30-5 Abril	Semana 6-12 Abril	Semana 13-19 Abril	Semana 20-26 Abril	Semana 27-03 Mayo	Semana 04-10 Mayo
Máquina #0	40%	39%	44%	32%	43%	40%
Máquina #1	42%	36%	46%	32%	42%	43%
Máquina #2	47%	31%	40%	49%	45%	50%
Máquina #3	40%	43%	70%	48%	47%	45%
Máquina #4	33%	33%	33%	49%	32%	40%
Máquina #5	38%	44%	40%	38%	37%	23%
Total	40%	36%	53%	38%	43%	34%

Estampadora	Req. Semanal	Numero de parte x Máquina
Máquina #0	5,100,000.00	2
Máquina #1	4,402,610.00	20
Máquina #2	2,898,319.00	7
Máquina #3	9,819,276.00	6
Máquina #4	7,001,236.00	12
Máquina #5	353,084.00	51
Total	29,132,725.00	



Premium es el métrico que sin duda alguna se ha visto mayormente beneficiado por el rediseño en el programa K2XX. La tendencia a partir de enero del 2015 se muestra sumamente favorable. Durante el primer cuarto del año 2014 se tuvo un gasto por este rubro de \$31,100 dólares contra \$2,800 dólares en el mismo periodo del

2015. Esto representa un 91% de diferencia con respecto al año anterior, lo que equivale a \$28,300 dólares de diferencia solamente en el primer cuarto. Si esta misma tendencia se aplica para el resto del año la diferencia con respecto al 2014 será de \$222,495, véase la Figura 10.

DEC. NA PLANT 39 RBE1	QVCii		YTD Actuals	Q1 Actuals			Q2 Actuals			Q3 Actuals			Q4 Actuals		
	2013 Actual Year End	2014 Target		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Alquil Arguiles	\$394.5	\$182.7	\$ 418.1	\$ 22.8	\$ 24.7	\$ 11.9	\$ 11.5	\$ 61.0	\$ 63.0	\$ 33.6	\$ 18.9	\$ 66.0	\$ 90.5	\$ 10.2	\$ 6.5
Concepto de Estampado 2014			\$ 244.5	\$ 9.1	\$ 16.1	\$ 3.0	\$ 2.9	\$ 48.8	\$ 57.0	\$ 30.2	\$ 7.2	\$ 36.5	\$ 31.7	\$ 1.5	\$ 0.7
		2015 Target	\$ 78.8	\$ 8.8	\$ 40.8	\$ 16.4	\$ 12.8								
Concepto de estampado 2015			\$ 2.8	\$ 0	\$ 2.8	\$ 0	\$ 0								

Figura 10. Premium

El costo de las herramientas representa un parámetro a medir que es digno de ser revisado. Durante el periodo enero-junio del 2014 se tuvieron 37 incidencias de herramientas quebradas con un impacto

para la planta de \$60,062 dólares. Una vez hecha la modificación en el stripper (hallazgo 5) el costo por herramientas quebradas para el primer cuarto del año 2015 es de \$0 dólares, véase la Tabla 7.

Tabla 7. Costo de herramientas quebradas

Descripción de Falla	Enero-Junio 2014			Enero-marzo 2015		
	Incidencias	Costo unitario	Costo Total	Incidencias	Costo unitario	Costo Total
Punch quebrado	16	\$749	\$ 11,984.00	0	\$749	\$ -
Stripper plate quebrado	12	\$409	\$ 4,908.00	0	\$409	\$ -
Stripper insert quebrado	9	\$4,800	\$ 43,200.00	0	\$4,800	\$ -
			\$ 60,092.00			\$ -

Controlar

Las actividades para mantener el proceso de manera controlada y ascendente se enlistan a continuación:

1. Los estándares globales para el diseño de un troquel deben ser compartidos con los representantes de gestionar la compra de nuevos dados y estos a su vez con los proveedores. Todo nuevo dado debe ser liberado para producción con los estándares propuestos.
2. Sistema efectivo de mantenimiento preventivo de herramientas, las rutinas deben realizarse de acuerdo a ciclos y los ciclos se establecen

dependiendo de la naturaleza del troquel y el nivel de complejidad del mismo.

3. Respaldo sólido en el sistema de máximos y mínimos de consumibles establecidos para el almacén de materiales indirectos.
4. Todo personal a cargo del sistema de control de calidad en el área de estampado, debe entender con claridad la funcionalidad y las dimensiones críticas de la terminal. Esto debe acelerar la toma de decisiones para la liberar la corrida de producción evitando ajustes innecesarios que entorpezcan la productividad del área.

Conclusiones

Las fases DMAMC basados en las herramientas de calidad del sistema Seis Sigma aplicados en troqueles para estampado metálico de alta velocidad dieron como resultado un impacto directo

en el incremento de la eficiencia, productividad y gastos reflejados en los costos operacionales por Premium y tiempo extra.

References

Ashkenas, R. D. (1995). *The Boundaryless Organization: Breaking the Chains of Organizational Structure*. San Francisco: Jossey-Bass.

Freddy Balle, M. B. (May 9, 2005). *THE GOLD MINE*. Lean Enterprise Institute.

Lasheras, J. M. (1996). En *Tecnología Mecánica*. Espana: Editorial Donostiarra.

Natarajan, A. K. (Springer-Verlag London 2013). *Application of Six-Sigma DMAIC*

methodology to sand-casting process with response surface methodology. Published online: 20 June 2013, 18.

Peter S. Pande, R. P. (2000). *THE SIX SIGMA WAY*. The McGraw-Hill.

Yen, J. P. (Springer-Verlag London Limited 2004). *A DMAIC approach to printed circuit board quality improvement*. Received: 27 November 2002 / Accepted: 5 March 2003 / Published online: 10 January 2004, 10.

Análisis de robustez de procesos para evaluar factibilidad de implementar control en línea

José Manuel Pizarro León¹, Rey David Molina Arredondo¹, Roberto Romero López¹,
Oscar Nuñez Ortega¹

¹Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

Resumen

El diseño de parámetros robustos presentado por Taguchi es una herramienta que ha sido ampliamente usada en la industria para mejorar la calidad, al reducir la variabilidad en los procesos y productos, aprovechando las interacciones entre los factores de control y los factores de ruido. En el presente artículo se presenta una breve descripción de los enfoques más importantes que se han presentado para mejorar la calidad de productos mediante el uso de diseño robusto.

Palabras clave: Diseño robusto, factores de ruido, control de calidad en línea, función de pérdida.

Introducción

El uso del diseño de robustos es una técnica, propuesta por Taguchi para mejorar la calidad de productos para reducir su variabilidad, esta técnica se enfoca en hacer el proceso insensible a los factores de ruido. Los factores de ruido pueden ser factores ambientales tales como condiciones de temperatura, condiciones de la materia prima, deterioro, entre otros; y son las causantes de variación en el proceso (Besterfield, 2009, pág. 91)

El presente trabajo tiene como objetivo el de desarrollar una estrategia de control y un análisis de robustez para conocer la factibilidad de implementar dicha estrategia en una planta manufacturera en un proceso de manufactura desde el punto de vista económico (costo-beneficio). Y pretende que en la empresa donde se desarrolle el proyecto si es factible (desde el punto de

vista económico) el uso de estrategias de control. Los beneficios que proporciona esta estrategia de control son muchos, estableciendo un equilibrio en la determinación de los parámetros de un proceso en una empresa determinada reduciendo los costos de un proceso.

Antecedentes

El desarrollo de las bases de los fundamentos del diseño robusto se debe al Dr. Genichi Taguchi científico japonés quien pasó gran parte de su vida profesional en la investigación para mejorar la calidad y de productos de manufactura. (Ranjit Roy, 2001, pág. 9) Gracias a sus investigaciones en los años 1950's y principios de los años 1960's. En reconocimiento a su labor de investigación y aplicación de dicho método recibió el premio Deming en cuatro oportunidades. Es uno de los premios más

prestigiados dentro del ámbito del área de calidad. En 1986 recibió La medalla Willard F. Rockwell por combinar métodos estadísticos y de ingeniería para lograr mejoramientos de manera muy rápida en costo y calidad mediante la optimización de diseño de producto y del proceso de manufactura. En 1990 recibió el listón azul por parte del emperador de Japón por su contribución en la industria y la medalla Shewhart por parte de la asociación Americana de Calidad en 1996. El Dr. Taguchi en 1997 fue electo miembro honorario de dicha asociación y tercer japonés en estar en el salón de la fama del área automotriz en Dearborn, Michigan. (Taguchi, Chowdhury, & Wu, Taguchi's Quality Engineering Handbook, 2005)

El método de diseño robusto puede ser aplicado a una gran variedad de áreas como son: la electrónica, la automotriz, la fotografía, la nanotecnología, la industria del calzado, la aeronáutica, entre muchas otras. El método de diseño robusto sigue en permanente evolución. La investigación activa en Estados Unidos, Japón y otros países se espera que la aplicación de este método y el método mismo se desarrolle ampliamente en las próximas décadas. (Phadke, 1989, págs. 2-3) Por ejemplo en la Universidad de Bagdad se ha utilizado el método de diseño de Taguchi junto con el método de redes artificiales neuronales para la solución de procesos de soldadura. (Abid Al-sanib, A Hamza, & Al-kazaz, 2010) Por otro lado, las compañías pioneras en Estados Unidos en aplicar la metodología Taguchi fueron: Bell Laboratories de AT&T, Ford y Xerox principalmente. (Bhote & Bhote, 2000, pág. 75)

Genichi Taguchi realizó un gran esfuerzo para llevar a un terreno práctico el diseño experimental. Introdujo, además, conceptos revolucionarios que afectaron la forma de medir la calidad y su costo. Para Taguchi, la calidad, antes que por la satisfacción de especificaciones, debe medirse en términos de la así llamada *función de pérdida*, que establece la pérdida que la sociedad sufre como consecuencia de la mala calidad. Un producto de calidad es para el cliente aquél que cumple con las expectativas de *performance* o rendimiento cada vez que lo utiliza, sin fallas y en cualquier condición o circunstancia. Los productos que no cumplen con dichas expectativas causan pérdidas, tanto para los clientes y los productores, como para, eventualmente, el resto de la sociedad. (Evans & Lindsay, 2008, págs. 112-114)

Por esto, para Taguchi, la calidad debe medirse en función de la pérdida que causa. Mientras mayor es la pérdida que se produce, menor es la calidad. Pero, aunque en un sentido más exigente que en el concepto tradicional, las especificaciones también son clave para Taguchi, y calidad significa conformidad con las especificaciones. Apartarse de las especificaciones equivale a ocasionar al cliente y, en última instancia, a la sociedad, una pérdida (Guajardo Garza, 2008, págs. 76-80). Taguchi se apartó de la sabiduría convencional, que suponía que calidad equivalía a producir dentro de los márgenes de tolerancia, y postuló que el costo de la mala calidad se incrementa con el alejamiento del valor de diseño, produciendo una pérdida para el cuerpo social. (El-Haik & Mekki, 2008, págs. 357-

360) La función de pérdida vale cero cuando el desvío con respecto al parámetro objetivo es nulo y se incrementa cuadráticamente cuando los valores de los productos fabricados se acercan a los límites de tolerancia. En otras palabras, los productos cercanos a los límites de tolerancia son productos casi defectuosos y los gerentes deben trabajar para reducir la variabilidad de sus procesos de producción. La función de pérdida se define como:

$$L(y) = k(y - T)^2 \quad (1)$$

Dónde:

$L(y)$: indica la pérdida (en unidades monetarias) que sufre la sociedad;

k : es una constante específica de cada caso considerado;

T : es un valor objetivo que la dimensión de interés debe tener (T mide la calidad nominal o de diseño);

y : es el apartamiento que la dimensión de interés presenta con respecto al

Valor objetivo, T .

En contraste con el pensamiento tradicional sobre la calidad, que solo penaliza los valores de y que superan los límites de tolerancia, Taguchi considera que todo apartamiento del valor objetivo es un costo para la sociedad y como tal debe ser penalizado. (Wu & Wu, 2000, págs. 163-177)

Planteamiento del Problema

En algunos procesos la característica de calidad se ve influenciada por condiciones

de ruido (desgaste, temperatura, humedad entre otros). Estos factores de ruido pueden ser modelados por algunas series de tiempo. Cuando esto sucede el diseño de parámetros suele ser deficiente. (Joseph, 2003, págs. 2-3) El diseño robusto de parámetros busca hacer un proceso insensible al ruido utilizando apropiadamente la selección de los niveles de control de los factores de ruido. Considerando el siguiente ejemplo, considerar el siguiente modelo:

$$y_t = 10 + 2x_1 - q_t - 0.5r_t + x_2r_t + \epsilon_t \quad (2)$$

Donde y es la salida en un periodo de tiempo, (x_1, x_2) son los factores de control y (q, r) son los factores de ruido y ϵ es el error aleatorio causado por otros factores de ruido en un proceso. Para efectos de prácticos se consideran las variables q, r , y ϵ independientes con media 0 y varianza 1. Suponer inicialmente que el proceso se ajusto a $(x_1, x_2) = (0, -1)$ para alcanzar un valor objetivo promedio de 10 el cual genera una varianza de 4.25. La solución en el diseño de parámetros robusto es ajustar x_2 a 0.5. Al efectuar este cambio podemos ver que el efecto de r en y es eliminada. Ya que la varianza en y se reduce a 2. Porque q no interactúa con x_1 o con x_2 , este acercamiento no puede reducir o eliminar las variaciones causadas por este factor de ruido. En tales casos el diseño de tolerancias es regularmente usado como un remedio de medición. Es claro que la solución del diseño robusto de parámetros trabaja solo y cuando existe un control de las iteraciones de ruido.

Una estrategia de costo-beneficio será utilizar el diseño de parámetros robusto para hacer de un proceso tan robusto como sea posible y posteriormente utilizar un sistema de control o diseño de tolerancias para aún más mejorar el proceso.

Sin embargo, el uso de estrategias de control ocasiona un costo adicional y aumenta el costo unitario de manufactura. Las empresas manufactureras deberán de tener un criterio en base a un estudio de robustez para saber cuándo es conveniente introducir esta técnica de control. Es decir; antes y después de implementar el diseño robusto cuantificar la reducción de la variabilidad y poder estimar de manera monetaria el costo-beneficio de la implementación de técnicas de control.

Objetivos

Desarrollar una estrategia de control y un análisis de robustez para conocer la factibilidad de implementar dicha estrategia en una planta manufacturera en un proceso de manufactura desde el punto de vista económico (costo-beneficio).

Desarrollar un método de control para reducir la variabilidad en un proceso y posteriormente concluir si este método es factible implementarlo después de medir el costo beneficio que este método puede generar a la empresa.

Hipótesis

Con base a la utilización de la metodología Taguchi en el desarrollo (desde el punto de vista económico) el uso de estrategias de control nos permitirá disminuir la

variabilidad y costo en un proceso de manufactura.

El análisis bayesiano nos permitirá incluir la incertidumbre en los parámetros y el cálculo de la probabilidad de obtener valores del cuadrado medio de la desviación menor a una cantidad de criterio específica.

Preguntas de Investigación

¿Cómo definir un criterio o parámetro de referencia acorde a las probabilidades de reducir cierta cantidad de variabilidad en un proceso?

¿Cómo medir la probabilidad de obtener un MSD bajo con cada estrategia?

¿Qué tan grande deberá ser esta diferencia de probabilidad?

Justificación

El presente trabajo va a permitir a la empresa reducir la variabilidad a través de estrategias de control para obtener un beneficio en la reducción del costo. En la actualidad la importancia de reducir los costos ha sido un tema en el que se han dedicado grandes esfuerzos. A pesar de que este trabajo es un tema estudiado, los beneficios que proporciona esta estrategia de control son muchos, estableciendo un equilibrio en la determinación de los parámetros de un proceso. Los beneficios que se obtienen son:

1. Reducción de costos para la empresa.
2. Reducción de paros de producción por falsas alarmas.

3. Reducción de artículos defectuosos que pueden llegar al consumidor.
4. Mejora del servicio al cliente e incremento de la confianza en la empresa.

Esta es la razón que nos lleva a realizar el presente estudio.

Alcance y Delimitación

El alcance de esta investigación es el de presentar una propuesta mediante un estudio que permita hacer un análisis-beneficio desde el punto de vista económico utilizando estrategias de control y de robustez.

Marco Teórico

En la siguiente sección se presentarán las fases teóricas que sustentan la presente investigación.

Importancia del diseño robusto

Para Taguchi, es posible incorporar la calidad en los productos desde su diseño, sin aumentar su costo; los problemas deben eliminarse en el laboratorio de diseño, no en la fábrica o en el campo. Según esta perspectiva, es necesario diseñar productos robustos que toleren variaciones en el proceso de producción y durante el servicio de mantenimiento. (Chung Weng, Yang, & Elsherbini, 2007) Los métodos estadísticos deben seleccionar los factores importantes que afectan el diseño. Taguchi establece su metodología para:

1. Diseñar productos y procesos robustos a las condiciones ambientales;
2. Diseñar y desarrollar productos robustos a la variación en sus componentes;
3. Minimizar la variación alrededor de un valor objetivo.

La ingeniería de la calidad de Taguchi combina métodos estadísticos y de

ingeniería para optimizar los procesos de diseño y fabricación de modo que aumente la calidad y se reduzcan los costos de los productos. El diseño de experimentos juega un papel esencial en el enfoque de Taguchi, pues ayuda a identificar los factores que más intervienen en la generación de problemas de calidad o, alternativamente, los factores que más contribuyen a lograr resultados positivos. A lo largo de este proceso, se fortalece la cooperación entre diversos niveles y áreas de la empresa. (Roy, 1990, págs. 7-14)

Conceptos

a) La Robustez es la característica de un producto cuando es insensible a los efectos de fuentes de variación (ruido).

b) Los factores de ruido (FR) son las causas que hacen que una característica funcional se desvíe de su objetivo. Existen varios tipos de “ruido”:

1. FR Externo (se representa fuera del producto, como la temperatura del día, el error humano, las fluctuaciones de voltaje, entre otros).

2. FR Entre-productos (relacionado con la variación inherente del proceso).
3. FR Deterioración (es la variación interna, expresada como, por ejemplo, la diferencia en vida de un producto).

La variación puede reducirse a través de eliminar la causa, o evitar que sea fuente de variación afecte al producto. (Escalante Vazquez, 2003, pág. 379)

c) La variación observada en las respuestas de un proceso se basa fundamentalmente en la característica de un producto final, está influenciada por muchos subsistemas distintos pudiendo estar cada subsistema a su vez compuesto por otros subsistemas. Cada uno de estos subsistemas está formado como ya hemos visto por un entorno, unas entradas, un proceso y una respuesta. Estas respuestas están influidas por muchos factores distintos. (Vilar Barrio, 1999, pág. 21)

Fundamentalmente, las cinco fuentes más importantes de variación son las siguientes:

- Hombres: experiencia, motivación, formación, instrucción.
- Máquinas: edad, calidad, estado de mantenimiento.
- Materiales: características dimensionales, físicas, heterogeneidad.
- Métodos: efectividad, rendimiento.
- Entorno: presión, temperatura, humedad, vibraciones.

El enfoque de Taguchi

Taguchi presenta tres etapas en el diseño de un producto o de un proceso (William T. Truscott Ph.D., 2003, págs. 109-116) :

1. Diseño del sistema
2. Diseño de los parámetros y
3. Diseño de las tolerancias.

En el diseño del sistema se determina la configuración básica de los componentes. Por ejemplo, en una línea de acondicionamiento de comprimidos, el diseño del sistema incluye la determinación de los materiales y el diseño del sistema de líneas que realizarán el empaque, con todos sus componentes. En el diseño de los parámetros, se determinan los niveles o valores de los factores controlables (parámetros de diseño, como la presión aplicada) para minimizar el efecto de los factores incontrolables en las características del producto terminado, es decir, en nuestro ejemplo, los comprimidos envasados, con su prospecto y caja. Finalmente, el diseño de las tolerancias apunta a reducir la varianza en las características del producto terminado cuando la reducción lograda en el diseño de los parámetros no es suficiente. (Sleeper, 2006, págs. 685-704)

El diseño experimental debería aplicarse fundamentalmente al diseño de los parámetros y al diseño de las tolerancias. Fue un logro de Taguchi el haber destacado la importancia de aplicar el diseño experimental en las etapas upstream del proceso de creación, fabricación y puesta en el mercado de un nuevo producto. También es clave en su enfoque (aunque no haya sido

inventado por él) el concepto de robustez; un producto es robusto cuando se comporta bien aún en condiciones no controlables.

Métodos recomendados por Taguchi

Para llevar a la práctica sus conceptos, Taguchi recomienda métodos que se apartan parcialmente de los usados en el diseño de experimentos clásico; la terminología que utiliza también es algo distinta. (Taguchi & Jugulum, *The Mahalanobis-Taguchi Strategy*, 2002, págs. 8-10). En primer lugar, Taguchi divide los factores de un experimento en factores controlables y factores incontrolables, o ruido. Según la metodología de diseño de los parámetros, Taguchi recomienda seleccionar dos diseños experimentales, uno para los factores controlables y otro para el ruido. En general, estos diseños son del tipo ortogonal, descrito anteriormente. Los diseños se combinan en el layout del diseño de los parámetros, un esquema de dos componentes:

-Arreglo de los factores controlables (arreglo interior);

-Arreglo de los factores no controlables (arreglo exterior).

Para el análisis de datos, Taguchi (Taguchi, *Engineering Methods to Optimize Costs*, 1987, págs. 143-183) recomienda evaluar en el arreglo interior la respuesta promedio de cada corrida del experimento y analizar la variación de los resultados con un ratio señal-ruido apropiado. Estas relaciones se derivan de la función de pérdida cuadrática

presentada anteriormente. Se consideran óptimos los niveles de los factores que maximicen un ratio señal-ruido adecuado. Estos ratios difieren según que el objetivo del experimento sea reducir la variabilidad alrededor de un valor objetivo determinado, o producir un efecto resultante lo mayor posible, o, inversamente, producir el menor efecto posible. (Taguchi, *Engineering Methods to Optimize Quality and Minimize Costs*, 1987)

En definitiva, el objetivo principal de la ingeniería en general es alcanzar mejoras de rendimiento sostenibles ante cualquier condición *downstream* (Ver Figura 1). Esto es lo que se llama robustez. Quizás uno de los mayores desafíos para Taguchi consista en cómo medir la robustez ya que, solo si logramos hacerlo, podremos desarrollar tecnologías "a prueba de ruido". Taguchi mide la robustez con el ratio señal-ruido. Mientras más robusta es una tecnología, más fuerte es la señal que emite contra cualquier ruido externo que trate de inhibir la fuerza de la señal.

Para Taguchi, el uso de las relaciones señal-ruido elimina en general la necesidad de examinar las interacciones entre los factores controlables y los factores de ruido, si bien el examen de estas interacciones puede ocasionalmente mejorar la comprensión de los procesos estudiados. Finalmente, dado que los arreglos no siempre se corren completos, por razones de economía, es posible realizar experimentos confirmatorios. (Ross, 1996, págs. 203-213)

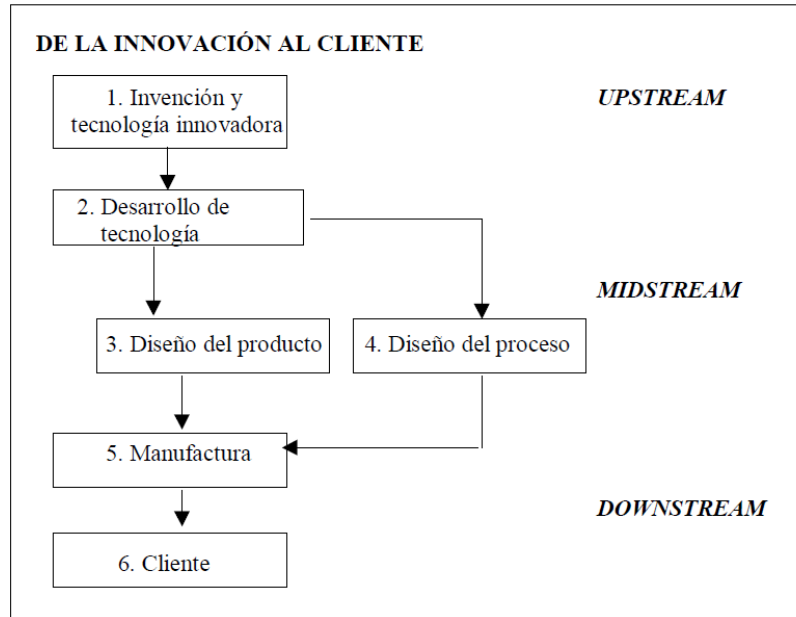


Figura 1. Esquema de actividades de una empresa desde la invención del producto hasta su llegada al mercado. Fuente: Adaptado de (Ealey, 1992).

Método de la respuesta de superficie dual.

En el caso de la Metodología de Superficie de Respuesta se ha demostrado que es una técnica muy utilizada en los diferentes campos de la investigación, (Montgomery, 2001, pág. 492) en los años 1950's y 1960's Box y sus colegas (Myers, Montgomery, & Anderson-Cook, 2009) desarrollaron varias herramientas para el análisis del diseño experimental cuyo término se denomina metodología de superficie dual. Este método fue muy utilizado sobre todo en las áreas de industria química, alimenticia y textil. El método de respuesta Dual es una combinación entre el Diseño de Parámetros Robustos propuesto por Taguchi y el Método de superficie de respuesta propuesto por Box al inicio de los años 50 del siglo pasado, este método fue inicialmente presentado por (Myers & Vining, 1990) como una alternativa al método Taguchi y consiste en modelar de

manera separada la media y la desviación estándar, para después encontrar los niveles de las variables de control que den como resultado un valor deseado de la media y con una variación pequeña. (Molina Arredondo & García Alcaráz, 2012) La Metodología de Superficies de Respuesta (RSM) (Myers, Montgomery, & Anderson-Cook, 2009) es un conjunto de técnicas matemáticas utilizadas en el tratamiento de problemas en los que una respuesta de interés está influida por varios factores de carácter cuantitativo. El propósito inicial de estas técnicas es diseñar un experimento que proporcione valores razonables de la variable respuesta y, a continuación, determinar el modelo matemático que mejor se ajusta a los datos obtenidos. El objetivo final es establecer los valores de los factores que optimizan el valor de la variable respuesta. (Allen, 2006, págs. 325-326)

Ajustes estadísticos de procesos en línea.

La diferencia entre diseño de parámetros e ingeniería de calidad en línea es que en el diseño de parámetros, los parámetros de un proceso son ajustados a ciertos niveles para que la variabilidad se reduzca. El diseño de parámetros es usado durante la manufactura para modificar las condiciones de la manufactura y así reducir la variabilidad. Pero, en la aplicación de los procesos en línea es diferente. Un cierto nivel de un parámetro en particular es modificado en un

cierto periodo de tiempo dependiendo de la situación de manufactura para ajustar el nivel de calidad a un valor objetivo. Cuando existe gran influencia de los factores de ruido en el proceso, el uso de diseño de parámetros por si solo puede no ser efectivo y una estrategia de control en línea puede ser usado para compensar el efecto del ruido. Esta estrategia de control consiste en hacer ajustes de las variables de control en línea para eliminar la tendencia entre la salida y un valor final. (El-Haik & Roy, 2005, págs. 313-315).

Materiales y Método

Los materiales a utilizar son:

Software R Project para aplicación Estadística y Gráficos desarrollado por Lucent Technologies. Material de apoyo. (Cano, Moguerza, & Redchuk, 2012)

Software Minitab para aplicación Estadística y Gráficos de la compañía Minitab Inc[®]. Material de apoyo. (Henderson, 2011)

En lo que se refiere al método, se propone lo siguiente:

1. Identificación de factores de ruido, de control y característica de calidad.

2. Cálculo de la función de pérdida.
3. Efecto de ruido y de control.
4. Estimación de los parámetros de modelo de series de tiempo para los factores de ruido.
5. Desarrollo de estrategia de control.
6. Cálculo de la probabilidad de cumplir con la tolerancia con control en línea y sin control en línea.
7. Desarrollo del criterio de decisión (Costo beneficio).
8. Conclusiones.

Resultados

El modelo desarrollado de estrategia de control y de robustez va a permitir si es el adecuado para la toma de decisión si es factible la implementación del mismo. Esto dependerá de los resultados obtenidos

basándose en la hipótesis establecida anteriormente y preguntas de investigación si realmente se encontraron soluciones para dichas preguntas.

Referencias

- Abid Al-sanib, P., A Hamza, M., & Al-kazaz, A. (2010). *TAGUCHI EXPERIMENTAL DESIGN AND ARTIFICIAL NEURAL NETWORK SOLUTION OF STUD ARC WELDING PROCESS*. Baghdad university, Mechanical Eng. Dept. Baghdad: Journal of Engineering College of engineering .
- Allen, T. T. (2006). *Introduction to Engineering Statistics and Six Sigma*. Columbus, OH 43210-1271, USA: Springer-Verlag London Limited.
- Besterfield, D. (2009). *Control de Calidad* (Octava Edición ed.). 53519, Naucalpan de Juárez, Estado de México: Pearson Prentice Hill.
- Bhote, K., & Bhote, A. (2000). *World Class Quality Using Design of Experiments to Make It Happen* (SECOND EDITION ed.). 1601 Broadway, New York, NY 10019: American Management Association.
- Cano, E., Moguerza, J., & Redchuk, A. (2012). *Six Sigma with R Statistical Engineering for Process Improvement*. New York 2012: Springer New York Heidelberg Dordrecht London.
- Chung Weng, W., Yang, F., & Elsherbeni, A. (2007). *Electromagnetics and Antenna Optimization Using Taguchi's Method*. Arizona State University: Morgan & Claypool Publishers.
- Ealey, L. (1992). *The Methods of a quality Master: An interview with Genichi Taguchi, Father of Quality Engineering*. United States: The McKinsey Journal.
- El-Haik, B. S., & Mekki, K. S. (2008). *MEDICAL DEVICE DESIGN FOR SIX SIGMA*. United States of America: JOHN WILEY & SONS, INC.
- El-Haik, B., & Roy, D. M. (2005). *SERVICE DESIGN FOR SIX SIGMA A Road Map for Excellence*. Hoboken, New Jersey, United States of America: John Wiley & Sons, Inc.
- Escalante Vazquez, E. (2003). *Seis-Sigma: metodología y técnicas*. México: Limusa.
- Evans, J., & Lindsay, W. (2008). *Administración y Control de la Calidad* (Septima ed.). Médico D. F.: Cengage Learning.
- Guajardo Garza, E. (2008). *Administración de la calidad total*. México: Pax.
- Henderson, G. R. (2011). *Six Sigma Quality Improvement with Minitab* (Second Edition ed.). United Kingdom, United Kingdom: A John Wiley & Sons, Ltd., Publication.
- Joseph, V. R. (2003). *Robust Parameter Design*. Atlanta, GA 30332-0205: Georgia Institute of Technology.
- Molina Arredondo, D. D., & García Alcaráz, D. L. (2012). *Visión General del Diseño de Parámetros Robustos en Línea y Fuera de Línea*. Celaya: CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACION.
- Montgomery, D. C. (2001). *Design and Analysis of Experiments*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Myers, & Vining. (1990). *Combining taguchi and response surface philosophies: A dual response*. United States: Journal of Quality Technology.
- Myers, R. H., Montgomery, D. C., & Anderson-Cook, C. M. (2009). *Response Surface Methodology* (Third Edition ed.). Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Phadke, M. (1989). *Quality Engineering Using Robust Design*. New Jersey: Prentice Hall.
- Ranjit Roy, P. D. (2001). *Design of experiments Using the Taguchi Approach*. Toronto: John Wiley & Sons, Inc.
- Ross, P. (1996). *Taguchi Techniques for Quality Engineering* (Second Edition ed.). N.Y., Printed in Singapore, United states: McGraw-Hill.

Roy, R. K. (1990). *A Primer on the Taguchi Method*. New York: Van Nostrand Reinhold International Company Limited.

Sleeper, A. (2006). *Design for Six Sigma 59 Tools for Diagnosing and Solving*. Fort Collins, Colorado: The McGraw-Hill Companies, Inc.

Taguchi, G. (1987). *System of Experimental Design* (Vol. II). (L. W. Tung, Trad.) Dearborn, Michigan, United States of America: Quality Resources a Division of the Kraus Organization Limited.

Taguchi, G. (1987). *System Of Experimental Design* (Vol. I). (I. American Supplier Institute, Ed., & L. W. Tung, Trad.) Dearborn, Michigan, United States of America: Quality Resources a Division of the Kraus Organization Limited.

Taguchi, G., & Jugulum, R. (2002). *The Mahalanobis-Taguchi Strategy*. New York: John Wiley & Sons, Inc.

Taguchi, G., Chowdhury, S., & Wu, Y. (2005). *Taguchi's Quality Engineering Handbook*. New Jersey, United States of America.: John Wiley & Sons, Inc.

Vilar Barrio, J. F. (1999). *Cómo mejorar los procesos en su empresa*. México: Fundación Confemental.

William T. Truscott Ph.D., B. (. (2003). *Six Sigma: Continual Improvement for Businesses A Practical Guide*. Burlington, MA 01803: Butterworth-Heinemann.

Wu, Y., & Wu, A. (2000). *Taguchi Methods for Robust Design*. New York, New York, United states: ASMEPRESS.

Evaluación de riesgo ergonómico en el área detrás de pantallas de cine

Carlos Alejandro Vitela González¹, María Teresa Escobedo Portillo¹

¹Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

Resumen

En los últimos años la Ergonomía ha despertado más interés en el estudio de los Desórdenes Musculo-Esqueléticos (DME) y al manejo manual de materiales (MMM), principalmente en el mundo de los negocios, dado los costos tan elevados que estos ocasionan. Esta revisión se realiza en el área de trabajo que se encuentra detrás de las pantallas de un cine donde se desarrollan actividades en alturas de hasta 12m sin utilizar equipos de protección o transporte. El objetivo del proyecto es rediseñar el área de trabajo mencionada, desde un punto de vista ergonómico. Los resultados que se espera obtener después de realizar la evaluación ergonómica y determinar los riesgos a los que está expuesto el personal que desarrolla actividades en esta área de trabajo son: realizar las tareas del personal de manera más segura reduciendo así el riesgo de lesiones, accidentes y costos de incapacidad o muerte.

Palabras clave: Ergonomía, rediseño, actividades en alturas, lesiones y costos.

Introducción

La Ergonomía puede definirse como el diseño del sitio de trabajo, equipo, máquinas, herramientas, productos, medio ambiente y los sistemas. Considerando las capacidades físicas, fisiológicas, biomecánicas y psicológicas-cognitivas del ser humano, con la meta de optimizar la efectividad, productividad del sistema de trabajo garantizando la salud y bienestar de los trabajadores, (Fernández, Marley, Noriega e Ibarra, 2008).

Por lo tanto, el objetivo de la ergonomía es adaptar el trabajo a las capacidades y posibilidades del ser humano (Móndelo, Gregori y Barrau 1994).

Lo anterior indica que el uso de la ergonomía hoy en día no solo ayuda a una mejor calidad de vida de los trabajadores,

sino también mejora desempeño, por lo cual aumentan los ingresos en las empresas y disminuye las incapacidades que representan altos costos de horas de trabajo y por lo tanto pérdidas considerables en las empresas (Rupérez, 1994).

Antecedentes

Cinépolis de México es una empresa cinematográfica que inició en el año de 1947 con la inauguración del cine Morelos en la ciudad de Morelia Michoacán. En 1972 surgen los Cinemas Gemelos y para 1973 comienza el concepto Multicinemmas. En 1994 nace la marca Cinépolis en la ciudad de Tijuana Baja California, actualmente es la principal empresa cinematográfica de Latinoamérica y la cuarta a nivel mundial.

La Secretaría del Trabajo y Previsión Social del Gobierno Federal, entregó a Cinépolis, la certificación como empresa incluyente al haber acreditado el cumplimiento de la Norma Mexicana para la Igualdad Laboral entre Hombres y Mujeres NMX-R-025-SCFI-2009. El certificado que entregó la STPS fue avalado por la empresa especializada BAS INTERNATIONAL CERTIFICATION CO., S.C., la cual dio la certeza de que Cinépolis cumple con las características para ser reconocida como empresa incluyente. La certificación es un reconocimiento a organizaciones públicas, sociales y/o privadas que han incorporado en sus procesos prácticas laborales en materia de:

1. Igualdad y no discriminación
2. Previsión social
3. Clima laboral
4. Accesibilidad y ergonomía
5. Libertad sindical

En Cinépolis a pesar de contar con tal certificación, no cumple con algunas condiciones de seguridad establecidas por la SECRETARIA DEL TRABAJO Y PREVISION SOCIAL, Norma Oficial Mexicana NOM-009-STPS-2011, la cual establece los requerimientos mínimos de seguridad para la prevención de riesgos laborales por la realización de trabajos en alturas.

Medidas generales de seguridad para realizar trabajos en altura

- No hay barreras fijas, protecciones laterales, perimetrales o redes de seguridad para protección colectiva contra caídas de altura.
- Se efectúan trabajos en altura sin personal capacitado y/o autorizado por el patrón
- Los componentes defectuosos no son removidos del servicio.
- No se usa un sistema de protección personal para trabajos en altura para interrumpir caídas.
- No se somete el sistema o equipo utilizado a una revisión anual o con la periodicidad indicada por el fabricante, con el fin de asegurar que se encuentre en óptimas condiciones de seguridad y funcionamiento.

Sistemas personales para trabajos en altura

- No se utiliza un sistema personal para trabajo en alturas.
- No hay sistemas de restricción para limitar la distancia de desplazamiento del trabajador hacia cualquier borde peligroso donde pueda ocurrir una caída
- El uso de sistemas de protección personal para interrumpir caídas de altura, es obligatorio en andamios tipo torre o estructura, a más de 3.5 m y no se utiliza.

Planteamiento del problema

Actualmente las actividades que se desarrollan detrás de las pantallas en Cinépolis no cumplen con determinadas normas de seguridad lo cual implica un riesgo para los trabajadores. El primer problema es el tipo acceso, el cual es a través de una puerta situada debajo de la pantalla, la cual tiene una altura de 96x66 cm de alto y ancho, respectivamente. Este tipo de acceso no está señalizado, por lo que puede provocar una lesión en la zona dorso-lumbar por la postura que adopta el operador al buscar la entrada y al momento de entrar, además que existe el riesgo de golpearse la cabeza.

El otro problema se presenta en el área detrás de la pantalla en donde se desarrollan actividades hasta en 12 m de altura sobre andamios de 30 cm de ancho, los que a su vez son obstruidos por equipo de audio reduciendo aún más el espacio para maniobrar; por lo que existe la probabilidad de sufrir un accidente por caídas. A estos andamios se llega subiendo escaleras que no tienen guardas de seguridad y/o líneas de vida que puedan proteger al operador.

Justificación

La realización de este proyecto está enfocada a disminuir los riesgos de accidente y los costos que estos conllevan, ya que en el último año se han presentado casos de accidentes por caídas causando lesiones e incapacidades.

Objetivos

Rediseñar el área detrás de las pantallas desde un punto de vista ergonómico con el

fin de disminuir los accidentes que suceden en dicha área.

Realizar una evaluación ergonómica del área detrás de la pantalla de cine.

Determinar los factores de riesgo que han provocado o pueden provocar accidentes y lesiones en los empleados en el área detrás de las pantallas de cine

Proponer mejoras tanto ergonómicas como antropométricas, con el fin de reducir accidentes y disminuir los gastos por incapacidades en la empresa.

Pregunta de investigación

¿A partir de la determinación de los riesgos a los que están expuestos los trabajadores en el área detrás de las pantallas de cine, es posible reducir los accidentes y costos con el rediseño planteado?

Alcance

En este proyecto se realizará un análisis ergonómico para determinar los factores de riesgo en los trabajadores que realizan sus actividades en el área detrás de las pantallas de cine. Asimismo, se planteará un rediseño del área para que en las futuras construcciones no se presenten este tipo de problemas. Además se generarán recomendaciones para la estructura actual del área de análisis con el fin de reducir accidentes y costos por incapacidades.

Delimitación

Una sala de cine se compone por:

- Acceso de entrada

- Acceso de salida
- Butacas
- Pantalla

- Área detrás de pantalla

El estudio ergonómico y rediseño que se desarrollará en este proyecto se limita solo al área que está detrás de la pantalla de cine como se muestra en la Figura 1.

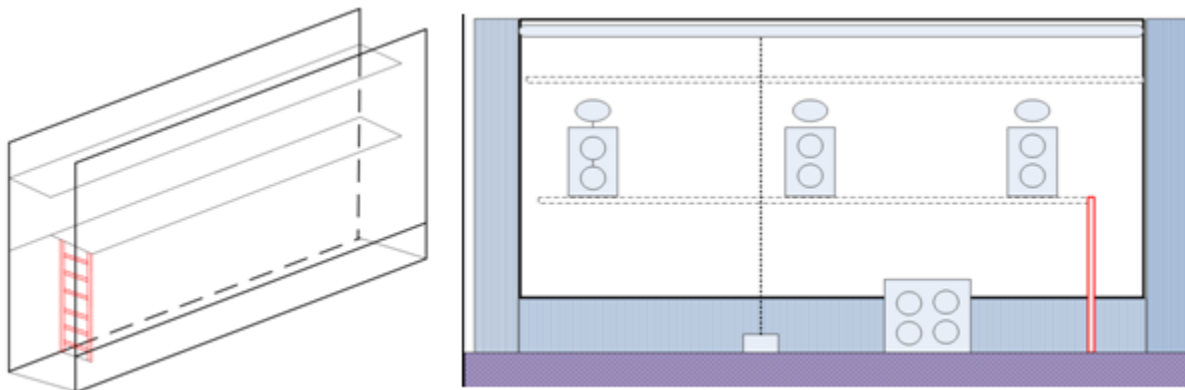


Figura 1. Acceso detrás de la pantalla de cine. Fuente: elaboración propia

Revisión de Literatura

Las lesiones por accidentes de trabajo siguen constituyendo uno de los principales problemas al que se enfrentan las empresas, a pesar de los avances tecnológicos existentes en todos los ámbitos de la producción, basados en la implementación de sistemas, procedimientos o el uso de mecanismos automáticos o semiautomáticos, (F. Benavides 2006).

La Organización Mundial de la Salud ha caracterizado como multifuncionales a las enfermedades relacionadas con el trabajo para indicar que los factores de riesgo son diversos, entre ellos los físicos, organizacionales, psicosociales, individuales y socioculturales; los cuales contribuyen en la causalidad de dichas enfermedades (OMS, 1985).

La Ergonomía está basada en una amplia variedad de ciencias básicas y aplicadas para estudiar la eficiencia, seguridad y salud humana en ambientes ocupacionales; analizando los Trastornos Musculo-Esqueléticos Relacionados al Trabajo (TMERT) de las extremidades superiores, inferiores y la parte baja de la espalda.

Los TMERT de la parte baja de la espalda pueden estar relacionados al manejo manual de materiales (MMM), mientras que los de las extremidades superiores pueden estar relacionados al MMM y/o a otras condiciones de trabajo.

En los últimos años la Ergonomía ha despertado más interés en el estudio de los Desórdenes Musculo-Esqueléticos DME, los cuales desde finales del siglo XX han

adquirido mayor importancia, principalmente en el mundo de los negocios, dado que los costos estimados de DME, en los Estados Unidos de América varían anualmente en un rango de \$13 a \$20 millones de dólares. Tan solo en 1997, por causa de lesión en la espalda, tuvo un costo de \$8,321 dólares; mientras que el costo por caso de lesión en las extremidades superiores fue de \$8,070 dólares (Fernández et al, 2008).

La definición más simple de ergonomía es la de adaptar la tarea al individuo, sin embargo, sus connotaciones son más complejas. El ingeniero es responsable de hacer mediciones de la capacidad humana, e implementar controles de ingeniería, cambios de diseño para eliminar amenazas latentes y reducir costos que estas generen (Fernández et al. 2008).

En el 2004, Liberty Mutual, empresa de seguros norteamericana para trabajadores, reportó las 10 primeras causas de lesiones serias en el trabajo:

- Sobreesfuerzo,
- Caídas al mismo nivel,
- Reacción corporal,
- Caídas a un nivel más bajo,
- Golpeado por objetos,
- Accidentes en calles y carreteras,
- Movimientos repetitivos,
- Golpeado contra objetos,
- Atrapado o aplastado por equipo,

- Asaltos y actos violentos.

Lo anterior son un área de oportunidad y es necesario que el *staff* pase de una posición reactiva a una proactiva y que se enfoque en el mejoramiento de la seguridad y la productividad (Fernández et al, 2008).

Lesiones por accidentes de trabajo.

Las lesiones por accidentes de trabajo (LAT) a pesar de las leyes de prevención de riesgos en varios países, son uno de los principales problemas al que se enfrentan las empresas siendo una prioridad compartida a nivel mundial.

El hecho de usar el término “Lesión por accidente de trabajo” no es casual, el *British Medical Journal* viene recomendando no utilizar el término “accidente” (accidente de trabajo), por sus connotaciones de algo inevitable y que todas las LAT son, al menos teóricamente evitables. Por ello dicha revista propuso su sustitución por “lesiones de trabajo” la cual ha sido ampliamente aceptada, (Sánchez 2013).

El artículo 474 de dicha ley considera los accidentes de trabajo como: “toda lesión orgánica, perturbación funcional, inmediata, posterior, la muerte producida repentinamente, en ejercicio o con motivo del trabajo. Cualquiera que sea el lugar y el tiempo en que se preste (Sánchez 2013).

El artículo 475 del ordenamiento en cita señala que la enfermedad de trabajo es: “todo estado patológico derivado de la acción continuada de una causa que tenga su origen o motivo en el trabajo o en el medio en el que el trabajador se vea

obligado a prestar sus servicios” (Sánchez, 2013).

Manejo manual de materiales

El manejo manual de materiales (MMM) es causa de varios problemas de salud en diversas ocupaciones y ello se presenta en todo el mundo. Los empleados que realizan esfuerzos en tareas de levantar, bajar, cargar, transportar, empujar, jalar objetos pesados, sin el uso de algún dispositivo mecánico, presentan tasas más elevadas de lesiones musculoesqueléticas, especialmente en la espalda (Mital, Noriega, Ibarra, Espejo y Martínez, 2012).

Lesiones Musculo-esqueléticas

Los músculos esqueléticos tienen diversas características, entre ellas:

- Su función es generar movimiento alrededor de una articulación.

- Están unidas al hueso por tendones y pasan a través de una o más articulaciones.
- Están controlados por el sistema nervioso voluntario o por el sistema nervioso somático
- El movimiento del músculo se puede explicar por medio del filamento deslizando.

En México, las lesiones Musculo-esqueléticas son un problema frecuente, solamente en el año 2001, las fracturas fueron causantes de alrededor de 130,000 hospitalizaciones que representaron cerca del 2% del total en ese año. Estas lesiones son sumamente incapacitantes además de que en el momento crítico pueden ocasionar mucho dolor (Asesores en Emergencias y Desastres S. de R.L. de C.V.)

Metodología

Diseño del estudio

Este proyecto presenta un estudio de caso, de las operaciones que se realizan detrás de la pantalla de una sala de cine. El análisis y posibles recomendaciones se realizarán a través del uso de herramientas ergonómicas para recabar información con el fin de determinar riesgos en las actividades.

Información

Se obtendrá información por medio de aplicación de encuestas a trabajadores de 10 cines, con previa autorización de la empresa, donde se recabará información

sobre el número de empleados que desarrollan actividades en esta área, frecuencia, procedimientos y métodos de trabajo.

Materiales y equipo

Se utilizará Microsoft Office 2010® para el desarrollo de encuestas, así como para los gráficos y el posterior análisis. Se usará una cámara de video con cuatro ultra píxeles para la captura de las actividades y su posterior evaluación.

El estudio del proyecto se evaluará mediante los métodos ergonómicos para conocer los riesgos a los que está expuesto

el trabajador durante el desarrollo de la tarea. Con el uso de Auto CAD 2013® se realizarán diseños y rediseños del área que se está evaluando.

Procedimiento para el estudio

El estudio se realizará con la autorización de la empresa Cinépolis, y el consentimiento de la misma para la aplicación de encuestas y toma de video mientras los trabajadores realizan sus actividades.

Resultados

Después de realizar la evaluación ergonómica y determinar los riesgos a los que está expuesto el personal que desarrolla actividades en esta área de trabajo, se realizará un rediseño de la misma, el cual

servirá para que la realización de las tareas sea de manera más segura reduciendo así el riesgo de lesiones, accidentes y costos de incapacidad o muerte.

Referencias

Arenas, L., y Cantú, O. (2013). Factores de riesgo de trastornos musculoesqueléticos crónicos laborales. *Medicina Interna de México*, 29(4), 370-379.

Asesores en Emergencias y Desastres S. de R.L. de C.V (2008). Lesiones Músculo-esqueléticas file:///C:/Users/E6420/Downloads/Lesiones_Musculosqueleticas.pdf

Baldwin, M.L. (2004). Reducing the costs of work-related musculoskeletal disorders; targeting strategies to chronic disability cases. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 14, pp 33-41.

Blanca López-Araújo, Amparo Osca Segovia (2010), Influencia de algunas variables organizacionales sobre la salud y la accidentabilidad laboral, *Anales de Psicología*, vol. 26(1), pp. 89-94.

Edwin Corredor Rincón, María Alejandra Cabeza (2006), La responsabilidad patronal frente a los accidentes en el trabajo, *Revista Venezolana de Análisis de Coyuntura*, vol. XII(2), pp. 269-289.

Esther Cheunga., Albert P.C. Chanb (2012), Rapid demountable platform (RDP)—A device for

preventing fall from height accidents, *Accident Analysis and Prevention*, vol 48, pp 235-245.

Fernández, J., Marley, R., Noriega, S., e Ibarra, G. (2008). Ergonomía Ocupacional. Diseño y Administración del trabajo. México: Editorial International Journal Of industrial engineering.

Fernando G. Benavides, Jordi Delclos, Joan Benach, Consol Serra (2006), Lesiones por accidentes de trabajo, una prioridad en salud pública, *Revista Española de Salud Pública*, vol. 80 (5), pp. 553-565.

Hernández, Jacinto B.(2007) Investigación de accidentes y análisis de fallas de barreras preventivas Ingeniería Energética, vol. XXVII (1), pp. 27-37.

Hoon-Yong Yoona, Thurmon E. Lockhartb (2006), Nonfatal occupational injuries associated with slips and falls in the United States, *International Journal of Ergonomics*, vol 36, pp 83-92.

Ibarra, G., Fernández, J.E., Marley, R.J., Ware, B.F., Vazquez, A.G., y Navarro, I. (2012). Differences in Hand and Key Pinch Grip Strength

Between Sitting and Standing Positions in a Sample of Healthy Mexican Young Adults. *Proceedings of the 1st Annual World Conference of the Society for Industrial and Systems Engineering*.

Javier L. González Rodríguez (2004), Un accidente de trabajo atípico, *Revista Ciencias de la Salud*, vol. 2(1), pp. 56-57.

Juan Carlos Rubio-Romero, M. Carmen Rubio Gámez, Jesús Antonio Carrillo-Castillo (2013), Analysis of the safety conditions of scaffolding on construction sites, *Safety Science*, vol 55, pp 160-164.

Juan Miguel Gallego (2008), Demanda por seguro de salud y uso de servicios médicos en Colombia: diferencias entre trabajadores dependientes e independientes, *Lecturas de Economía*, núm. 68, pp. 97-120.

Juno, J., y Noriega, M. (2004). Los Trastornos Musculo-esqueléticos y la Fatiga como Indicadores de Deficiencias Ergonómicas y en la Organización del Trabajo. *Salud de los Trabajadores*, vol 12(2), pp 27-41.

Ley Federal del Trabajo (2014) Secretaria del Trabajo y Prevención Social. pp 297.

Luis López Mena, Jaime Veloz Antidrian (1990), Aplicaciones del refuerzo positivo a la reducción de accidentes en el trabajo, *Revista Latinoamericana de Psicología*, vol. 22(3), pp. 357-371.

María Elena Islas, José Luis Meliá,(1991), Accidentes de trabajo. Intervención y propuestas teóricas, *Revista Latinoamericana de Psicología*, vol. 23(3), pp. 323-348.

Marley, R.J., y Kumar, N.(1996). An improved musculoskeletal discomfort assessment tool. *International Journal of Industrial Ergonomics*, vol 17, pp 21-27.

Martín, A.M. (2004). *Bases Neurofisiológicas del Equilibrio Postural*. Tesis de licenciatura no publicada, Universidad de Salamanca.

Mital, A., Noriega, S., Ibarra, G., Espejo, C., y Martínez, R (2012) *El manejo manual de materiales*.

Molano, F.J. (2007). La postura sentada (II): Aspectos generales. Fuerza y control. Recuperado de <http://www.fuerzaycontrol.com/salud-y-ejercicio/postura-corporal-anatomia-cuerpo-humano/otras-posiciones-corporales/la-postura-sentada-ii-aspectos-generales/>

Noora Nenonen (2013), Analysing factors related to slipping, stumbling, and falling accidents at work: Application of data mining methods to Finnish occupational accidents and diseases statistics database, *Applied Ergonomics*, vol 44, pp 215-224.

Osarumwense David Osifoa, Pius Iribhogbe b, Hestia Idiodi-Thomas b (2010), Falls from heights: Epidemiology and pattern of injury at the accident and emergency centre of the University of Benin Teaching Hospital, *Injury*, vol.41, pp 544-547.

Roberto Tapia, Ma. Elena Medina, Jaime Sepúlveda, Ramón de la Fuente, Jesús Kumate (1990), La encuesta nacional de accidentes de México, *Salud Pública de México*, vol. 32(5), pp. 507-522.

Rodríguez-Cabrera, Rafael; Ruiz-García, Diana; Velázquez-Ramírez, Ismael (2013), Incapacidad temporal para el trabajo en pacientes operados de columna. Reporte preliminar *Cirugía y Cirujanos*, vol. 81(5), pp. 405-411.

Trejo Sánchez, Karina (2013), La protección de la salud y la seguridad en el trabajo como derechos humanos, *El Cotidiano*, núm. 181, pp. 81-90.

Upegui García, H. (2005) Cifras en el mundo de la salud y seguridad en el trabajo: Ver para creer? *CES Medicina*, vol. 19(2), pp. 63-71.

Waddell, G. (2006). Preventing incapacity in people with musculoskeletal disorders. *British Medical Bulletin*, 77/78, 55–69.

Wen-Yu Yua, Hei-Fen Hwangb, Ming-Hsia Huc,d, Chih-Yi Chene, Mau-Roung Line, Effects of

fall injury type and discharge placement on mortality, hospitalization, falls, and ADL changes

among older people in Taiwan. *Accident Analysis and Prevention*, vol. 50, pp 887-894.

Perfil antropométrico de la población del estado de Chihuahua

Ana Gabriela Vázquez Salinas¹, Gabriel Ibarra Mejía¹, Antonio Guerra Jaime¹

¹Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

Resumen

El presente estudio pretende elaborar un perfil antropométrico de la población del estado de Chihuahua, expresado en tablas antropométricas por grupo etario y sexo, con las dimensiones corporales más utilizadas en la evaluación y diseño ergonómico de mobiliario, herramientas y estaciones de trabajo industrial y empresarial. La meta del proyecto es integrarlo a otros estudios para crear el perfil antropométrico de la población mexicana dividido por zonas (norte, centro y sur). Utilizando una técnica estandarizada, se determinarán las dimensiones antropométricas de una muestra de la población para grupos etarios (3 a 5 años, 6 a 11 años, 12 a 14 años, 15 a 17 años, 18 a 24 años y 18 a 65 años). Se elaborará una matriz de análisis para realizar el análisis estadístico, se realizarán pruebas de normalidad, además de generar medidas de tendencia central, de dispersión, percentiles (5, 50 y 95) y finalmente generar cartas antropométricas que servirán de guías para ser utilizadas por los diseñadores de las estaciones de trabajo, herramientas y mobiliario, y de este modo ofrecer diseños adecuados para la población que los utilizará, evitando que sufran accidentes o lesiones de tipo músculo esquelético, ahorrando a las empresas los gastos que estas conllevan.

Palabras clave: Antropometría, perfil antropométrico, variabilidad.

Introducción

Antecedentes

El bienestar, la salud, la satisfacción, la calidad y la eficiencia en la actividad de las personas dependen de la correcta interrelación existente entre los múltiples factores que se presentan en sus espacios vitales y las relaciones que establecen con los objetos que los rodean (Mondelo, Gregori, Blasco, & Barrau, 2001). Según Grieco (1986) citado por Gouvali & Boudolos (2006) una de las principales preocupaciones de la ergonomía es que el equipo de trabajo debería diseñarse de acuerdo con los principios de la antropometría, biomecánica e higiene, esto debería ayudar a reducir los accidentes y los

síndromes por repetitividad, a fin de promover la productividad. Algunas de las áreas del conocimiento que proporcionan herramientas a la ergonomía son la ingeniería cognitiva, biomecánica, macro ergonomía y antropometría.

Según Grandjean (1980) citado por Bridger (1995), los datos antropométricos son necesarios en ergonomía para especificar las dimensiones físicas de las estaciones de trabajo, equipo personal, muebles, máquinas, herramientas, aparatos y ropa con el fin de adaptar la tarea al hombre. Por lo tanto es posible que al incorporar información antropométrica en el diseño de las estaciones de trabajo se generen diseños

más eficaces, fáciles de usar y seguros, lo que conllevaría a un mayor rendimiento y productividad (Klamklay, Sungkhapong, Yodpijit, & Patterson, 2008).

En las investigaciones reportadas por el grupo de ergonomía de la Universidad de Guadalajara, en el libro Dimensiones Antropométricas: Población Latinoamericana (Ávila, Prado, & González, 2007), se muestran resultados antropométricos de la población del Distrito Federal, Guadalajara, Jalisco y León, Guanajuato, ciudades que son del centro de México, sin embargo estos datos antropométricos no pueden generalizarse para todo el país. El libro de Ávila et al (2007) también contiene una pequeña muestra de mujeres trabajadoras de la frontera de México con Estados Unidos de América. Asimismo se han realizado pequeños estudios en Ciudad Juárez, pero el tamaño de la muestra no ha sido suficientemente grande para considerarlo como representativo de la población, ya que en la mayoría de ellos solo se ha tomado en cuenta a la comunidad universitaria y el sector manufacturero, como los trabajos de Bustillos y Hernández (1999) y Liu, Sánchez-Monroy y Parga (1999), dejando olvidados a los demás niveles educativos y al resto de la comunidad. Aunque el entorno escolar representa el medio ambiente de trabajo para millones de niños y niñas, no ha atraído la atención adecuada de los ergónomos (Gouvali & Boudolos, 2006). Además la variabilidad de la población de Juárez hace difícil la selección de una muestra adecuada que sea representativa. Por esta razón al diseñar las estaciones de trabajo se utilizan las medidas

antropométricas de otras poblaciones o simplemente no se toma en cuenta la antropometría.

La utilidad de las tablas antropométricas está en la posibilidad de realizar diseños óptimos para los diversos usuarios, de tal forma que la gran mayoría de las personas puedan hacer uso de ellos, claro está que siempre habrá casos especiales de personas que pueden ser muy pequeñas o muy grandes que necesitarán de diseños especiales.

Planteamiento del problema

Al realizar un diseño de mobiliario, herramientas o estaciones de trabajo, es importante tomar en cuenta las dimensiones antropométricas de la población a la que esté dirigido, uno de los principales problemas para lograr realizar esto, es que en México no se cuenta con datos antropométricos de la población. Se conoce que un diseño pobre en una estación de trabajo ocasiona disminución en la productividad laboral y lesiones innecesarias en el lugar de trabajo (Das & Sengupta, 1996) como consecuencia de que las personas llegan a asumir posturas incómodas o ejercer mayor esfuerzo con el fin de compensar las diferencias en las dimensiones del cuerpo (Liu, Sánchez-Monroy, & Parga, 1999), lo que conlleva a pérdidas económicas para la compañía.

Objetivos

Elaborar un perfil antropométrico de la población del estado de Chihuahua, expresado en tablas antropométricas por grupo etario y sexo, con las dimensiones

corporales más utilizadas en la evaluación y diseño ergonómico de mobiliario, herramientas y estaciones de trabajo industrial y empresarial, para generar guías que puedan ser utilizadas por los diseñadores de las estaciones de trabajo, herramientas y mobiliario, y de este modo ofrecer diseños adecuados para la población que los utilizará, con el fin de evitar los daños producidos por un mal diseño.

- Seleccionar a conveniencia de los centros educativos y empresas a medir.
- Identificar centros educativos y empresas.
- Conseguir permisos para tomar mediciones.
- Estandarizar el método de mediciones.
- Reclutar equipo de antropometristas.
- Entrenar equipo de antropometristas.
- Tomar mediciones antropométricas de la población para cada grupo etario (3 a 5 años, 6 a 11 años, 12 a 14 años, 15 a 17 años, 18 a 24 años y 18 a 65 años).
- Analizar estadísticamente los datos.
- Generar una matriz de análisis.
- Calcular estadísticos de la muestra.
- Generar guías de diseño para cada grupo etario y sexo.
- Elaborar tablas antropométricas de la población.

Pregunta de investigación

¿Cuál es el perfil antropométrico de la población del estado de Chihuahua?

Justificación

Los datos antropométricos confiables y los procedimientos técnicos de la Ergonomía son consideradas herramientas poderosas disponibles hoy para la adecuación dimensional óptima de los productos de diseño para el hombre (Ávila, Prado, & González, 2007). Asimismo, toda fuente de trabajo debe realizar actividades tendientes a la prevención de riesgos laborales, con las consecuentes ventajas de la producción y la productividad, y aunado a esto alcanzar así un mayor bienestar social, que se refleja en la economía en general y de la propia empresa en particular (Muñoz, de la Vega, Lopez, Ortiz, & Lucero, 2009).

Los datos antropométricos de la población del estado de Chihuahua ayudarán en el diseño de las estaciones de trabajo, mobiliario y herramientas para dicha población. Logrando de este modo el principio ergonómico de adaptar la actividad y las instalaciones a las capacidades y limitaciones de los usuarios, evitando que sufran accidentes o lesiones de tipo músculo esquelético, y ahorrando a las empresas los gastos que estas conllevan.

Alcances y Limitaciones

A partir de este proyecto se generarán tablas de referencias antropométricas divididas por grupo etario y sexo, para la población del estado de Chihuahua. Las muestras estarán formadas por individuos voluntarios de cada grupo etario. Los voluntarios deben ser

como mínimo segunda generación nacida dentro del estado de Chihuahua.

Variables

De acuerdo a la literatura, se identificaron 35 dimensiones corporales como las más frecuentemente utilizadas en la evaluación y diseño ergonómico de productos de consumo, puestos y estaciones de trabajo.

Se realizó la identificación de cada una de ellas con base en los lineamientos establecidos en la Conferencia Hertzberg (Hertzberg, 1968), y a las recomendaciones de los expertos en la materia (Roebuck, Kroemer, & Thomson, 1981), (Croney, 1971), (Pheasant, 1996) (Dreyfuss & Associates, 1993), (Roebuck, 1995), (Damon, Stoudt, & McFarland, 1971). Dichas dimensiones se describen a continuación.

1. Peso.- Es la masa total del sujeto, medida con báscula clínica en kilogramos y con una precisión de 100 gramos.
2. Estatura total.- Distancia vertical máxima del vértex al suelo, estando el sujeto de pie con la cabeza orientada al plano de Frankfort. Se mide en milímetros con un antropómetro.
3. Altura al ojo (exocantion).- Distancia comprendida del exocantion del ojo izquierdo, al suelo, estando el sujeto de pie con la cabeza orientada conforme al plano de Frankfort. Se mide en milímetros con un antropómetro.

1. Altura al hombro.- Distancia comprendida entre la parte más alta de la curvatura del hombro y el piso, estando el sujeto de pie. Se mide en milímetros con un antropómetro¹.
4. Altura al codo flexionado.- Longitud comprendida entre la cara inferior del olécranon y el piso con el antebrazo flexionado a 90 grados, estando el sujeto de pie. Se mide en milímetros con un antropómetro.
5. Altura al nudillo.- Distancia del suelo al punto medio del nudillo del dedo anular. Sujeto parado en posición normal, su brazo caído libremente en forma relajada. Se mide en milímetros con un antropómetro.
6. Altura a la rodilla.- Distancia del suelo al punto medio de la rótula, sujeto de pie en posición normal. Se mide en milímetros con un antropómetro.
7. Alcance máximo vertical.- Es la distancia máxima a la que llega el nudillo del dedo medio con el brazo derecho completamente extendido hacia arriba con el cuerpo pegado a la pared. Se toma con una cinta métrica pegada a la pared a partir de 1 m. del piso. Se mide en milímetros con un antropómetro.

¹Se prefiere ésta dimensión sobre la de altura de acromion, ya que ése punto se localiza más abajo de la parte más alta de la curvatura del hombro, y es más útil para aplicar criterios y principios ergonómicos.

8. Alcance brazo frontal.- Es la distancia comprendida entre la pared y el nudillo medio de la mano derecha, con el brazo horizontal dirigido al frente en un ángulo de 90° respecto al tronco. Se toma con el antropómetro vertical colocándolo en la pared, estando el sujeto con la espalda pegada a ésta. A ésta medida se le resta la profundidad del tórax para obtener el alcance real. Se mide en milímetros con un antropómetro².
9. Alcance brazo lateral.- Es la distancia entre el punto supraesternal y el nudillo del dedo medio del brazo derecho, extendido lateralmente en forma paralela al piso. A ésta medida se le resta posteriormente, la mitad de la anchura del tórax para conocer el alcance real del brazo. Se toma con el antropómetro vertical, colocando el 0 en el punto supraesternal. Se mide en milímetros con un antropómetro.
10. Anchura máxima bideltoidea.- Es la distancia máxima entre los dos puntos deltoides. Se mide en milímetros con un antropómetro.
11. Anchura del tórax.- Distancia entre los puntos más laterales del tórax a la altura de las tetillas. Se mide en milímetros con un antropómetro.

²En base a nuestra experiencia, es más confiable ésta forma de medición, ya que la localización de otros puntos anatómicos en el hombro se dificulta por la posición del mismo brazo.

12. Profundidad del Tórax.- Es la distancia entre la pared y la parte más sobresaliente del tórax, en sentido antero-posterior, estando el sujeto recargado contra la pared. Se toma más o menos a la altura de las tetillas. Se mide en milímetros con un antropómetro.
13. Profundidad máxima del cuerpo.- Es la distancia entre la pared y la parte más sobresaliente del cuerpo, en sentido antero-posterior, estando el sujeto recargado contra la pared. Se mide en milímetros con un antropómetro.
14. Anchura Codo-Codo.- Distancia entre las partes más externas de los codos, manteniendo los brazos pegados al cuerpo y los antebrazos a 90°. Se mide en milímetros con un antropómetro.
15. Longitud del brazo.- Distancia entre la parte más alta y externa de la curvatura del hombro y la parte más baja del codo, con el antebrazo a 90°. Se mide en milímetros con un antropómetro.
16. Longitud del antebrazo.- Distancia entre la parte más posterior del codo y la punta del dedo medio, estando el antebrazo a 90° respecto al brazo. Se mide en milímetros con un antropómetro.
17. Profundidad de la cabeza.- Distancia de la glabella al opistocráneo. Se mide en milímetros con un antropómetro.

18. Anchura de la Cabeza.- Distancia horizontal entre los dos puntos eurios. Se mide en milímetros con un antropómetro.
19. Longitud de la cara.- Distancia vertical entre la glabella y el gnation. Se mide en milímetros con un antropómetro.
20. Anchura de Mano.- Distancia entre la parte más externa de la región del carpo en el lado del dedo meñique y el punto más externo del dedo pulgar, cuando está flexionado contra la palma de la mano. Se mide en milímetros con un antropómetro.
21. Longitud mano.- Distancia desde el pliegue de la muñeca y la punta del dedo medio (dactilión III). Se mide en milímetros con un antropómetro.
22. Longitud palma mano.- Distancia desde el pliegue de la muñeca hasta el pliegue de la articulación metacarpo-falángica del dedo medio. Se mide en milímetros con un antropómetro.
23. Diámetro de empuñadura.- Distancia máxima del círculo formado por los dedos pulgar y medio tocándose las puntas se mide a través de un cono de empuñadura en milímetros.
24. Longitud del pie.- Distancia entre el punto más externo y posterior del talón (pternio) y la punta del dedo más sobresaliente, cualquiera que sea, del pie derecho. Se mide en milímetros con un antropómetro.
25. Anchura del pie.- Distancia entre los puntos más laterales de la planta del pie en la zona de la articulación metatarso-falángica, del pie derecho. Se mide en milímetros con un antropómetro.
26. Anchura del talón.- Distancia entre los dos puntos más laterales del talón derecho, estando el sujeto de pie con su peso sobre los dos pies. Se mide en milímetros con un antropómetro.
27. Altura normal (sentado).- Es la longitud máxima del vértex al asiento con el sujeto sentado normal, con la cabeza orientada al plano de Frankfort. Se mide en milímetros con un antropómetro.
28. Altura al Omóplato sentado.- Distancia del asiento al vértice inferior del omóplato. Se mide en milímetros con un antropómetro.
29. Altura al codo (sentado).- Es la longitud comprendida entre la cara inferior del olécranon y el asiento, con el antebrazo flexionado a 90 grados. Se mide en milímetros con un antropómetro.
30. Altura del muslo sentado.- Es la distancia vertical del asiento a la zona donde el muslo adquiere su mayor elevación. Se mide en milímetros con un antropómetro.
31. Altura a la rodilla sentado.- Es la distancia del punto más alto de la curvatura de la rodilla al piso,

estando el sujeto sentado. Se mide en milímetros con un antropómetro.

32. Altura poplítea.- Es la distancia comprendida desde el suelo hasta el punto poplíteo con el sujeto sentado normal. Se mide en milímetros con un antropómetro.

33. Longitud nalga-poplíteo.- Es la distancia mayor comprendida de la parte más posterior de la nalga

(glúteo) y el hueco poplíteo (punto poplíteo) con el sujeto en posición sedente. Se mide en milímetros con un antropómetro.

34. Anchura de caderas (sentado).- Es la distancia máxima comprendida entre la parte más lateral a nivel de la nalga-muslo de un lado hasta el punto contrario con el sujeto en posición sedente. Se mide en milímetros con un antropómetro.

Revisión de Literatura

Ergonomía

De acuerdo con su definición la ergonomía se encarga del diseño de los sistemas en los que la gente lleva a cabo el trabajo. Su nombre viene de las palabras griegas “ergon” trabajo y “nomos” leyes (Bridger, 1995). Su objeto de estudio lo constituyen las relaciones hombre-objeto-entorno, cuyos objetivos están enfocados a la optimización de la eficiencia de la acción humana (Ávila, Prado, & González, 2007).

Antropometría

La palabra antropometría significa medición del cuerpo humano, y se deriva de las palabras griegas “anthropos” hombre y “metron” medir (Bridger, 1995). La antropometría es la rama de las ciencias humanas que se ocupa de las medidas del cuerpo: específicamente de medidas tales como el tamaño corporal, la forma, fuerza y capacidad de trabajo (Pheasant, 1996), con el fin de establecer diferencias entre los

individuos y grupos (Panero & Zelnik, 2012).

Variabilidad Antropométrica

Es notable como la estatura y otras dimensiones de una persona cambian de la infancia a la adolescencia, además de variar entre un individuo y otro. Los seres humanos son variables (en dimensiones, proporciones y forma, así como en todas las otras características), y el diseño de máquinas, equipos, herramientas e incluso muebles para un usuario-medio requiere una comprensión de esta variabilidad (Pheasant & Haslegrave, 2006). Algunos estudios han comprobado como efectivamente la estatura de las personas cambia a cada edad (Wickens, Lee, Liu, & Gordon, 2004). En el trabajo publicado por Wickens et al. (2004), en el que presenta los datos recabados por Roche y Dávila (1972) y por VanCott y Kinkade (1972) se indica que la estatura se incrementa hasta una edad que oscila de 20 a 25 años. Por otro lado en el mismo trabajo de Wickens se muestran los resultados de

los estudios realizados por Trotter y Gleser (1951) y VanCott y Kinkade (1972) y dicen que la estatura comienza a disminuir a la edad de 35 a 40, siendo esta disminución de estatura más pronunciada en las mujeres que en los hombres. A diferencia de la estatura, algunas otras dimensiones del cuerpo como el peso y la circunferencia del pecho puede aumentar hasta la edad de 60 antes de disminuir (Wickens, Lee, Liu, & Gordon, 2004).

Marco Contextual

Según el censo de población y vivienda de 2010 del INEGI el estado de Chihuahua tiene una población de 3 406 465 habitantes, de los cuales 1 713 920 son mujeres y 1 692 545 son hombres. La ciudad de Chihuahua tiene 819 543 habitantes (INEGI).

Metodología

Diseño

El estudio será de tipo cuantitativo, observacional, descriptivo y transversal, se realizará para determinar el perfil antropométrico de la población del estado de Chihuahua. La población será dividida por grupo etario y sexo para tomar muestras de cada uno de los siguientes grupos: 3 a 5 años, 6 a 11 años, 12 a 14 años, 15 a 17 años, 18 a 24 años y 18 a 65 años. Para cada muestra se tomarán las dimensiones antropométricas más utilizadas por los diseñadores, para después capturar y analizar los datos y finalizar generando tablas antropométricas.

Participantes

Las muestras serán a conveniencia y consistirán en participantes voluntarios, en el caso de los menores de edad se necesitará del consentimiento de su padre o tutor, los participantes deberán ser como mínimo segunda generación nacida dentro del estado de Chihuahua.

Antes de realizar la toma de mediciones se leerá y explicará a los participantes una hoja de consentimiento informado que incluirá información sobre el propósito del proyecto y los responsables del mismo, así como la información necesaria sobre el procedimiento, los riesgos, beneficios, sus derechos y la confidencialidad del estudio, finalmente el documento será firmado por el voluntario, el responsable y un testigo.

Materiales y Equipos

- Antropómetro Modelo Martin (UDG) Clarita I Diseño Especial.
- Cono de empuñadura.
- Balanza.
- Software Microsoft® Excel (2013).
- Software Minitab® (2014).

Método

La primera actividad a realizar como parte del proyecto será una certificación en antropometría para asegurar la correcta medición y toma de los datos. Después de esto se realizará una adquisición de información sobre centros educativos en la ciudad de Chihuahua y zona Geoeconómica básica en el INEGI para seleccionar los centros educativos a muestrear. Una vez que se hayan seleccionado los centros educativos se deberán obtener las autorizaciones correspondientes de cada institución y de los padres de familia. Simultáneamente se realizará el reclutamiento de los miembros de los equipos de antropometrías, y estos serán a su vez capacitados en antropometría para la toma de mediciones.

Se realizará una revisión de literatura con el objetivo de conocer que dimensiones antropométricas son las más utilizadas por los diseñadores, se revisarán libros y artículos relacionados a la antropometría para el diseño de mobiliario, herramientas y estaciones de trabajo, una vez que se conozcan dichas dimensiones se creará un formato para realizar el registro de los datos de cada voluntario. Una vez realizado lo anterior se iniciará con la toma de muestras en la ciudad de Chihuahua.

Se tomarán mediciones antropométricas de la población para cada grupo etario y sexo

(3 a 5 años, 6 a 11 años, 12 a 14 años, 15 a 17 años, 18 a 24 años y 18 a 65 años). Para la toma de las muestras se asistirá a los centros educativos y de trabajo con el equipo necesario, un antropometrista y una persona encargada del registro de los datos. Se revisará con cada voluntario la hoja de consentimiento informado, en el caso de los menores de edad las hojas serán firmadas por sus padres o tutores, estas incluirán información sobre el proyecto, los encargados del mismo, riesgos, beneficios, derechos, obligaciones y confidencialidad, después de firmarla el voluntario, el encargado del proyecto y un testigo se procederá a la toma de las mediciones, utilizando la técnica antropométrica de Hertzberg (1968).

Análisis

Al terminar con la toma de mediciones se realizará la captura, revisión, corrección y procesamiento de los datos, estos serán analizados en los software Microsoft® Excel (2013) y Minitab® (2014), primero se elaborará una matriz de análisis para realizar el análisis estadístico, se efectuarán pruebas de normalidad, además de generar medidas de tendencia central, de dispersión, percentiles (5, 50 y 95) y finalmente se generarán cartas antropométricas para cada grupo etario y sexo.

Resultados

La finalidad del proyecto es crear tablas antropométricas divididas por grupo etario y sexo. Estas servirán para que los

diseñadores tengan la información de referencia necesaria con el fin de que realicen un diseño óptimo de estaciones de

trabajo, mobiliario o herramientas de trabajo dirigidas a la población del estado de Chihuahua; a fin de disminuir la gran cantidad de lesiones que son causadas por la incompatibilidad de los usuarios con sus

estaciones de trabajo o mobiliarios, que están diseñados con las dimensiones de poblaciones de otros países. Lográndose de este modo una buena interacción de las personas con sus medios de trabajo.

Referencias

- Ávila, R., Prado, L. R., & González, E. L. (2007). *Dimensiones antropométricas: Población Latinoamericana*. México: CUAAD.
- Bridger, R. S. (1995). *Introduction to Ergonomics*. United States of America: McGRAW-HILL.
- Bustillos, E. V., & Hernandez, P. L. (1999). *Cartas Antropométricas de la Industria Maquiladora en Cd. Juárez*. Ciudad Juárez: Asociación Fronteriza de Medicina Del Trabajo, A.C.
- Gouvali, M. K., & Boudolos, K. (2006). Match between school furniture dimensions and children's anthropometry. *Applied Ergonomics*, 37(6), 765-773.
- Hertzberg, H. T. (1968). The Conference on Standardization of Anthropometric Techniques and Terminology. *American Journal of Physical Anthropology*, 1-16.
- Klamklay, J., Sungkhaong, A., Yodpigit, N., & Patterson, P. E. (2008). Anthropometry of the southern Thai population. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 38(1), 111-118.
- Liu, W. C., Sanchez-Monroy, D., & Parga, G. (1999). Anthropometry of female maquiladora workers. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 23(2), 273-280.
- Microsoft®. (2013). *Microsoft Excel (365) [software]*. Obtenido de <http://office.microsoft.com/>
- Minitab®. (2014). *Minitab (17) [software]*. Obtenido de <http://www.minitab.com/>
- Mondelo, P. R., Gregori, E., Blasco, J., & Barrau, P. (2001). *Ergonomía 3: Diseño de puestos de trabajo*. México: Alfaomega.
- Muñoz, L., de la Vega, E., Lopez, F. O., Ortiz, B. A., & Lucero, K. (2009). Fuerza máxima de agarre con mano dominante y no dominante. *XV Congreso Internacional de Ergonomía SEMAC*, 1-16.
- Panero, J., & Zelnik, M. (2012). *Las dimensiones humanas en los espacios interiores*. España: Gustavo Gili.
- Pheasant, S. (1996). *Bodyspace: Anthropometry, Ergonomics and Design of Work*. London: Taylor & Francis.
- Pheasant, S., & Haslegrave, C. M. (2006). *Bodyspace: Anthropometry, Ergonomics and the Design of Work*. USA: CRC Press.
- Wickens, C. D., Lee, J. D., Liu, Y., & Gordon, S. E. (2004). *An Introduction to Human Factors Engineering*. USA: Pearson Prentice Hall.

Evaluación de carga mental de trabajo en profesionales de enfermería del turno vespertino de un hospital público de Ciudad Juárez, Chihuahua

María Pamela Bustamante Sáenz¹, Aidé Aracely Maldonado Macías¹, Jorge Luis García Alcaraz¹, Juan Luis Hernández Arellano¹, Verónica Trillo Morales¹, Nora Loreto Quintana¹

¹Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

Resumen

El presente artículo muestra una evaluación de carga mental de trabajo aplicada al personal de enfermería de un hospital público de Ciudad Juárez, Chihuahua. La profesión de enfermería es una de las ocupaciones más demandantes en el sector salud debido a la importancia y características de las tareas que realizan y los procesos mentales y físicos requeridos para ejecutarlas eficiente y eficazmente. El objetivo de esta investigación es determinar la existencia de carga mental de trabajo para detectar las mayores exigencias que presentan estos profesionales. La muestra fue de 16 profesionales de enfermería del turno vespertino conformada por enfermeros generales, auxiliares de enfermería, especialistas y supervisores con una edad media de 33 años, de los cuales 93.8% fueron mujeres y 6.3% hombres. Se utilizó la Escala Subjetiva de Carga Mental (ESCAM) para evaluar las dimensiones de carga mental de trabajo y se analizaron los datos con el programa SPSS Statistics 20. Los resultados para las cinco dimensiones: demandas cognitivas y complejidad de la tarea, características de la tarea, organización temporal del trabajo, ritmo de trabajo y consecuencias para la salud fueron de 3.9, 3.5, 2.6, 3 y 3.1 respectivamente en una escala tipo Likert de 1-5. Finalmente se encontró la existencia de carga mental media-alta para la dimensión de demandas cognitivas y complejidad de la tarea, de manera que los trabajadores son susceptibles a realizar tareas múltiples, con considerables exigencias mentales como la toma de decisiones y memorización sin ser riesgosas para la salud. Así mismo, el agotamiento al final del trabajo resultó la principal consecuencia negativa para el personal estudiado.

Palabras clave: Carga mental de trabajo, enfermería, salud ocupacional.

Introducción

La carga mental de trabajo (CMT) ha sido estudiada desde hace algunos años, sin embargo aún no se tiene un concepto del todo aceptable pero hay autores como Cañas y Waern (2001) que la definen como todos aquellos recursos de procesamiento que una persona necesita para realizar una tarea. Actualmente se ha venido dando importancia al estudio de CMT debido al acelerado crecimiento tecnológico que genera un aumento en la información, en

donde las demandas de las tareas y las capacidades de las personas se ven en desequilibrio.

Así como se ha visto en los resultados VI y VII encuesta Nacional de Condiciones de Trabajo realizadas en 2007 y 2011 en España, las exigencias a las que se someten los trabajadores con respecto a la CMT han venido en aumento y es importante mencionar que el personal sanitario es un

grupo que destaca por tener exigencias como el trabajar muy rápido, realizar tareas complejas y varias al mismo tiempo.

La labor que realizan los profesionales de enfermería es de gran importancia para toda sociedad es por esto quizás que se caracteriza por tener una carga excesiva de trabajo (Duffield et al., 2006) en la que la sobrecarga mental ha sido identificada como un problema para la salud de los trabajadores (Pousste et al., 2014). A pesar

de esto, hasta el momento no se han encontrado estudios en México y la aplicación de la ESCAM en este sector específico, por lo que esta investigación está enfocada a determinar la CMT en los profesionales de enfermería de un hospital público de Ciudad Juárez, Chihuahua para aportar un panorama sobre la percepción de los profesionales de la enfermería sobre su trabajo siendo un indicador para la prevención de riesgos laborales relacionados con la carga mental de trabajo.

Marco Teórico

La enfermería es una profesión muy antigua concebida para brindar cuidados a las personas, que paso de ser de tipo vocacional a ser una profesión que requiere competencias para realizar debidamente su función que según Ferrer, Medina y Lloret (2003) se dividen en tres dimensiones: Conceptuales (conocimientos, toma de decisiones, análisis, entre otras), interpersonales (valores, actitudes, entre otras) y técnicas (habilidades y destrezas). Además esta profesión aplica un proceso básico para la resolución de problemas para los cuidados de los pacientes el cual comprende cuatro fases: valoración; que es la identificación y definición de los problemas de los pacientes, planeación; en la que se recopila y validan datos, ejecución; cuando se brindan cuidados de enfermería y evaluación; que es la apreciación del resultado obtenido (Marriner, 1979).

La enfermería emplea procesos tanto físicos como mentales para llevar a cabo sus funciones lo que a estos requerimientos

psicofísicos se le llama carga de trabajo (Sebastián y del Hoyo, 2001). La excesiva carga de trabajo en estos profesionales ha sido identificada como la principal causa de insatisfacción (Duffield et al., 2006) y que según de Córdova mencionado por Myny (2012) las tareas cognitivas pueden componer una considerable parte de la carga de trabajo asociada a la enfermería general. Es ahí donde resulta relevante el concepto de carga mental de trabajo el cual es definido por Cañas y Waern (2001) como la porción de recursos de procesamiento que una persona necesita para realizar una tarea.

Ahora bien, la carga mental de trabajo se puede presentar de dos maneras: como una sobre carga; cuando las capacidades de la persona son superadas por las exigencias del trabajo y como una sub carga; cuando el trabajo requiere poco procesamiento mental. El presentar una sobre carga conlleva problemas como la fatiga, estrés y se puede manifestar por absentismo laboral, mala realización de las tareas, confusiones y errores. Mientras que una sub carga de

trabajo mental provoca monotonía así como una reducción en la atención provocando que el trabajador realice esfuerzo para mantener la vigilia (Rolo et al., 2009).

De acuerdo con McCauly (2012) existen cuatro modelos para medir la carga mental de trabajo: Medidas de ejecución de la tarea primaria y secundaria, medidas fisiológicas, evaluación psicofísica y enfoques de evaluación subjetivos. Estos últimos son los más utilizados debido a su practicidad en la aplicación y uno de estos métodos está la ESCAM.

La ESCAM fue desarrollada por las profesoras Díaz, Rolo y Hernández (2009)

de la Universidad de La Laguna, España. Consiste en una escala multidimensional y subjetiva la cual permite conocer la percepción de los trabajadores sobre la carga mental que provoca su trabajo. Es una escala aplicable a variedad de puestos del sector de servicios o industrial, que no requiere que se realicen tareas específicas pues da una percepción global de la carga mental de trabajo. Además es de bajo costo, con una aplicación aproximada de 15 minutos, poco invasiva, fiable y válida (Ceballos et al., 2014, Vilaret et al. 2013, Rolo et al.)

Metodología

En esta sección se muestran los materiales utilizados y las etapas que se llevaron a cabo para realizar la presente investigación.

Materiales

Es una técnica subjetiva que utiliza una escala que considera cinco dimensiones. *Demandas cognitivas y complejidad de la tarea*; que se refiere a todo aquel esfuerzo mental que requiere el trabajo para realizar la tarea como es la memorización, concentración y toma de decisiones, *Características de la tarea*; la cual

comprende las interrupciones, distracciones y dificultades en los nuevos procedimientos que se aplican en el trabajo, *Organización temporal*; que tiene que ver con el tiempo con el que se dispone, *Ritmo de trabajo*; se refiere a la posibilidad que tiene el trabajador de organizar el tiempo para llevar a cabo sus tareas y *Consecuencias para la salud*; que como su nombre lo indica, nos da la idea de que tan agotado está el participante al desempeñar las tareas. En la Tabla 1 se muestran ejemplos de las preguntas de carga mental de trabajo del cuestionario.

Tabla 1. Ejemplos de preguntas de la ESCAM

<p>3. El nivel de esfuerzo o concentración mental que requiere mi trabajo es:</p> <p>(Demandas cognitivas y complejidad de la tarea)</p>	<p>Muy Bajo Bajo Medio Alto Muy Alto</p> <p>1-----2-----3-----4-----5</p>
<p>6. El número de interrupciones (llamadas telefónicas, atender público, otros compañeros solicitando información, etc.) durante la realización de mi trabajo es:</p> <p>(características de la tarea)</p>	<p>Muy Bajo Bajo Medio Alto Muy Alto</p> <p>1-----2-----3-----4-----5</p>
<p>9. El cansancio que me produce mi trabajo es:</p> <p>(Consecuencias para la salud)</p>	<p>Muy Bajo Bajo Medio Alto Muy Alto</p> <p>1-----2-----3-----4-----5</p>
<p>19. El tiempo del que dispongo para realizar mi trabajo es:</p> <p>(Organización temporal del trabajo)</p>	<p>Muy insuficiente Insuficiente Preciso Suficiente Muy suficiente</p> <p>1-----2-----3-----4-----5</p>

Esta herramienta también incluye cuatro bloques para recoger información sobre datos laborales, condiciones ambientales del contexto de trabajo que incluye 5 ítems respecto a la temperatura, iluminación, ruido, distribución espacial y condiciones higiénicas, datos personales y el último bloque que recoge información sobre las seis dimensiones de carga mental de trabajo mediante 20 ítems evaluados en una escala tipo Likert de 5 puntos.

Las puntuaciones cercanas a 5 muestran la existencia de sobrecarga mental o en caso contrario puntuaciones alrededor de 1 señalan la existencia de subcarga mental, lo que indican valores perjudiciales y sugieren la necesidad de rediseñar el puesto de trabajo (Díaz et al., 2009).

Otra herramienta que se utilizó fue el programa SPSS Statistics 20 que es un

sistema para el análisis de datos. Tiene un diseño del tipo hoja de cálculo en la que permite introducir datos de casi cualquier tipo de archivo y se pueden generar informes tabulares, diagramas, estadísticos descriptivos, entre otros (IBM corporation, 2011).

Métodos

El proceso para llevar a cabo la investigación se realizó en las siguientes cuatro etapas:

Etapa 1. Presentación del proyecto.

Se presentó por escrito la propuesta de la investigación a los encargados de Jefatura del Departamento de Enfermería, así como las cartas para solicitar llevar a cabo la investigación en ese lugar.

Etapa 2. Aplicación de la ESCAM

El presente estudio se llevó a cabo con el personal de enfermería del turno vespertino que labora 5 días por semana, 7 horas por día de 14:00hrs a 21:00hrs. La aplicación del cuestionario se realizó en el área del checador, quince minutos antes de finalizar el turno correspondiente durante tres días consecutivos. El cuestionario contaba con una hoja introductoria donde se explicaba el propósito del estudio además su respectiva carta de consentimiento, garantizando la confidencialidad y el anonimato de los datos proporcionados. Se explicaron los objetivos y la importancia del estudio de manera general a cada persona, y se esperó a que contestaran el cuestionario.

Etapa 3. Desarrollo de la base de datos.

Se realizó una base de datos en el programa SPSS Statistics 20 la cual estuvo comprendida por siete variables de datos

laborales, cinco de condiciones ambientales de trabajo, cinco de datos personales y veinte de carga mental de trabajo. Los cuestionarios incompletos en las variables de carga mental y condiciones ambientales de trabajo no se incluyeron en la base de datos.

Etapa 4. Análisis de la información.

El análisis de los datos se lleva a cabo obteniendo las medias de los respectivos ítems de cada una de las dimensiones de carga mental de trabajo, obteniendo así los puntajes que van de 1 a 5. Las puntuaciones más cercanas a uno son interpretadas como una sub carga mental de trabajo mientras que las próximas a cinco son sobre carga mental de trabajo.

Resultados

A continuación se muestran los resultados de cada etapa de la investigación:

Resultados de etapa 1. Presentación del proyecto.

El proyecto fue aceptado y se recibieron recomendaciones para la estrategia de la aplicación de los cuestionarios. Así también se recibió información general sobre el turno analizado y un permiso para poder acceder a las instalaciones.

Resultados de etapa 2. Aplicación de la ESCAM

Para esta evaluación accedieron a participar 16 enfermeros del turno vespertino que

comprenden el 50% del total de los trabajadores del turno. La edad de los participantes osciló entre 23 y 43 años con una media de 33 años, de los cuales el 93.8% fueron mujeres y el 6.3% hombres. El 50% de los participantes son enfermeros generales, el 25% auxiliares de enfermería, 18% especialistas y el 6.3% supervisores.

Resultados de etapa 3. Desarrollo de la base de datos.

Al realizar la base de datos se obtuvo el alfa de cronbach's de cada dimensión para determinar la confiabilidad de estas. Para las demandas cognitivas y complejidad de la tarea se obtuvo una confiabilidad del

80.6%, 59.9% para las características de la tarea, 79% la organización temporal del trabajo y 57.8% para las consecuencias para la salud. Así también se descartó un cuestionario por estar incompleto.

Resultados de etapa 4. Análisis de la información

El personal de enfermería obtuvo una puntuación global para la dimensión de *demandas cognitivas y complejidad de la tarea* de 3.9 considerada como media-alta, lo que supone exigencias de memorización, concentración y en la toma de decisiones. Así mismo para este apartado se observó que el ítem con mayor puntuación fue el nivel de esfuerzo o concentración mental que requiere el trabajo con una media de 4.3 lo que supone un nivel de esfuerzo medio-alto.

El resultado de CMT para la dimensión de *Características de la tarea* fue medio con

una puntuación de 3.5. Esto significa que la frecuencia de las interrupciones no afecta de manera crítica para que el personal realice sus tareas, sin embargo el ítem específico que indica el realizar tareas múltiples resulto medio-alto con 4.5.

La organización temporal del trabajo que indica el tiempo que se tiene para realizar las tareas muestra que se cuenta con tiempo adecuado dado que la puntuación fue de 2.6 que indica un nivel medio-bajo.

El ritmo de trabajo fue medio (con 3 puntos) al igual que las consecuencias para la salud. Sin embargo para el ítem que indica agotamiento al final de la jornada laboral se obtuvo un nivel medio-alto con un puntaje de 3.9 y un 2.4 en el poder relajarse después del trabajo. En la tabla 2 se muestran los resultados de las seis dimensiones de CMT.

Tabla 2. Puntuaciones de carga mental de trabajo.

Dimensiones	CMT
Demandas cognitivas y complejidad de la tarea	3.9
Características de la tarea	3.5
Organización temporal del trabajo	2.6
Ritmo de trabajo	3
Consecuencias para la salud	3.1

Otro de los factores que se ven asociados con la CMT son las condiciones ambientales en las que labora el trabajador. Para la población estudiada la temperatura y la iluminación en su lugar de trabajo fueron adecuadas, mientras que el ruido obtuvo

puntuaciones iguales entre un confort intermedio y adecuado. El espacio de trabajo y las condiciones higiénicas fueron considerados como intermedias para los trabajadores.

Discusión

Los resultados obtenidos confirman que existe sobre carga mental de trabajo en cuanto a las demandas cognitivas y complejidad de la tarea en el personal de enfermería de este hospital, coincidente con el estudio realizado al personal de enfermería de unidades críticas en tres

hospitales chilenos (Ceballos et al., 2015). Al igual se está de acuerdo con los autores Berg, Ehrenberg, Florin, Ostergren, y Göransson (2012) de que la enfermería es una profesión que tiende a realizar tareas múltiples.

Conclusiones y Recomendaciones

Se llega a la conclusión de que el personal de enfermería presenta sobre carga mental de trabajo y que su trabajo requiere de esfuerzo mental considerable así como exigencias en la toma de decisiones y memorización sin llegar a ser nocivas. Se encontró con la ventaja de que se cuenta con el tiempo adecuado para llevarlas a cabo. Así también en la salud del trabajador se presenta un considerable agotamiento al final de la jornada laboral.

En el turno vespertino que se evaluó se trabajan siete horas en la jornada laboral

pero no se tienen descansos programados, esto es, que si el trabajo lo permite el trabajador puede ingerir una botana entre la jornada, en caso contrario el trabajo se vuelve continuo. A pesar de que ninguno de los puntajes mostró la necesidad de rediseñar el puesto de trabajo, se sugiere establecer horarios para que el personal tome descansos y así tratar de reducir el excesivo agotamiento al final del turno de trabajo y por consiguiente ayudar a mejorar el rendimiento en el trabajo y beneficiar a la salud del trabajador.

Referencias

Berg, L.M., Ehrenberg, A., Florin, J., Ostergren, J., Göransson, K.E., 2012. An observational study of activities and multitasking performed by clinicians in two Swedish emergency departments. *European Journal of Emergency Medicine*. 19 (4),246–251. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21934505>. Consultado el 09 de octubre de 2014.

Cañas, J. y Waerns, Y. (2001). Ergonomía cognitiva: aspectos psicológicos de la interacción de las personas con la tecnología de la información. *Médica panamericana*. 260pp

Ceballos, P., Paravic, T., Burgos, M. y Barriga, O. (2014) Validación de escala subjetiva de carga mental de trabajo en funcionarios/as universitarios. *Ciencia y enfermería xx (2): 73-82*.

Ceballos, P., Rolo, G., Hernández, E., Díaz, D., Paravic, T. y Burgos, M. (2015) Factores psicosociales y Carga mental de trabajo: una realidad percibida por enfermeras/os en Unidades Críticas. *Rev. Latino-Am. Enfermagem 23(2):315-22*

Díaz, D., Hernández, E. y Rolo, G. (2009). Escala Subjetiva de Carga Mental. Instituto canario de seguridad laboral. Disponible en: <http://www.gobiernodecanarias.org/ceic/icasel/docu>

mentos/manualcarga_mental.pdf. Consultado el 03 de noviembre de 2014.

Duffield, C., Roche, M. and Merrick, E. (2006) Methods of measuring nursing workload in Australia. *Collegian* Vol 13 No 1 2006

Ferre, V., Medina, J., y Lloret, A. (2003) La complejidad en enfermería. Primera edición, Laertes S. A. de Ediciones. 193pp.

IBM Corporation (2011) SPSS Statistics 20 Brief Guide

Marriner, A. (1979). El proceso de atención de enfermería: un enfoque científico. Editorial el manual moderno, S.A. de C.V. 325pp.

Myny, D., Van Hecke, A., De Bacquer, D., Verhaeghe, S., Gobert, M., Defloor, T. and Van Goubergen, D. (2012) Determining a set of measurable and relevant factors affecting nursing workload in the acute care hospital setting: A cross-sectional study. *International Journal of Nursing Studies* 49 (2012) 427–436

Pousette, A., Eklöf, M. and Törner, M., (2014) Organizational and social-psychological conditions in healthcare and their importance for patient and staff safety. A critical incident study among doctors and nurses. *Safety Science* 70, 211–221.

Rolo, G., Díaz, D. y Hernández, E. (2009) Desarrollo de una Escala Subjetiva de Carga Mental de Trabajo (ESCAM) *Revista de Psicología del Trabajo y de las Organizaciones* Vol. 25, n.º 1

Rolo, G., Díaz, D. y Hernández, E. (2009) La influencia de la carga mental de trabajo en el bienestar laboral. *Infocop*, Revista editada por el consejo general de Colegios Oficiales de Psicólogos. Disponible en: http://www.infocop.es/view_article.asp?id=2500

Vilaret, A. y Ortiz, A. (2013) Carga mental y Síndrome de Burnout en docentes a tiempo completo de una universidad de Quito. *EíDOS*, 6, 36-47

VI encuesta Nacional de Condiciones de trabajo (2007). Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo. Disponible en: <http://www.oect.es/portal/site/Observatorio/menuitem.5b1d9d00d20222ec0d144976805053a0/?vgnextoid=ebe314a00b539210VgnVCM1000008130110aRCRD>

VII encuesta Nacional de Condiciones de trabajo (2011). Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo. Disponible en: <http://www.oect.es/portal/site/Observatorio/menuitem.5b1d9d00d20222ec0d144976805053a0/?vgnextoid=ebe314a00b539210VgnVCM1000008130110aRCRD>

Factores logísticos que inciden en el aumento de la competitividad de las PyMES: una revisión de literatura

Tania Idalí Bailón García¹, Roberto Romero López¹, Alejandro Alvarado Iniesta¹,
Jaime Romero González¹, José Jair Guerrero Ávila¹

¹Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

Resumen

En la actualidad, la alta competitividad entre las empresas ha generado que diversos expertos propongan modelos con el fin de elevarla, sin embargo, dichos modelos están dirigidos particularmente a las grandes empresas debido a su importancia económica, olvidando a las Pequeñas y Medianas Empresas (PyME's) y sus necesidades específicas. En México, de acuerdo con datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), existen aproximadamente 4 millones 15 mil unidades empresariales, de las cuales el 99.8% son PyMES que generan el 52% del Producto Interno Bruto (PIB) y el 72% del empleo en el país, por lo que es conveniente apoyar a las PyME's para elevar sus niveles de competitividad que van en decadencia. Sin embargo, las estrategias que las PyME's han adoptado aún no se conocen con certeza debido a que no se encuentran documentadas; también se desconocen los factores utilizados para un mejor manejo de la empresa que permiten aprovechar sus recursos de la mejor manera y competir exitosamente en el mercado, logrando de esta manera superar las dificultades que se presentan en la actualidad, contribuyendo a su crecimiento. Esta investigación tiene como objetivo identificar los Modelos de Gestión Logística y sus factores que contribuyen al incremento de competitividad de las PyME's. Se consultaron diversas bases de datos como son: sciencedirect, emerald y springerlink, obteniendo como resultado la identificación de seis Modelos de Gestión con factores similares como son: el servicio al cliente, abastecimiento, compras, operación de almacén, administración del inventario, transporte, distribución y producción. Estos factores han sido utilizados por diversas empresas y han propiciado un aumento en su competitividad. Con base en la revisión de literatura se identificaron los factores similares utilizados en los modelos revisados que han contribuido al aumento de la competitividad en las PyMES.

Palabras Clave: Competitividad, Modelos, PyME's

Introducción

Los mercados se han vuelto altamente competitivos y debido a su rápido crecimiento, están en constante cambio, y pasan de ser simples a complejos, de estables a dinámicos (Gebauer, Gustafsson, & Witell, 2011), no importando el tamaño de las empresas que lo conformen. De acuerdo a la importancia que representan las PyME's en el crecimiento de un país (Ochoa, Jacobo, Leyva, & López, 2014), es

necesario adoptar estrategias para contrastar las exigencias de la supervivencia en el mercado (López-Mielgo, Montes-Peón, & Vázquez-Ordás, 2012).

La logística se ha convertido en un instrumento esencial para el éxito competitivo de las empresas y es una estrategia a seguir, en donde se tienen cortos ciclos de vida de los productos, el

desarrollo de nuevas líneas de productos, cadenas de distribución cambiantes y tecnologías nuevas (Christopher, 2003). Por lo tanto, la aplicación de la logística incrementa la necesidad de coordinación y conjunción de procesos y sistemas, lo que a su vez permite el surgimiento a segmentos de mercado con necesidades de variación constante de un producto o servicio final perfeccionado (Carranza, Sabria, Resende, & Maltz, 2005).

Para posicionar a una empresa, de tal forma que la distinga de sus rivales, es necesario aprovechar al máximo el valor de sus capacidades, así como implementar estrategias que las vuelvan competitivas (Porter, 1982). En este sentido, es claro que el diseño y aplicación de dichas estrategias

de crecimiento e innovación son las que permiten que las empresas alcancen una mejor posición (O & S, 2010); sin embargo, las estrategias que las PyME's han adoptado aún no se conocen con certeza debido a que no se encuentran documentadas (Ojeda, 2009). Así como también se desconocen los factores utilizados para un mejor manejo de la empresa que permiten aprovechar sus recursos de la mejor manera y competir exitosamente en el mercado, logrando de esta manera superar las dificultades que se presentan en la actualidad, contribuyendo a su crecimiento (Bonitto, 2010). Esto muestra una deficiencia de modelos logísticos para las PyME's que contribuyan a su competitividad, generando un área de oportunidad para el desarrollo de un modelo logístico para las PyME's de Ciudad Juárez.

Revisión de Literatura

Con respecto a las estrategias aplicadas por las PyME's, la literatura aporta investigaciones orientadas a determinar los factores que ayudan al aumento de la competitividad de las empresas (Navarrete y Sansores, 2010), así como las acciones realizadas por una empresa, que a su vez aumentan la rentabilidad y ayudan a la generación de ventajas competitivas sostenibles, de esta manera la empresa que las aplica puede alcanzar una posición competitiva (Otero Neira & Varela Neira, 2008). Siendo la competitividad el objetivo de las empresas, en los últimos años se han generado diversos modelos propuestos por expertos con el fin de elevarla. De forma conceptual la competitividad se concibe como un fenómeno empresarial o patrón organizativo de la sociedad, relacionándose

con su comportamiento en el mercado en el que opera (Orozco-Rosas, Ahumada-Tello, & Zárate, 2010; Sánchez & Fajardo, 2008), manteniendo e incrementando su participación basada en nuevas estrategias (Mora-riapira & Vera-colina, 2015). En la mayoría de los casos depende de la productividad, rentabilidad, posición competitiva y participación en el mercado interno y externo (Saavedra & Tapia, 2012). Para Porter (1990), la competitividad es "La producción de bienes y servicios de mayor calidad y menor precio que los competidores domésticos e internacionales, que se traducen en crecientes beneficios para los habitantes de una nación al mantener y aumentar los ingresos reales". Uno de los procesos del sistema productivo que tienen una mayor relación con la

competitividad es la logística, a partir del cual se han propuesto diversos modelos, que forman parte de los modelos de gestión logística.

Modelos de Gestión Logística

La literatura presenta diferentes modelos de gestión logística que incluyen diferentes factores para el aumento de la competitividad, entre los que destacan: Modelo de la Secretaría de Economía de México, Modelo de referencia de operaciones de la cadena de suministro (SCOR- model: Supply Chain Council of North America), y otros modelos propuestos por Héctor Díaz, Rafael García y Néstor Porcell, Carlos Alberto González, José Luis Martínez, Claudia Malcón y Judith Cavazos, Andrés Velásquez Contreras y la Dirección General de Política de la Pequeña y Mediana Empresa de España (Olivos & Orue, 2015). Dichos modelos se presentan en la matriz de la Tabla 1.

Modelo de la Secretaría de Economía de México.

La Secretaría de Economía de México (2011), decidió impulsar un Sistema Nacional de Plataformas Logísticas en México que permita: verificar, respaldar y

promover la mejora de las prácticas logísticas a los largo de los procesos de la cadena de suministro y los niveles de servicio ofertados por las empresas en México. Utilizando un sello de confianza, esto es un modelo de verificación que beneficia el desempeño logístico mediante el diagnóstico de identificación de nichos de oportunidad de mejora al momento de ser evaluados, la implementación de la mejora logística en las actividades claves y de apoyo y la mejora continua para diseñar e implementar las categorías adecuadas del sello de confianza, esto en base en las necesidades y requerimientos de cada empresa, y tiene como objetivo buscar las mejoras en la calidad de los servicios logísticos ofrecidos en la cadena de suministros de las empresas. Evalúa las 16 capacidades del modelo: estrategia y desempeño de la organización, servicio al cliente, gestión de procesos, administración de la demanda, abastecimiento y compras, procesamiento de órdenes de clientes, operación del almacén, administración del inventario, transporte, logística inversa, seguridad en el transporte de mercancías, procesos de importación/exportación, capacidad financiera, conciencia ambiental, sistemas de información, gestión de datos, organización, personal y competencias.

Tabla 1. Matriz de modelos logísticos reportados en diversos estudios

Modelos Logísticos y/o Autores	Factores Identificados	Cita
La Secretaría de Economía de México	<ol style="list-style-type: none"> 1. Estrategia y desempeño de la organización 2. Servicio al cliente 3. Gestión de procesos 4. Administración de la demanda 5. Abastecimiento y compras 6. Procesamiento de órdenes de clientes 7. Operación del almacén 8. Administración del inventario 9. Transporte 10. Logística Inversa 11. Seguridad en el transporte de mercancías 12. Procesos de importación/exportación 13. Capacidad financiera 14. Conciencia ambiental 15. Sistemas de información 16. Gestión de datos, organización, personal y competencias 	(Secretaría de Economía de México, 2011)
SCOR-Model Supply Chain Council of North America	<ol style="list-style-type: none"> 1. Proceso 2. Medición del desempeño 3. Implementación 4. Participantes 	(Ministerio de industria turismo y comercio, 2011), (Persson, 2011), (Calderón & Lario, 2005), (Palma-Mendoza, 2014), (Persson & Araldi, 2009), (Hwang, Lin, & Lyu, 2008), (Harelstad, Swartwood, & Mali, 2004), (Stephens, 2001), (Huan, Sheoran, & Wang, 2004), (Kevan, 2005), (Bolstorff, 2002), (Bolstorff, 2004), (Rolf, 2007), (Reichardt & Nichols, 2003), (Lee, Tzong-Ru, Jiun-Shen, Yi-Siang, & Sivakumar, 2012).
Héctor Díaz, Rafael García y Néstor Porcell	<ol style="list-style-type: none"> 1. Provisión 2. Producción 3. Distribución 	(Díaz, García & Porcell, 2008), (García-contreras & Romero, 2003).
Carlos González, José Luis Martínez, Claudia Malcón y Judith Cavazos.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aprovisionamiento 2. Almacenamiento 3. Transporte y Distribución 4. Costos Logísticos 5. Servicio al cliente 6. Inventario 	(Camargo, Martínez, Malcon, & Cavazos, 2013)
Andrés Velázquez	<ol style="list-style-type: none"> 1. Producción 2. Ventas 3. Logística 4. Planeación de materiales 5. Gestión de inventarios y almacenamiento de materia prima 6. Plan de compras y colocación de pedidos al proveedor 7. Plan de ventas 	(Contreras, 2003)
La Dirección General de Política de la PyME en España	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aprovisionamiento 2. Producción 3. Almacenamiento 4. Transporte 5. Distribución 6. Servicio al cliente 	(Ministerio de industria turismo y comercio, 2011), (Trullén, 2010)

Modelo de Referencia de Operaciones de la Cadena de Suministro (SCOR-MODEL)

El Ministerio de industria turismo y comercio (2011), así como Persson (2011), describen el modelo de referencia de operaciones de la cadena de suministros o *supply chain operations reference-model* (SCOR por sus siglas en inglés), como una herramienta de gestión y estrategia reconocida y aprobada a nivel mundial por las organizaciones de excelencia logística, aplicable a todos los estudios, análisis y tratamientos de la cadena de suministros. Calderón & Lario (2005); Palma-Mendoza (2014); Persson & Araldi (2009), mencionan que además de ser una herramienta de gestión y estrategia, es una herramienta de diagnóstico estándar inter-industrias para la gestión de la cadena de suministro. Hwang, Lin & Lyu (2008), comentan que ha sido ampliamente adoptado por muchas organizaciones modernas para competir y sobrevivir en el mercado. Harelstad, Swartwood & Mali (2004); Stephens (2001) y Kevan (2005), mencionan que permite a las empresas examinar su proceso en la cadena de suministro, para determinar donde existen puntos débiles y poder identificar posibles mejoras. Huan, Sheoran & Wang (2004), analizaron las fortalezas y debilidades del modelo SCOR, para conocer la utilización en la toma de decisiones estratégicas. Bolstorff (2002); Rolf (2007); Reichardt & Nichols (2003), indican que el modelo SCOR se adopta a cualquier tipo de negocio, y está orientado al desarrollo de métricos que midan eficientemente el progreso de la cadena de suministro, y de esta manera poder visualizar el rendimiento

operativo y financiero. Los autores Lee, Tzong- Ru(Jiun-Shen), Yi-Siang & Svakumar (2012), dicen que SCOR se divide en cuatro partes: proceso, medición del desempeño, implementación y participantes, sin embargo, la implementación y el involucramiento de los participantes implican condiciones individuales, tales como las características de los profesionales y de las empresas.

Modelo propuesto por Héctor Díaz, Rafael García y Néstor Porcell.

Autores como Díaz, García & Porcell (2008); García- Conteras & Romero (2003), describen un modelo para aumentar la vida de las empresas, enfocado a las PyME's para alcanzar su permanencia y competitividad. Además de encontrar las necesidades básicas, los indicadores y el costeo requerido para analizar y optimizar los recursos de la cadena de suministro. Lo más importante de este proceso, es el control de costos en toda la cadena logística, desde la etapa de provisión hasta la etapa de distribución, conocer estos costos y determinar los precios de venta de acuerdo con toda la información suministrada en el proceso, esto permitirá a la compañía obtener rentabilidad sobre sus operaciones y a su vez hacer sostenible su empresa. Este modelo se enfoca en la provisión, producción y distribución.

Modelo propuesto por Carlos González, José Luis Martínez, Claudia Malcón y Judith Cavazos.

Los creadores de este modelo propuesto lo utilizaron para conocer el procedimiento y evaluar el estado de la empresa utilizando la

logística por medio de indicadores para las áreas de aprovisionamiento, almacenamiento, transporte y distribución, inventario, servicio al cliente y costos logísticos, esta metodología permite el conocimiento de los costos logísticos de la empresa y las herramientas que permitirán mejorar los procesos por áreas, mejorando

la forma de operación logística de la organización, disminuyendo los costos y por lo tanto el aumento de la competitividad en las pequeñas empresas (Camargo, Martínez, Malcon, & Cavazos, 2013). Los indicadores se presentan en la siguiente Tabla 2.

Tabla 2. Indicadores de evaluación para las áreas de aprovisionamiento, almacenamiento, transporte y distribución, servicio al cliente, inventario y costos logísticos.

Indicadores considerados para realizar el diagnóstico		
Aprovisionamiento	Servicio al cliente	Transporte y distribución
Pedidos efectivos	Entregas perfectas	Incidencias de pedido
Entregas a tiempo	Indicador de quejas de cliente	Costo de transporte
Desabastecimiento	Devoluciones	Seguridad industrial en el transporte
Nivel de intermediación	Revisión de órdenes de compra	
Almacenamiento	Inventario	Costos logísticos
Capacidad utilizada	Índice de rotación de mercancías	Costos logísticos totales
Costo por metro cuadrado	Índice de mercancía averiada	Ventas totales

Modelo propuesto por Andrés Velázquez Contreras

Este modelo fue propuesto por Andrés Velázquez y se enfoca en los sistemas de operaciones de las PyME's, para encontrar nuevas posibilidades, metodologías y alternativas de desarrollo estratégico que fortalezcan su competitividad, además de que ofrece una guía de acción coherente y sencilla para empresas innovadoras. Los propósitos del modelo son: administrar todos los factores relacionados con el proceso de manufacturera y la logística, replanificar con mayor rapidez y certeza, facilitar el desarrollo integral del sistema de información, plantear escenarios de

simulación para mejoramiento y prestar mejor servicio al cliente.

Los indicadores empleados para este modelo son: producción, ventas y logística, planeación de materiales, gestión de inventarios y almacenamiento de materia prima, plan de compras y la colocación de pedidos al proveedor y plan de ventas. El adecuado uso de los indicadores en las empresas, serán la base para generar ventajas competitivas sostenibles y posicionamiento frente a la competencia nacional e internacional (Contreras, 2003).

Modelo de la Dirección General de Política de la PyME en España

Los creadores realizaron este modelo para mejorar la competitividad de las PyME's de Madrid, y de esta manera poder obtener un manual de buenas prácticas en la actividad logística. Este manual analizará los problemas más habituales a los que las PyME's se enfrentan en sus actividades y necesidades. Este modelo se basa en el modelo de SCOR, toma en cuenta las mejores prácticas y factores de gestión en

las tareas de logística principales para las empresas. Considera el aprovisionamiento, producción, almacenamiento, transporte y distribución y servicio al cliente. Estos factores son estudiados en su totalidad para encontrar una mejora en su manejo. Esta práctica sirve para definir más claramente la gestión logística dentro de las empresas, así como establecer asociación entre colaboradores de la cadena de suministro (Ministerio de industria turismo y comercio, 2011; Trullén, 2010).

Resultados

Con base en la revisión de literatura realizada se conocieron los factores similares utilizados en cada uno de los modelos obtenidos en la investigación los cuales son: el servicio al cliente, abastecimiento, compras, operación de

almacén, administración del inventario, transporte, distribución y producción. En la Tabla 3, se muestra la descripción de los factores considerados para el aumento de la competitividad.

Tabla 3. Factores similares en los modelos y su descripción

Factor	Descripción
Servicio al cliente	Contar con una alta disponibilidad y una amplia variedad de productos.
Abastecimiento	La cantidad de producto, así como el tiempo en que se realizará el abastecimiento.
Compras	Considera la selección de sus proveedores, ubicación, relación de comunicación y procesamiento de pedidos.
Operación de almacén	Es el tamaño de instalaciones, capacidad que puede almacenar y sistema de manejo de materiales.
Administración del inventario	Conocer el nivel de inventario, inventario de seguridad y la programación de compra y suministro.
Transporte	Tipo de transporte a utilizar para entregas de pedidos.
Distribución	Ubicación de almacenes, sistema de vigilancia y control de mercado, políticas de pedidos y almacenamiento y configuración de la distribución.
Producción	Facilidad de integración de nuevos pedidos, rapidez de cambio de producto y capacidad de producción.

Conclusiones

En base a la revisión de literatura se pudo constatar la poca información que existe referente a los modelos logísticos usados por las PyME's. Asimismo, se encontró que el modelo SCOR es el referente para los modelos propuestos por diversos autores. En la literatura se encontró coincidencia entre los factores propuestos por los autores, pero también no se tiene un consenso de ellos. De los modelos revisados, que son: Modelo de la Secretaría de Economía de México, Modelo de referencia de operaciones de la cadena de suministro (SCOR- model: Supply Chain Council of

North America), y otros modelos propuestos por Héctor Díaz, Rafael García y Néstor Porcell, Carlos Alberto González, José Luis Martínez, Claudia Malcón y Judith Cavazos, Andrés Velázquez Contreras y la Dirección General de Política de la Pequeña y Mediana Empresa de España. Se puede determinar una coincidencia en los siguientes factores: el servicio al cliente, abastecimiento, compras, operación de almacén, administración del inventario, transporte, distribución y producción.

Referencias

Bonitto, M. V. (2010). La cadena de valor como herramienta estratégica para las Pymes exportadoras colombianas, *8*(2), 65–70.

Bolstorff, P. (2002). How does SCOR measure up? *Supply Chain. Technology News May*, 22–25.

Bolstorff, P. (2004). Supply Chain by the numbers. *Logistics Today*, *7*, 46, 48–50.

Calderón, L., Lario, F., Organización, D. De, Universidad, D. E., Valencia, P. De, & Vera, C. De. (2005). Análisis del modelo SCOR para la Gestión de la Cadena de Suministro. *Work*, (4), 1–10.

Camargo, A., Martínez, J., Malcon, C., & Cavazos, J. (2013). Metodología de gestión logística para el mejoramiento de pequeñas empresas, *6*(5), 121–129.

Carranza, O., Sabria, F., Resende, P., & Maltz, A. (2005). *Logística: Mejores prácticas en Latinoamérica*. México: International Thomson.

Christopher, M. (2003). *Logística: Aspectos Estratégicos*. México: Limusa.

Contreras, A. (2003). MODELO DE GESTIÓN DE OPERACIONES PARA PyMES INNOVADORAS. *Revista Escuela de Administración de Negocios*, *47*(47), 66–87.

Díaz, H., García, R., & Porcell, N. (2008). Las PYMES: Costos en la cadena de abastecimiento. *Revista Escuela de Administración de Negocios*, mayo-agost.

García-contreras, R., & Romero, I. (2003). L As P Irofosfatasas ., *22*, 183–190.

Gebauer, H., Gustafsson, A., & Witell, L. (2011). Competitive advantage through service differentiation by manufacturing companies. *Journal of Business Research*, *64*(12), 1270–1280. doi:10.1016/j.jbusres.2011.01.015

Harelstad, C., Swartwood, D., & Mali, J. (2004). The value of combining best practices ASQ Six sigma. *Forum Magazine*, 19–24.

Huan, S. H., Sheoran, S. K., & Wang, G. (2004). A review and analysis of supply chain operations reference (SCOR) model supply chain management, *9(1)*, 23–29.

Hwang, Y. D., Lin, Y. C., & Lyu, J. (2008). The performance evaluation of SCOR sourcing process - The case study of Taiwan's TFT-LCD industry. *International Journal of Production Economics*, *115*, 411–423. doi:10.1016/j.ijpe.2007.09.014

Kevan, T. (2005). Modeling the future. *Frontline Solutions*, *6(1)*, 22–24.

Lee, Tzong-Ru(Jiun-Shen), Yi-Siang, S., & Sivakumar, P. (2012). The Applications of SCOR in Manufacturing: Two Cases in Taiwan. *Procedia Engineering*, *38*, 2548–2563. doi:10.1016/j.proeng.2012.06.300

López-Mielgo, N., Montes-Peón, J. M., & Vázquez-Ordás, C. (2012). ¿qué necesita una empresa para innovar? Investigación, experiencia y persistencia. *Revista Europea de Dirección Y Economía de La Empresa*, *21(3)*, 266–281. doi:10.1016/j.redee.2012.05.005

México, S. de M. (2011). Índice 1) Agenda de Competitividad en Logística 2) Proyectos de impacto nacional.

Ministerio de industria turismo y comercio. (2011). Logística y competitividad de las PYME, 7–18.

Mora-riapira, E. H., & Vera-colina, M. a. (2015). Planificación estratégica y niveles de competitividad de las Mipymes del sector comercio en Bogotá. *Estudios Gerenciales*, *31(134)*, 79–87. doi:10.1016/j.estger.2014.08.001

Navarrete, E., Sansores, E. (2010). El fracaso de las micro, pequeñas y medianas empresas en Quintana Roo, México: Un análisis Multivariante. *Global Conference on Business and Finance Proceedings*, *5*, 1169–1173.

O, L. U. Z. S. R. D. E., & S, P. P. B. (2010). PLANEACIÓN ESTRATÉGICA LOGISTICA

PARA UN HOLDING EMPRESARIAL Logistical strategic planning for an Enterprise holding company, (44), 90–95.

Ochoa, S., Jacobo, C., Leyva, B., & López, J. (2014). Estrategia, desempeño e identidad organizacional de las pymes manufactureras mexicanas, 75–91.

Ojeda Gómez, J. (2009). La Cooperación Empresarial Como Estrategia de Las Pymes del Sector Ambiental. *Estudios Gerenciales*, *25*, 39–61. doi:10.1016/S0123-5923(09)70061-0

Olivos, P. C., & Orue, F. (2015). Modelo de gestión logística para pequeñas y medianas empresas en México, *60(1)*, 181–203.

Orozco-Rosas, U., Ahumada-Tello, E., & Zárate, R. (2010). Factores en el desarrollo de la competitividad: El modelo de competitividad sistémica en la industria del software en Baja California. *Global Conference on Business and Finance Proceedings*, *5*, 1236–1245.

Otero Neira, M. C., & Varela Neira, M. C. (2008). Influencia En Las Reacciones Competitivas De Las Características De La Acción Y Del Liderazgo De La Empresa. *Investigaciones Europeas de Dirección Y Economía de La Empresa*. doi:10.1016/S1135-2523(12)60010-0

Palma-Mendoza, J. a. (2014). Analytical hierarchy process and SCOR model to support supply chain re-design. *International Journal of Information Management*, *34(5)*, 634–638. doi:10.1016/j.ijinfomgt.2014.06.002

Persson, F. (2011). SCOR template - A simulation based dynamic supply chain analysis tool. *International Journal of Production Economics*, *131(1)*, 288–294. doi:10.1016/j.ijpe.2010.09.029

Persson, F., & Araldi, M. (2009). The development of a dynamic supply chain analysis tool-Integration of SCOR and discrete event simulation. *International Journal of Production Economics*, *121(2)*, 574–583. doi:10.1016/j.ijpe.2006.12.064

Porter, M. (1982). *Estrategia competitiva: Técnicas para el análisis de los sectores industriales y de la competencia* (Trigesima, p. 384). México: Grupo Editorial Patria.

Porter, M., E. (1990). *The Competitive Advantage of Nations*, in *Harvard Business Review* (pp. 74–91).

Rolf, P. (2007). *Application of the SCOR - model in Supply Chain Management*. United States of America.

Sanchez, M., & Fajardo, M. (2008). La Competitividad De Los Destinos Turísticos: Un Análisis Cuantitativo Mediante Modelos Logísticos. Aplicación a Los Municipios Extremeños, 21. Retrieved from <http://fama2.us.es:8080/turismo/turismonet1/ec>

onomía del turismo/mercados turísticos/competitividad de los destinos turísticos.pdf

Saavedra, M. L., & Tapia, B. (2012). El Entorno Sociocultural y la Competitividad de la PYME en México. (Spanish). *The Sociocultural Environment and the Competitiveness of SMEs in Mexico. (English)*, 30(Julio), 4–24.

Stephens, S. (2001). Supply Chain Operations Reference Model Version 5.0: A New Tool to Improve Supply Chain Efficiency and Achieve Best Practice. *Information Systems Frontiers*, 3, 471–476. doi:10.1023/A:1012881006783

Trullén, J. (2010). La Nueva Política Industrial Española: Y Productividad.

Interfaz gráfica para el cálculo de flujos de potencia en redes eléctricas

Jorge Arturo Pérez Venzor¹, Oscar Núñez Ortega¹, Néstor Abraham Corchado Nevarez¹, Raúl Ortiz Chavarría¹, Abel Eduardo Quezada Carreón¹, Lidia Hortencia Rascón Madrigal, Osiel Ramírez Sandoval¹

¹Instituto de Ingeniería y Tecnología, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

Resumen

En el siguiente artículo se muestra el diseño de una interfaz gráfica para el cálculo de flujos de potencia en una red eléctrica, con el fin de tener una herramienta que facilite la obtención de los cálculos. Se presenta el desarrollo de las interfaces gráficas (GUI'S), los códigos en MATLAB que se utilizan para crearlas así como el método matemático que desarrolla. Se explica cómo se desarrolla la interfaz gráfica basándose en códigos que utilizan método iterativo de Newton-Raphson.

Palabras clave: GUI, Interfaz gráfica, Newton-Raphson, flujos de potencia.

Introducción

Cuando se realiza un análisis de un sistema de potencia, normalmente, se estudia una red formada por un generador principal, un transformador elevador, una línea de transmisión, tomando en cuenta que hay otro transformador que reduce el voltaje y por último una carga conectada. En cambio de los sistemas eléctricos de potencia que en el mundo son una compleja red eléctrica que cuenta con una gran cantidad de elementos interconectados (Glover, & Sarma, 2003).

Los estudios de flujos de potencia son de gran utilidad, para sincronizar en que cantidad entregan energía a las distintas plantas generadoras conectadas en una red eléctrica, es un factor que nos permita conocer la forma y la cantidad de energía que nos aportan las plantas generadoras a

nuestro sistema, además de saber la magnitud y el ángulo de fase del voltaje así como determinar la potencia reactiva y la potencia real que fluye en cada línea del sistema, todos estos resultados se expresan en valores por unidad (P.U).

Con este programa computacional se pueden reducir los costos ya que los programas comerciales son de un costo demasiado elevado (Power World Corporation, 2015), que hace difícil su adquisición, es por esta razón que se está desarrollando una herramienta que permite resolver redes eléctricas medianas.

La interfaz gráfica se crea con un apartado de MATLAB el cual es capaz de crearlas, agregando los códigos que contienen el método matemático al código raíz.

Métodos

El procedimiento para calcular estos datos es un proceso algo tardado, incluso en un estudio de una red con cinco nodos, y debido al número de variables que son usadas para su cálculo, es posible cometer errores. Por esta razón se toma la decisión de crear un programa, con las características necesarias para ser una herramienta aceptable y funcional. Este se crea resolviendo las ecuaciones que se requieren para llegar al resultado, utilizando el método de Newton-Raphson. Esta herramienta se diseña con un código crea en MATLAB y con la ayuda de la librería Interfaces Graficas de Usuario o GUI, (*Graphical User Interfaces*) para crear una interfaz amigable y de fácil comprensión, para que, con solo capturar los datos de un problema planteado en algún libro de texto o verídico se obtengan los ángulos y magnitudes del voltaje.

El método Newton-Raphson es un método iterativo que nos permite aproximar la solución de una ecuación del tipo $f(x)=0$. Partiendo de una estimación inicial de la solución x_0 y construyendo una aproximación o sucesión de forma continua mediante la fórmula, el método de Newton-Raphson es un método para resolver

ecuaciones algebraicas no lineales (Guzmán, 2012).

Considérese un sistema de n ecuaciones algebraicas no lineales:

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n) = 0; i = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

Supongamos que los valores iniciales de las incógnitas son las siguientes:

$$x_1^0, x_1^0, \dots, x_n^0 \text{ sean } \Delta x_1^0, \Delta x_2^0, \dots, \Delta x_n^0$$

Da la solución siguiente:

$$f_i(x_1^0 + \Delta x_1^0, x_2^0 + \Delta x_2^0, \dots, x_n^0 + \Delta x_n^0) = 0; \quad (2) \\ i = 1, 2, \dots, n$$

Al desarrollar esta ecuación, se obtiene lo siguiente:

$$f_i(x_1^0, x_2^0, \dots, x_n^0) + \left[\left(\frac{\partial f_i}{\partial x_1} \right)^0 \Delta x_1^0 + \left(\frac{\partial f_i}{\partial x_2} \right)^0 \Delta x_2^0 \right. \\ \left. + \dots + \left(\frac{\partial f_i}{\partial x_n} \right)^0 \Delta x_n^0 \right]$$

Más términos de mayor orden igual a 0

Donde $\left(\frac{\partial f_i}{\partial x_1} \right)^0, \left(\frac{\partial f_i}{\partial x_2} \right)^0, \dots, \left(\frac{\partial f_i}{\partial x_n} \right)^0$ son las derivaciones de f_i con respecto a x_1, x_2, \dots, x_n evaluadas en $(x_1^0, x_1^0, \dots, x_n^0)$. Si los términos de orden superior se desprecian, puede escribirse en forma matricial:

$$\begin{bmatrix} f_1^0 \\ f_2^0 \\ \vdots \\ f_n^0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \left(\frac{\partial f_1}{\partial x_1}\right)^0 & \left(\frac{\partial f_1}{\partial x_2}\right)^0 & \dots & \left(\frac{\partial f_1}{\partial x_n}\right)^0 \\ \left(\frac{\partial f_2}{\partial x_1}\right)^0 & \left(\frac{\partial f_2}{\partial x_2}\right)^0 & \dots & \left(\frac{\partial f_2}{\partial x_n}\right)^0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \left(\frac{\partial f_n}{\partial x_1}\right)^0 & \left(\frac{\partial f_n}{\partial x_2}\right)^0 & \dots & \left(\frac{\partial f_n}{\partial x_n}\right)^0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta x_1^0 \\ \Delta x_2^0 \\ \vdots \\ \Delta x_n^0 \end{bmatrix} \cong \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix}$$

O en forma de matriz vectorial:

$$f^0 + j^0 \Delta x^0 \cong 0 \quad (3)$$

Se conoce como matriz jacobiana a j^0 (que se obtiene al diferenciar el vector función f^0 con respecto a x y se evalúa en (x^0)). La ecuación anterior se puede escribir como:

$$f^0 \cong [-j^0] \Delta x^0 \quad (4)$$

Se puede obtener valores aproximados de corrección Δx^0 . Como estos constituyen un sistema de ecuaciones algebraicas lineales se pueden resolver de manera eficiente mediante triangulación y sustitución.

Los valores de x son entonces: $x^1 = x^0 + \Delta x^0$

O en general para la iteración $(r + 1) - estimacion$.

$$x^{(r+1)} = x^{(r)} + \Delta x^{(r)} \quad (5)$$

Las iteraciones se continúan hasta que la ecuación (1) se satisfaga para cualquier exactitud deseada, es decir:

$$|fi(x^{(r)})| < \varepsilon \text{ (Un valor especificado);} \quad (6)$$

$$i = 1, 2 \dots n$$

El método requiere de un número iteraciones bastante amplio, las cuales requieren de tiempo, por lo tanto este diseño de ecuaciones son escritas con un código, que facilita su manejo y disminuye la posibilidad de que cometer errores (Guzmán, 2012).

Con este método se estructuran las funciones creadas en MATLAB que siguen una secuencia para llegar a la solución. Al iniciar se corre la función YBus (Acha, Fuerte-Esquivel, Ambriz-Perez, & Angeles-Camacho, 2004) que se encarga de crear las matrices de admitancias. La figura 1 muestra cómo se obtiene dicha matriz.

Después de que la matriz de admitancias es calculada se inicia con el cálculo con el método Newton-Raphson (Acha, Fuerte-Esquivel, Ambriz-Perez, & Angeles-Camacho, 2004), que es el cálculo final para obtener los valores para el ángulo y magnitud del voltaje por nodo.

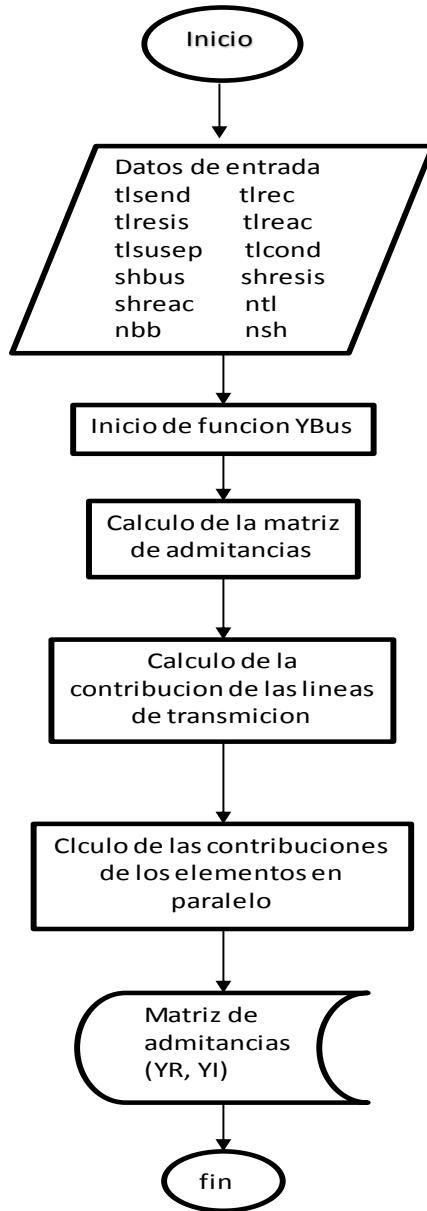


Figura 1: Diagrama de flujo para YBus. (Granada Echeverri, 2001)

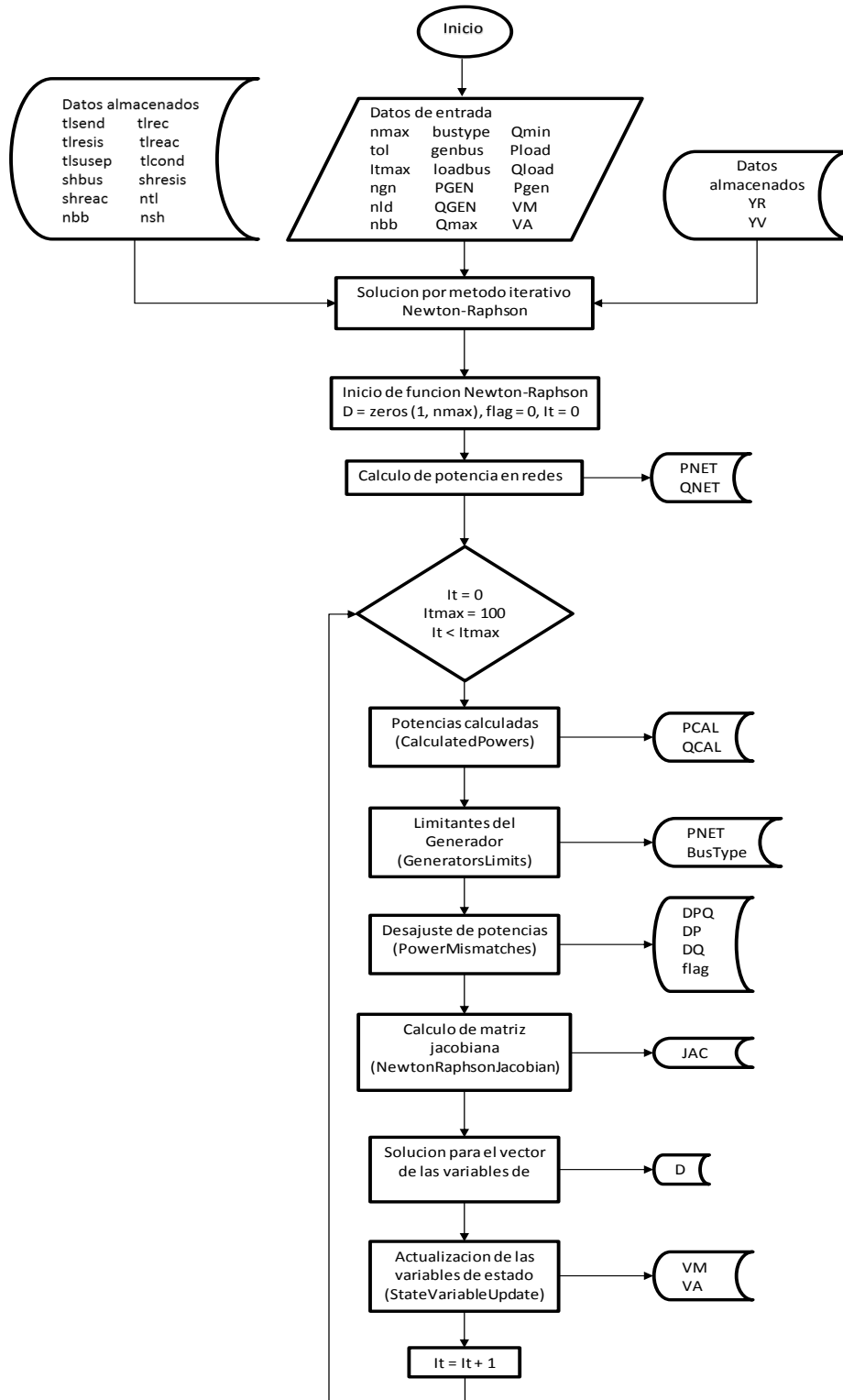


Figura 2: Diagrama de flujo para Newton-Raphson (Granada Echeverri, 2001)

La interfaz gráfica cuenta con diversas herramientas las cuales ayudaran a llegar a la solución del sistema, como lo representa los diagramas de flujos.

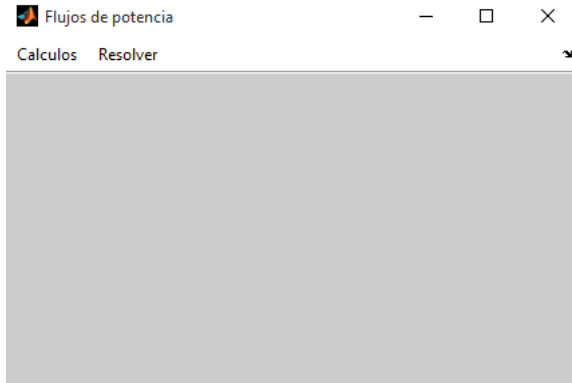


Figura 3: Pantalla principal (Fernández de Córdoba, 2007)

La interfaz gráfica cuenta con tres pantallas, la primera es la figura 3, en la cual muestra un menú donde seleccionas las funciones que se necesitan para resolver el problema de flujos de potencia. En la primera opción es “Cálculos” donde se encuentra la función YBus, que esta referenciada a la figura 1, que nos muestra

el curso del sistema, La segunda es la encargada de desplegar la función Newton-Raphson, la cual esta referenciada en la figura 2.

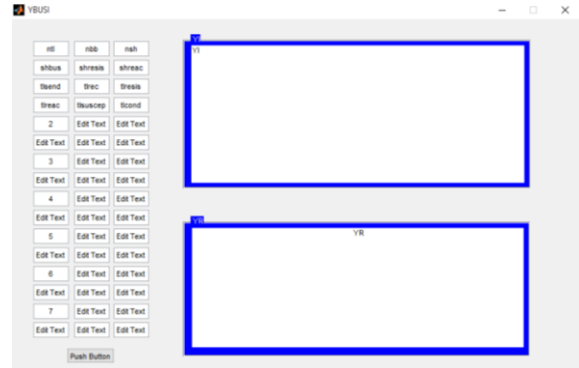


Figura 2: Pantalla YBus (Fernández de Córdoba, 2007)

Una de las pantalla que se encarga de resolver el problema es YBus se encarga de adquirir los valores de admitancias que están referenciados como datos de entrada en la figura 1.

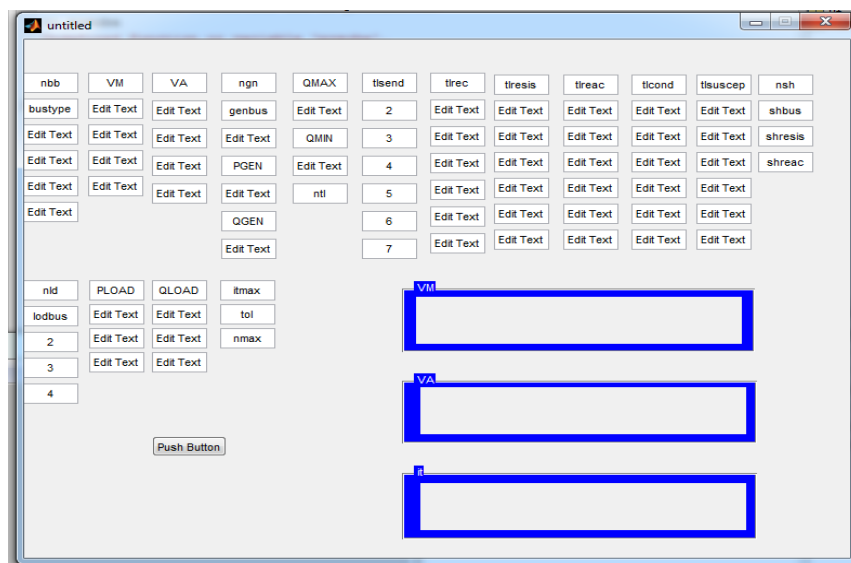


Figura 3: Newton Raphson (Fernández de Córdoba, 2007)

Resultados

Para probar el funcionamiento de la interfaz gráfica se toma un ejemplo, el cual consta de una red de 5 nodos, 2 generadores y 7 redes de transmisión (Acha, Fuerte-Esquivel, Ambriz-Perez, & Angeles-Camacho, 2004). En este mismo ejemplo se cuenta con los datos necesarios para realizar el cálculo. Obtienen los siguientes resultados, los cuales coinciden con los del ejemplo.

En las siguientes tablas se muestran las matrices de admitancias, estas matrices se calculan con la función representada en la figura 1.

Tabla 1. YI

-18.695	15	3.75	0	0
15	-32.415	5	5	7.5
3.75	5	-38.695	30	5
0	5	30	-38.695	3.75
0	7.5	0	3.75	-11.21

Tabla 2. YR

6.25	-5	-1.25	0	0
-5	10.833	-1.666	-1.666	-2.5
-1.25	-1.666	12.916	-10	0
0	-1.666	-10	12.916	-1.25
0	2.5	0	-1.25	3.75

Las siguientes tablas muestran los valores que se obtienen a partir de la figura

2. La tabla 3 muestra los valores del voltaje en cada uno de los buses. Estos valores se encuentran en un rango de 0.9 a 1.1 P.U's, lo que indica que se encuentran en un rango aceptable. Las tablas 4 y 5 muestran el valor angular de cada uno de los voltajes, se muestran en grados y radianes respectivamente y la tabla numero 6 nos indica en número de iteraciones totales para llegar a estos resultados.

Tabla 3. VM

1	2	3	4	5
1.06	1.00	0.987	0.984	0.917

Resultados representados en Angulo.

Tabla 4. VA

1	2	3	4	5
0.00	-2.06	-4.64	-4.96	-5.77

Resultados representados en radianes.

Tabla 5. VA

1	2	3	4	5
0.00	-0.035	-0.080	-0.086	-0.100

Iteraciones.

100

Conclusiones

Al realizar la interfaz gráfica y probarla se observa un buen desempeño y la obtención de los datos que se esperaban, además que se hace de una forma más fácil. Trabajar en el diseño de GUI's en MATLAB es una forma amigable y de un proceso sencillo. También que es posible aplicar los conocimientos de eléctrica a sistemas

computacionales, creando herramientas que facilitan procesos para el análisis de redes eléctricas.

Se observa que esta GUI se puede mejorar para obtener un programa que sea capaz de resolver una red de un número mayor de nodos, puede hacerse más robusta y con más elementos.

Referencias

Acha, E., Fuerte-Esquivel, C. R., Ambriz-Perez, H., & Angeles-Camacho, C. (2004). FACTS: modelling and simulation in power networks. John Wiley & Sons.

Fernández, J.C. & Fuentes López, E. E. (2011). Modelo de Flujos Óptimos de Potencia Utilizando Técnicas de Optimización, Antiguo Cuscatlán, EL SALVADOR, C.A.

Fernández de Córdoba, G. (2007). Creación de Interfaces Gráficas de Usuario (GUI) con MatLab, Salamanca.

Franco, J. I. (2002). Estudio de Flujos de Potencia y Analisis de Fallas en Sistemas Electricos de Distribucion Radial. San Nicolas de los Garza. Universidad Autonoma de Nuevo Leon.

Glover, J. D., & Sarma, M. S. (2003). Sistemas de potencia: análisis y diseño. Cengage Learning Editores.

Granada Echeverri, M (2001). Flujos de potencia óptimos para sistemas de distribución usando los métodos de la cadena y del gradiente, Tesis. Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia

Guzmán, M. (2012) Flujos de potencia con Matlab, Facultad de ingeniería mecánica eléctrica ciudad Mendoza Veracruz, junio del 2012, 84 hojas.

Izquierdo J. (2002). Estudio de potencia y análisis de fallas en sistemas eléctricos de distribución radial, Santa Nicolás de las garzas, N. L.

Oñate, P. E. (2008). Solución del problema de flujos de potencia óptimo con restricciones de seguridad por un optimizador de partículas modificado, Guadalajara.

Power World Corporation. (2015, 31 de Enero). PowerWorld Corporation. Obtenido de <http://www.powerworld.com/products/simulator/overview>.

Material particulado y metales pesados en aire en ciudades mexicanas

Angélica Legarreta Perusquia¹, Alba Yadira Corral Avitia¹, Marcos Delgado Rios¹, Jonatan Torres Pérez¹, Juan Pedro Flores Marguez¹

¹Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

Resumen

Las poblaciones se encuentran expuestas a material particulado (MP) y metales pesados en aire, algunas veces por encima de los niveles permitidos por la legislación de cada país y pueden implicar riesgos para la salud humana. Se realizó una revisión de literatura sobre tendencias y comportamientos espacio-temporales de MP y metales pesados en aire en ciudades mexicanas. Se resumen las principales fuentes de emisión de estos contaminantes atmosféricos y las diversas tecnologías para su muestreo y análisis. Con base en la literatura revisada se determinaron algunas áreas de oportunidad para futuras investigaciones en México.

Palabras clave: Material particulado, metales pesados.

Introducción

Las partículas son uno de los seis “contaminantes criterio” y su medición es necesaria para el desarrollo de estándares tanto ambientales como para la protección de la salud humana (INECC, 2013).

El origen del MP puede ser natural y antropogénico y se clasifican principalmente por su tamaño. Entre las fuentes naturales de MP se encuentran la polinización de las plantas, volcanes, calles sin pavimentar e incendios forestales. La quema de combustibles fósiles para transporte, industrias y producción de energía son los principales ejemplos de contaminación antropogénica. Por su tamaño se clasifican en dos grupos principales: PM₁₀ (fracción inhalable o gruesa) las cuales tienen un tamaño mayor a 2.5 y menor a 10 micrómetros (µm) y PM_{2.5} (fracción torácica o fina) que son

partículas de diámetro menor o igual a 2.5 µm (EPA, 2013; WHO, 2003).

Existe una gran variedad de efectos a la salud debidos a la exposición a PM₁₀ y PM_{2.5} y toda la población puede verse afectada (OMS, 2006). Las muertes prematuras, ataques de asma, alergias, enfermedades cardiovasculares y la reducción de la tasa de espiración máxima en niños son algunos de los efectos de la exposición a MP (Hong et al., 2007; Kim et al., 2015). En el 2013, una evaluación realizada por la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) de la Organización Mundial de la Salud (OMS) concluyó que la contaminación del aire exterior y el MP están considerados como causas de cáncer, especialmente de pulmón (IARC, 2013). Otros estudios reportan que la exposición a MP puede ser un factor de

riesgo para contraer diabetes mellitus tipo 2 (Balti et al., 2014).

Los ecosistemas también se ven afectados por MP y metales pesados. La acidificación y saturación de nitrógeno pueden causar efectos en los ecosistemas debido a que dañan la biodiversidad de microorganismos presentes en la rizosfera y los ciclos de los nutrientes. Los metales pesados pueden afectar el crecimiento de la vegetación (Grantz et al., 2003).

El objetivo de este artículo fue revisar la literatura disponible sobre estudios hechos en México referentes a MP, comprendiendo PST (partículas suspendidas totales), PM₁₀, PM_{2.5} y metales pesados asociados. Los estudios incluidos fueron publicaciones del año 2000 en adelante. En México hay disponibles pocas investigaciones tanto de MP como de metales pesados en aire.

Resultados

Material particulado en ciudades mexicanas

En Mayo del 2014 el Gobierno Federal de México presentó el Proyecto de Norma para modificar la NOM-025-SSA1-1993 y reducir los límites máximos permisibles (LMP) de PM₁₀ y PM_{2.5} en México. El 8 de

Agosto del 2014 el proyecto fue aprobado. En la Tabla 1 se observan los LMP de la norma vigente (derecha) y los LMP en la norma anterior (izquierda) para PM₁₀ y PM_{2.5}. Los límites de 24 h están establecidos para exposición aguda y los anuales para crónica.

Tabla 1. Límites máximos permisibles de PM₁₀ y PM_{2.5} en las Normas Oficiales Mexicanas

PARÁMETRO	NOM-025-SSA1-1993	NOM-025-SSA1-2014
PM ₁₀	Límite de 24 horas: 150 µg/m ³ Límite anual: 50 µg/m ³	Límite de 24 horas: 50 µg/m ³ Límite anual: 35 µg/m ³
PM _{2.5}	Límite de 24 horas: 65 µg/m ³ Límite anual: 15 µg/m ³	Límite de 24 horas: 30 µg/m ³ Límite anual: 10 µg/m ³

Las PST aparecían en la NOM-025-SSA1-1993 y su límite era de 210 µg/m³, sin embargo, la actualización a la norma no considera las PST, debido a que estudios recientes han revelado que las PM₁₀ y las PM_{2.5} son las de relevancia para el cuidado de la salud de la población.

En esta sección se describen estudios sobre PST, PM₁₀ y las PM_{2.5} (Tabla 2) en diversas ciudades de México. Las ciudades se encuentran ordenadas de acuerdo a su densidad poblacional de forma decreciente. En el Tabla 2 se resumen los estudios encontrados sobre MP realizados en diversas ciudades mexicanas. Se describen los tamaños de partículas

analizados, los tipos de estación de muestreo y equipos utilizados para su determinación, los periodos de los estudios y los principales hallazgos.

Ciudades con población mayor a 1 000 000 habitantes

La Ciudad de México (D.F.) cuenta con una población de 8 851 080 habitantes. Múgica y colaboradores en el 2002 reportaron que de cinco estaciones de monitoreo abordadas en esta investigación, Xalostoc, cuenta con alta actividad industrial y mostró los niveles más altos tanto de TSP como de PM_{10} . Los análisis por microscopia electrónica mostraron partículas naturales con metales pesados adheridos además de partículas con alto contenido de carbón posiblemente provenientes de quema de combustibles (Múgica *et al.*, 2002). Por otra parte, Vega y colaboradores (2002) reportaron una caracterización espacio-temporal de las concentraciones de PM_{10} y $PM_{2.5}$ para un muestreo de un mes en el D.F. Realizaron dos tipos de muestreos, de 6 y de 24 h; los de 6 h se sumaron para completar las 24 h del día. Pudieron observar que los muestreos de 6 h representan mejor la variabilidad temporal de las concentraciones. Las principales fuentes de contaminación que identificaron fueron polvo y procesos de combustión. Posteriormente, se realizó un análisis de PM_{10} y $PM_{2.5}$ en el que se evaluó el periodo entre el 2000 y 2002. Se tomaron en cuenta tres sitios de muestreo: Xalostoc (industrial), Merced (comercial) y Pedregal (residencial). Las concentraciones más altas de PM se encontraron en Xalostoc (Vega *et al.*, 2004). El estudio más reciente sobre la

Ciudad de México se reportó en el 2014 en el que se analizaron datos de 14 estaciones automáticas de PM_{10} del 2000 al 2011 mostró que la media anual estuvo muy cercana al límite establecido en la normatividad mexicana ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) (Benítez *et al.*, 2014).

Tijuana, en Baja California, cuenta con una población de 1 559 683 habitantes. Minguillón y colaboradores en el 2014 reportaron que se colectaron muestras de dos sitios urbanos en Tijuana: uno de alto tráfico vehicular (Parque Morelos (PQM)) y uno correspondiente a un área industrial (Metales y Derivados (MYD)). La campaña se llevó a cabo en un periodo donde las concentraciones de MP son bajas. Las $PM_{2.5}$ fueron atribuidas a industrias por el contenido de carbono elemental y la fracción mineral (PM_{10}) a resuspensión de polvos de caminos y fuentes naturales (Minguillón *et al.*, 2014).

Morales y colaboradores en el 2014, reportaron un estudio realizado en Puebla, Puebla la cual tiene una población de 1 539 819 habitantes. La estación en la que se obtuvieron las concentraciones más altas de PM_{10} fue debido a su cercanía a carreteras a la salida sur de la ciudad. Los altos niveles de partículas sugieren exposición ocupacional crónica a las partículas durante la respiración. Los niveles de PM_{10} más altos se encontraron en verano y primavera (Morales *et al.*, 2014).

En Guadalajara, Jalisco (1 495 189 habitantes) las PM_{10} se concentraron mayormente en los meses en los que las temperaturas son bajas, debido a una baja humedad en el ambiente, lo cual evita la

dispersión del MP. El MP era considerado el contaminante de mayor importancia en esta ciudad debido a que sus concentraciones se mantenían constantes y eran altas por lo que implicaban riesgos a la salud (Ramírez *et al.*, 2009). Posteriormente, en un estudio realizado en el 2014 por Benítez y colaboradores sobre las tendencias a largo plazo de PM₁₀ en tres ciudades de México, se observó que en Guadalajara la concentración media anual de PM₁₀ se redujo en un 27.5% entre el 2000 y el 2010. De acuerdo a este estudio, la normatividad se cumple en Guadalajara desde el 2006 (Benítez *et al.*, 2014).

Monterrey, Nuevo León, cuenta con una población de 1 135 550 habitantes. Una investigación realizada por González y colaboradores (2011) encontró niveles altos de PM₁₀ los cuales rebasaron el límite anual de la NOM-025-SSA1-1993. El área donde se encontraron las mayores concentraciones se caracteriza por tener alto tráfico vehicular y actividades industriales (González *et al.*, 2011). El polvo proveniente de calles es una de las principales fuentes de PM₁₀ durante el día y el nivel más alto de concentración se alcanza a las 10 de la mañana debido a actividades antropogénicas. Monterrey presentó niveles de PM₁₀ más altos que la Ciudad de México en un 37% y alrededor de un 42% que la ciudad de Guadalajara (Benítez *et al.*, 2014).

Ciudades de 1 000 000 a 500 000 habitantes

En Mexicali, Baja California, ciudad que cuenta con 936 826 habitantes, se reportaron bastantes excedencias a la

normatividad de 24 h en los periodos evaluados. En verano en la zona urbana, Canales y colaboradores reportaron en el 2014, 8 excedencias y en el área rural fueron 7. Se concluyó que la calidad del aire en Mexicali no es satisfactoria ni por regiones (urbana y rural) ni en las temporadas (invierno y verano). Gran parte de las partículas son materia orgánica en la zona urbana y material geológico en la zona rural en invierno (Canales *et al.*, 2014).

Campos y colaboradores (2007) realizaron un estudio sobre la concentración y morfología de PM₁₀ en Chihuahua, Chihuahua (819 543 habitantes), ciudad que se caracteriza por tener un clima desértico. La composición de partículas fue predominantemente de dos tipos: partículas pequeñas con alto contenido de carbón y partículas finas con alto contenido de metales. Los datos se dividieron en épocas otoño-invierno (OI) y primavera-verano (PV); OI presentó niveles más altos de partículas, similar a lo reportado por Canales y colaboradores, en la ciudad de Mexicali. Los días de la semana fueron clasificados entre días laborables y no laborables; los laborables mostraron concentraciones mayores de PM₁₀. Varios de los sitios de muestreo excedieron las normas de calidad del aire respecto a PM₁₀ y se observó que hay una gran variación espacial de las concentraciones de las partículas (Campos *et al.*, 2007).

En la ciudad de Hermosillo, Sonora, la cual cuenta con 784 342 habitantes, se reportaron excedencias en los promedios de 24 h y anuales de PST en las 3 estaciones por lo que no se cumplió con la

normatividad mexicana. Los principales aportes de partículas se derivan del tráfico vehicular en calles sin pavimentar y terrenos baldíos. La calidad del aire en Hermosillo, Sonora según este estudio resultó ser no satisfactoria debido a las altas concentraciones de MP representado como PST (Cruz *et al.*, 2013).

En un estudio realizado por Pineda y colaboradores (2014) en San Luis Potosí, San Luis Potosí, la cual tiene 772 604 habitantes, se reportaron análisis mediante microscopia electrónica de barrido. Las partículas observadas mostraron polen, esporas y minerales (fuentes naturales) y morfologías irregulares o esféricas asociadas a metales pesados (origen antropogénico). Se utilizó el Modelo de Mesoescala Versión 5 (MM5 por sus siglas en inglés) acoplado al Modelo de Multiescala de Química del Clima (MCCM por sus siglas en inglés) para obtener información sobre la distribución de las partículas de acuerdo a condiciones meteorológicas. La modelación numérica fue una herramienta para concluir que la circulación del aire en San Luis Potosí disminuye la calidad del aire. El promedio anual de las PM_{10} ($107.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$) sobrepasó la NOM-035-SSA1-1993 y el estándar de la OMS (Pineda *et al.*, 2014).

Ciudades con menos de 500, 000 habitantes

Los niveles de PM_{10} en Colima, Colima (146 904 habitantes) fueron evaluados en un sitio rural. El estudio se dividió en una temporada fría (Octubre-Enero 2007) en la que se observaron niveles más bajos de

PM_{10} y una temporada caliente (Marzo-Mayo 2007) en la que los niveles concurren más altos. Aproximadamente un 50% de las muestras sobrepasó el límite establecido por la OMS ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$). El análisis de reparto de fuentes de emisión mostró que los mayores niveles de PM_{10} son de contaminación regional (resuspensión de polvo, la cercanía al volcán de Colima, y la ocurrencia de incendios forestales), seguido por emisiones industriales, quema de combustibles, tráfico vehicular, entre otros (Campos *et al.*, 2011).

En la zona norte de Chiapas se analizó por Ramos y colaboradores el periodo de enero del 2001 a febrero del 2005, quienes lo reportaron en el 2010, para 3 estaciones de monitoreo. Posterior a esa fecha las estaciones de monitoreo automático en Chiapas dejaron de funcionar. Uno de los hallazgos de este estudio fue la correlación negativa de PM_{10} con humedad relativa y presión, y positiva con radiación solar. En dos de las estaciones de monitoreo se excedieron los límites de 24 h establecidos en la NOM (Ramos *et al.*, 2010).

Martínez y colaboradores reportaron un estudio por microscopia electrónica de barrido en muestras de Tlaxcoapan, Hidalgo (26 758 habitantes). Indican que la morfología de las PM_{10} es debida a polvo mineral. Los análisis espectrales demostraron la presencia de C, O, Mg y Si, por lo que se cree que el MP se encuentra asociado a la explotación de cantera de caliza ubicada a 10 km de distancia del área de estudio (Martínez *et al.*, 2010).

Tabla 2. Investigaciones sobre TSP, PM₁₀ y PM_{2.5} en ciudades mexicanas

Ciudad	Carácter de las partículas colectadas	Metodología de muestreo, número de estaciones y periodo evaluado	Tipo de Análisis	Hallazgos	Referencia
Tijuana, Baja California	PM ₁₀ PM _{2.5}	Equipos de alto volumen 2 estaciones de monitoreo Período 17 mayo – 27 junio 20	Químico y gravimétrico	Los principales componentes de las PM ₁₀ fueron minerales y materia orgánica, sal marina, sulfatos no marinos y nitratos.	Minguillón <i>et al.</i> , 2014
Hermosillo, Sonora	TSP	Equipos de alto volumen 3 estaciones de monitoreo Periodo: junio 2001 a mayo 2002.	Gravimétrico Digestión ácida para metales pesados	Debe atenderse el riesgo por exposición crónica. La zona Noroeste fue la más contaminada y es la zona que tiene menor cobertura de pavimento.	Cruz <i>et al.</i> , 2013
Monterrey, Nuevo León	PM ₁₀	TEOM 1405-DF 5 estaciones automáticas Periodo: 2006 – 2008	Gravimétrico	En todas las zonas de monitoreo se excedió la NOM-025-SSA1-1993 (50 µg/m ³). Para todas las estaciones de monitoreo el invierno fue la temporada más contaminada por PM10. El verano tuvo los niveles más bajos.	González <i>et al.</i> , 2011
Puebla. Puebla	PM ₁₀ PM _{2.5}	Beta Andersen Model FH62C14 4 estaciones de monitoreo continuo	Gravimétrico	Los altos niveles de PM ₁₀ sugieren una exposición ocupacional crónica. La estación con niveles más altos fue debida a la proximidad con la carretera que lleva a ciudades del sur.	Morales <i>et al.</i> , 2014
Mexicali, Baja California	PM ₁₀	Bajo volumen Minivol Airmetrics Dos sitios: urbano y rural Dos temporadas: Invierno y verano	Gravimétrico Espectroscopia de rayos X (EDS) Transmitancia óptica Cromatografía de iones	Invierno: 12 excedencias de la NOM (120 µg/m ³) en la zona urbana y 15 excedencias en la zona rural. Verano: 8 excedencias zona urbana y 7 excedencias zona rural.	Canales <i>et al.</i> , 2014
Colima, Colima		Una estación de monitoreo Periodo: Octubre 2006 – Enero 2007 y Marzo – Mayo 2007. Muestreadores alto volumen (Tisch Environmental)	Gravimétrico Determinaciones químicas de metales, contenido de carbono, inorgánicos	Aproximadamente un 50% de las muestras sobrepasó el límite de la OMS (50 µg/m ³). Las principales fuentes corresponden a resuspensión de polvos, actividad volcánica, industria, agricultura, y emisiones vehiculares.	Campos <i>et al.</i> , 2011
Guadalajara, Jalisco	PM ₁₀	Monitoreo automático 8 estaciones de monitoreo Periodo: 2000 – 2005	Gravimétrico	PM ₁₀ fueron el principal contaminante atmosférico y puede significar un riesgo a la salud de la población.	Ramírez <i>et al.</i> , 2009
Ciudad de México	TSP PM ₁₀	Periodo: 1996 – 1998	Gravimétrico	En los tres años analizados las tendencias mostraron que los niveles de	Múgica <i>et al.</i> , 2002

		5 estaciones de monitoreo No se indica técnica de muestreo Filtros fibra de cuarzo	Químico Microscopia (SEM)	TSP y PM ₁₀ no se redujeron.	
San Luis Potosí, San Luis Potosí	PM ₁₀ TSP	4 estaciones de muestreo Periodo: Mayo 2003 a Abril 2004 Muestro manual Staplex (TSP) Alto volumen (PM ₁₀)	Microscopia electrónica de barrido (SEM) EDS Modelación (MM5 y MMCM)	La media anual excede tanto la normatividad mexicana como la de la Organización mundial de la Salud. El análisis por SEM mostró partículas provenientes de industrias de manufactura de baterías, química, producción de ácido sulfúrico y quema de combustóleo.	Pineda <i>et al.</i> , 2014
Chiapas	PM ₁₀	3 estaciones de monitoreo de la red SAMARS (Reforma, Girdaldas, Artesa) Enero 2001 – Febrero 2005	Gravimétrico	Las estaciones Girdaldas y Reforma se encuentran ubicadas muy cerca por lo que se cree que se encuentran en una zona con una atmósfera homogénea, registrando valores de contaminantes muy similares.	Ramos <i>et al.</i> , 2010
Ciudad de México	PM ₁₀ y PM _{2.5}	Muestreadores secuenciales volumen medio 6 estaciones de monitoreo	Determinaciones gravimétricas	Reportaron excedencias a normas nacionales e internacionales. Los muestreos de 6 horas ayudaron a interpretar mejor la variabilidad temporal del material particulado que los de 24 horas.	Vega <i>et al.</i> , 2002
Ciudad de México	PM ₁₀ y PM _{2.5}	Muestreadores bajo volumen Filtros de teflón	Gravimetría Fluorescencia de rayos X	Los niveles más altos fueron encontrados en una zona industrial.	Vega <i>et al.</i> , 2004
Ciudad de México, Guadalajara y Monterrey	PM ₁₀	Estaciones de monitoreo automático	Gravimétrico	En las tres ciudades las concentraciones de PM ₁₀ se fueron incrementando en la temporada de otoño y el nivel más alto se registró en invierno.	Benítez <i>et al.</i> , 2014.
Chihuahua, Chihuahua	PM ₁₀	7 sitios de monitoreo Equipos Hi-Vol Agosto 2004 – Septiembre 2005	SEM Gravimetría	Las concentraciones de PM ₁₀ presentan una elevada variación espacial.	Campos <i>et al.</i> , 2007
Tlaxcoapan, Hidalgo	PM ₁₀	Junio – Diciembre 2007 Bajo volumen Filtros nucleoporo	PIXE (Emisión de rayos X inducida por partículas) SEM	Reportaron la presencia de polvo mineral como principal fuente de PM ₁₀ .	Martínez <i>et al.</i> , 2010

Metales pesados en MP en ciudades mexicanas

La normatividad respecto a metales pesados en aire en México es escasa. La NOM-026-

SSA1-1993 establece que la media aritmética de un periodo de tres meses de Pb, como contaminante atmosférico, no debe rebasar 1.5 µg/m³, para protección de la salud de la población. En el caso del

estudio realizado en Hermosillo, Sonora (Cruz *et al.*, 2013) se utilizaron referencias como la OMS y de la Agencia Europea del Medio Ambiente y los niveles no fueron excedidos. Del mismo modo que la normatividad es poca, los estudios respecto a metales pesados en MP son muy limitados. En relación a los estudios mencionados en la sección anterior en algunos se realizó la extracción y análisis de metales pesados con la finalidad de conocer las posibles fuentes de emisión de los contaminantes.

En el Tabla 3 se sintetizan algunos trabajos en los que se han realizado determinaciones de metales pesados en México. Diversas investigaciones destacan la reducción de metales pesados principalmente el Pb, como son la Ciudad de México (Múgica *et al.*, 2002) y Hermosillo, Sonora (Cruz *et al.*, 2013). Esta disminución del plomo en México se atribuye a la mejora en la calidad de las gasolinas (Cruz *et al.*, 2013).

Tabla 3. Resumen de investigaciones sobre elementos metálicos en MP en ciudades mexicanas

Ciudad	Metodología de muestreo y tipo de filtro	Elementos metálicos	Técnica de Análisis de Metales	Referencia
Tijuana	Equipos de alto volumen Filtros de cuarzo		ICP-MS ICP-AES	Minguillón <i>et al.</i> , 2014
Hermosillo, Sonora		Pb, Cd, Ni, Cu, Cr	FAAS Perkin Elmer 3110	Cruz <i>et al.</i> , 2013
Puebla, Puebla	Filtros fibra de vidrio	As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, V.	ICP-OES (Modelo: Varian 720 ES)	Morales <i>et al.</i> , 2014
Colima	Filtros fibra de cuarzo Equipos alto volumen	As, Ba, Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Sb, Se, Sr, Ti, V, Zn, entre otros	ICP-MS (X Series II, Thermo)	Campos <i>et al.</i> , 2011
Ciudad de México	Filtros fibra de cuarzo	Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Ti, Fe, V	ICP-MS (Thermo Jarrel ash)	Múgica <i>et al.</i> , 2002
Ciudad de México	Equipos de alto volumen Filtros de microfibra de cuarzo	Cd, Cr, Mn, Ni, Pb y V	GFAAS (absorción atómica acoplada a horno de grafito GCB 932AA de doble haz)	Báez <i>et al.</i> , 2007.
Ciudad de México	Equipos de bajo volumen minivol (Airmetrics) Filtros de teflón de 47 mm	Al, Si, Ca, Fe, Cu, Zn, Ba y Pb	Fluorescencia de rayos X	Vega <i>et al.</i> , 2004
Tlaxcoapan, Hidalgo	Equipos de bajo volumen	Si, S, K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Pb	PIXE SEM	Martínez <i>et al.</i> , 2010
San Luis Potosí, San Luis Potosí,	Equipos de alto volumen	As, Cd, Cu, Pb, Ni, Fe y Cr	SEM Espectroscopia de energía dispersiva (EDS)	Aragón <i>et al.</i> , 2000

Discusión y Conclusión

En ciudades mexicanas las fuentes de contaminación natural fueron volcanes y material geológico por erosión del viento. De origen antropogénico las fuentes más comunes fueron el tráfico vehicular en calles pavimentadas y no pavimentadas, la quema de combustibles fósiles, basura y residuos agrícolas, una gran gama de procesos industriales y las plantas de generación eléctrica.

Los tiempos más largos de monitoreo fueron el D.F., Monterrey y Guadalajara con periodos de más de 3 años realizados por monitoreo automático. En el Cuadro 2 se puede observar que para monitoreo manual la técnica más utilizada fue alto volumen. Por otra parte, las muestras obtenidas de monitoreo automático fueron utilizadas para investigar comportamientos espacio-temporales y las de manual se emplearon para estudios de caracterización fisicoquímica. Los presupuestos dedicados para el monitoreo de la calidad del aire generalmente son muy bajos y el costo de mantenimiento de los equipos es alto, por esta razón se opta por la obtención de datos de un modo distinto al monitoreo automático.

Después de haber realizado la revisión de las investigaciones sobre MP y metales pesados en México fue evidente que aún falta mucho por hacer:

- Promover programas de verificación vehicular más estrictos y reforzar los de pavimentación. En casi todos los estudios se pudo observar que el tráfico vehicular

resuspende partículas tanto de calles pavimentadas como sin pavimentar.

- Promover programas de control de contaminación que eliminen los problemas desde diferentes perspectivas pues las fuentes de contaminación cambian por temporadas (clima) y a la variedad de industrias características en cada localidad.
- Realizar modelaciones de la distribución espacio-temporal de los contaminantes mediante modelos de dispersión y parámetros meteorológicos como el MM5. Únicamente una investigación realizada en San Luis Potosí abordó el tema de la modelación, siendo que es de gran importancia para poder determinar la relación existente entre la emisión de contaminantes, sus concentraciones y plantear escenarios a futuro.
- Fortalecer la generación de políticas públicas. Es evidente que existe falta de información sobre PM_{10} y $PM_{2.5}$ en casi todo el país, esto hace más difícil la generación de políticas públicas específicas para cada una de las ciudades. La insuficiencia de información y muestreo de MP es un gran obstáculo para cumplir otro gran reto: la caracterización química. Conocer la composición tanto física como química, las propiedades y comportamiento de las partículas es una parte fundamental para identificar fuentes de emisión de contaminantes y poder tomar medidas de control. Dentro de esta caracterización resulta importante incluir carbono

orgánico, carbono elemental, iones inorgánicos y elementos traza.

- Implementar sistemas de monitoreo e información sobre la calidad del aire en zonas con fuentes de contaminación naturales. En el caso particular de Puebla se resalta la importancia de implementar un sistema de monitoreo para evitar el enriquecimiento de la ciudad con contaminantes, ya que tiene una fuente natural de contaminación natural muy cercana, como es el volcán Popocatepetl. Esta necesidad también pudiera aplicar a Colima, por su proximidad al volcán de Colima.

Es de reconocerse que ha habido grandes avances y casos de éxito como fue la reducción de Pb de las gasolinas para la mejora de la calidad del aire en México. El nuevo reto respecto a MP es cumplir con las exigencias planteadas en la actualización que se realizó en el 2014 a la NOM-025-SSA1-1993. Mejorar y actualizar la determinación de MP para ir de la mano con las nuevas tendencias, como lo es el monitoreo de partículas finas (PM_{2.5}) es indiscutiblemente necesario, especialmente si se quiere lograr el objetivo de proteger la salud de la población y los ecosistemas mexicanos.

Referencias

Aragón Piña A., Torres Villaseñor G., Monroy Fernández M., Luszczewski Kudra A., Leyva Ramos R. (2000). Scanning electron microscope and statistical analysis of suspended heavy metal particles in San Luis Potosí, México. *Atmospheric Environment* 34, 4103 – 4112.

Báez P.A., García M.R., del C. Torres B.M., Padilla H.G., Belmont R.D., Amador O.M., Villalobos-Pietrini R. (2007). Origin of trace elements and inorganic ions in PM10 aerosols to the South of Mexico City. *Atmospheric Research* 85, 52-63.

Balti Eric V., Echouffo-Tcheugui Justin B., Yako Yandiswa Y., Kengne Andre P. (2014). Air pollution and risk of type 2 diabetes mellitus: A systematic review and meta-analysis. *Diabetes Research and Clinical Practice* 106, 161 – 172.

Benítez García Sandy Edith, Kanda Isao, Wakamatsu Shinji, Okazaki Yukiyo, Kawano Masahide. (2014). Analysis of Criteria Air Pollutant Trends in Three Mexican Metropolitan Areas. *Atmosphere* 5, 806 – 829.

Campos A., Alcaraz G.I., Herrera E.F., Sosa M., Jiménez J., Delgado M., Ramírez E., Puga S. (2007). Análisis temporal de las concentraciones, distribución de tamaño y morfología de partículas suspendidas menores a 10 micras en la ciudad de Chihuahua, México, *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales* 3 (1): 44-51.

Campos Ramos Arturo A., Aragón Pina Antonio, Alastuey Andrés, Galindro Estrada Ignacio, Querol Xavier. (2011). Levels, composition and source apportionment of rural background PM10 in western Mexico (state of Colima). *Atmospheric Pollution Research* 2, 409-417

Canales Rodríguez Miguel A., Quintero Núñez Margarito, Castro Romero Telma G., García Cuento Rafael O. (2014). Las Partículas Respirables PM10 y su Composición Química en la Zona Urbana y Rural de Mexicali, Baja California en México. *Información Tecnológica* Vol.25 (6), 13-22

Cruz Campas Martín Eusebio, Gómez Álvarez Agustín, Quintero Núñez Margarito, Varela Salazar Jaime. (2013). Evaluación de la calidad del aire respecto de partículas suspendidas totales (PST) y metales pesados (Pb, Cd, Ni, Cu, Cr) en la Ciudad

de Hermosillo, Sonora, México, durante un periodo anual. *Rev. Int. Contam. Ambie.* 29 (4) 269-283

Environmental Protection Agency. (2013). Particulate Matter (PM). Estados Unidos de América. <http://www.epa.gov/pm/> (Consulta: 15 Abril, 2015)

González Santiago Omar, Badillo Castañeda Christian T., Kahl Jonathan D.W., Ramírez Lara Evangelina, Balderas Rentería Isaías. (2011). Temporal Analysis of PM10 in Metropolitan Monterrey, México. *Air & Waste Manage. Assoc.* 61: 573-579.

Grantz D.A., Garner J.H.B., Johnson D.W. (2003). Ecological effects of particulate matter. *Environment international* 29, 213 - 239

Hong Yun-Chul, Hwang Seung-Sik, Kim Jin Hee, Lee Kyonung-Ho, Lee Hyun-Jung, Lee Kwan-Hee, Yu Seung-Do, Kim Dae-Seon. (2007). Metals in Particulate Pollutants Affect Peak Expiratory Flow of Schoolchildren. *Environmental Health Perspectives* 115 (3), 430-434.

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. (2013). Contaminantes criterio. México. <http://www.inecc.gob.mx/calair-indicadores/523-calair-cont-criterio> (Consulta: 6 de Enero, 2015).

International Agency for Research on Cancer (IARC). Outdoor air pollution a leading environmental cause of cancer deaths. Comunicado de Prensa. (2013). Francia. http://www.iarc.fr/en/media-centre/iarcnews/pdf/pr221_E.pdf (Consulta: 7 de Octubre, 2014).

Kim Ki-Hyun, Kabir Ehsanul, Kabir Shamin. (2015). A review on the human health impact of airborne particulate matter. *Environment International* 74, 136 – 143

Martínez Carrillo M.A., Solís C., Andrade E., Isaac Olivé K., Beltrán Hernández R.I., Medina Moreno S.A., Martínez Reséndiz G., Ramírez Reyes A., Lucho Constantino C.A., Del Razo L.M. (2010). Aerosol composition from Tlaxcoapan, Hidalgo in central México. *Revista mexicana de Física* 56, 62 – 66

Minguillón María Cruz, Campos Arturo Alberto, Cárdenas Beatriz, Blanco Salvador, Molina Luisa T., Querol Xavier. (2014). Mass concentration, composition and sources of fine and coarse particulate matter in Tijuana, Mexico during Cal-Mex campaign. *Atmospheric environment* 88, 320-329

Morales García S.S., Rodríguez Espinosa P.F., Jonathan M.P., Navarrete López M., Herrera García M.A., Muñoz Sevilla N.P. (2014). Characterization of As and trace metals embedded in PM10 particles in Puebla City, México. *Environ Monit Assess* 186:55-67.

Múgica Violeta, Maubert Marisela, Torres Miguel, Muñoz José, Rico Enrique. (2002). Temporal and spatial variations of metal content in TSP and PM10 in Mexico City during 1996-1998. *Aerosol Science* 33, 91 – 102.

Organización Mundial de la Salud. (2005). Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. Actualización Mundial 2005. Resumen de evaluación de los riesgos. 2006. Suiza. http://whqlibdoc.who.int/hq/2006/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_spa.pdf (Consultado: 23 de Febrero, 2015).

Pineda Martínez Luis F., Carbajal Noel, Campos Ramos Arturo, Aragón Piña Antonio, García Agustín R. (2014). Dispersion of atmospheric coarse particulate matter in the San Luis Potosí, México, urban area. *Atmósfera* 27 (1), 5 – 19.

Ramírez Sánchez Hermes U., Andrade García María D., Bejaran Rubén, García Guadalupe Mario E., Wallo Vázquez Antonio, Pompa Toledano Ana C., de la Torre Villaseñor Odila. (2009). The spatial-temporal distribution of the atmospheric polluting agents during the period 2000 – 2005 in the Urban Area of Guadalajara, Jalisco, México. *Journal of Hazardous Materials* 165, 1128 – 1141.

Ramos Herrera S., Bautista Margulis R., Valdez Manzanilla A. (2010). Estudio estadístico de la correlación entre contaminantes atmosféricos y variables meteorológicas en la zona norte de

Chiapas, México. Universidad y Ciencia Trópico Húmedo 26 (1), 65 – 80.

Vega E., Reyes E., Sánchez G., Ortiz E., Ruiz M., Chow J., Watson J., Edgerton S. (2002). Basic Statistics of PM2.5 and PM10 in the atmosphere of Mexico City. *The Science of the Total Environment* 287, 167 – 176.

Vega Elizabeth, Reyes Elizabeth, Ruiz Hugo, García Jose, Sánchez Gabriela, Martínez Villa Gerardo, González Uriel, Chow C. Judith, Watson

G. John. (2004). Analysis of PM2.5 and PM10 in the Atmosphere of Mexico City during 2000-2002. *Journal of the Air and Waste Management Association* 54:7, 786 – 798

World Health Organization, Health Aspects of Air Pollution with Particulate Matter, Ozone and Nitrogen Dioxide, Report on a WHO Working Group. (2003). Alemania. http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/112199/E79097.pdf (Consulta: 13 de Marzo, 2015).

Bienestar social de los trabajadores jornaleros migrantes del campo en Nuevo Casas Grandes, Chihuahua

Verónica Trillo Morales¹, Cecilia Figueroa Valenzuela¹, Nora Loreto Quintana¹,
Josefa Imelda Ramos Guevara¹, Gina Isabel Zesati Pereyra¹

¹Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

Introducción

El propósito de este trabajo es hacer un análisis de las condiciones de bienestar social de los trabajadores migrantes del campo como protagonistas de la fuerza laboral y el desarrollo económico en Nuevo Casas Grandes, Chih, estudiando como determinantes sociales el bienestar de los jornaleros y sus familias desde el ámbito económico, educativo y sector salud.

Así mismo se hace una revisión sobre el tema de migración y sus repercusiones en la comunidad expulsora y receptora dentro del marco del bienestar social.

Finalmente se exponen dos propuestas para mejorar el bienestar social de los jornaleros y sus familias.

Bienestar Social

En México, durante las últimas décadas se han presentado diversos acontecimientos sociales, políticos y económicos derivados de la apertura comercial con el tratado de libre comercio con América del Norte específicamente con Estados Unidos y Canadá, con miras a la adquisición y uso de tecnologías renovadoras y sistemas de producción más competitivas en el campo y su producción mundial. En base a dicha competencia y a la poca generación de oportunidades laborales principalmente hacia la gente del campo, que a su vez propician la falta de desarrollo y bajas economías, se han desarrollado nuevas dinámicas para obtener recursos para la subsistencia de numerosas familias dedicadas a esta actividad en estados con

menos oportunidades, principalmente grupos indígenas del sur de México. Aunado a esto, los flujos migratorios de trabajadores a distintas regiones económicamente más activas (Barrón, 2012).

En el estado de Chihuahua caracterizado por su producción agrícola en la región noreste, en la región de Nuevo Casas Grandes; principalmente en la comunidad de sección Hidalgo, se ha presentado este fenómeno migratorio de indígenas hombres jóvenes jornaleros para el trabajo del campo durante estancias cortas y en periodos de cosecha, jornaleros que llegan con la intención de ganar dinero y de regresar a sus comunidades de

procedencia llevando consigo las ganancias obtenidas por su trabajo. Con el tiempo se dan cuenta que les es más provechoso traer consigo a su familia e integrarla en las labores agrícolas, formando con esto grandes grupos familiares laborales y sociales que les brindan un sentido de pertenencia y apoyo entre sí. En la región de Nuevo Casas Grandes, Chihuahua, específicamente, se presenta un fenómeno social con la llegada de familias de jornaleros migrantes del campo. Hecho que a lo largo de la historia se propicia, en comunidades pobres o marginadas, con la necesidad de buscar alimento y trabajo, así como posesión de tierras o desarrollo de nuevas economías de grupos privilegiados (Vertinez, 2014).

Las condiciones de vida y de trabajo de los jornaleros agrícolas en México son, en términos generales, peores que las de Estados Unidos por varias razones. Se trata de la población más pobre de este país puesto que los sueldos son más bajos aun si el costo de vida es también más bajo en el área. Esto se debe a que las condiciones de vida, en la mayoría de los campamentos en donde son empleados, no cumplen con las condiciones mínimas exigidas por salubridad. La cobertura social es muy deficiente porque se trata de la migración de familias completas que, debido al nivel de pobreza en sus pueblos y a los bajos salarios en las empresas agrícolas, se ven obligados a poner a trabajar a todos sus miembros para obtener un ingreso mínimo (Vertinez, 2014).

Con base en la estadística más reciente de la Encuesta Nacional de Empleo

(ENOE), se estima que existen 2.5 millones de jornaleros, de los cuales cerca de 700 mil son migrantes, sin contar a los miembros de la familia que los acompañan. Estos jornaleros se enfrentan a la precariedad del empleo, a peregrinar migratorio y a sus condiciones de vida. Se les considera un grupo social frágil y si son indígenas la situación se acrecienta y genera una exclusión social (Barrón, 2012).

El objetivo de este artículo es por lo tanto identificar tres factores de bienestar social: el económico, con el tipo de contratación y pago por su trabajo; el de salud, con el acceso a programas de salud; finalmente, el educativo, con el grado de escolaridad y acceso a sistemas de educación de los jornaleros migrantes que viven temporalmente en Sección Hidalgo y que provienen de los estados Guerrero y Veracruz principalmente.

En el aspecto económico se analizó primeramente el tipo de contratación, donde el contrato a plazo fijo en el contrato de trabajo se ha fijado en forma expresa y por escrito el tiempo de su duración. El contrato de trabajo a plazo fijo durará hasta el vencimiento del plazo convenido, no pudiendo celebrarse por más de 5 años. Contrato de trabajo por temporada. Habrá contrato de trabajo de temporada cuando la relación entre las partes, originada por actividades propias del giro normal de la empresa o explotación, se cumpla en determinadas épocas del año solamente y esté sujeta a repetirse en cada ciclo en razón de la naturaleza de la actividad (Provensale, 2013).

El contrato de trabajo eventual se entenderá que media tal tipo de relación cuando el vínculo comienza y termina con la realización de la obra, la ejecución del acto o la prestación del servicio para el que fue contratado el trabajador. Contrato de trabajo por grupo o por equipo. Habrá contrato de trabajo de grupo o por equipo, cuando el mismo se celebre por un empleador con un grupo de trabajadores que, actuando por intermedio de un delegado o representante, se obligue a la prestación de servicios propios de la actividad de aquél. Contrato por tiempo indeterminado. Cualquiera de las partes podrá extinguir la relación durante ese lapso sin expresión de causa, sin derecho a indemnización con motivo de la extinción, pero con obligación de preavisar a la otra parte (Provenciale, 2013).

En la región de Nuevo Casas Grandes, se han establecido grupos familiares nómadas bajo distintos tipos de contratación laboral temporal en el campo, como jornaleros en épocas de cosecha, los cuales al término de la contratación regresan a su lugar de origen, en su mayoría estos, no han adoptado o modificado su costumbres y tradiciones natales generando en algunas ocasiones inequidad laboral, y desigualdad en condiciones sociales de vida.

En sentido económico, los ingresos son los caudales que entran en poder de una persona o de una organización. Un sujeto puede recibir ingresos (dinero) por su actividad laboral, comercial o productiva (Press, 2008-2014). Para los inmigrantes que habitan en Nuevo Casas Grandes el

ingreso sigue siendo poco, ya que las labores son pagadas por día laborado y los días que no se puede trabajar ya sea por lluvia u otra situación, no les genera ingresos, también es de gran importancia hacer mención que los mejores ingresos que obtienen estos jornaleros son el proceso de las cosechas ya que la forma de pago cambia de salario por día a pago por productividad, ya que dependiendo del número de botes que pizquen dependerá su ingreso, es aquí en donde se incrementa los ingresos por familia, a mayor número de miembros mayor ingreso.

En la salud se analizaron las condiciones de asistencia social a la salud y en qué casos los centros de salud, el IMSS, el seguro popular, etc. son accesibles. Todo ello con el fin de delimitar las principales problemas de salud que aquejan a los jornaleros que pueden ser condicionadas tanto por la cultura como por el clima y la exclusión social.

En los migrantes que llegan a Nuevo Casas Grandes, se distinguió el hecho de que los trabajadores experimentaron un cambio de hábitos dentro de sus usos y costumbres, entre los que podemos encontrar como más significativos el cambio de alimentación, debido a que las mujeres en tiempo de cosecha se integran a las labores del campo, no se ocupan de cocinar, por lo que se les puede ver consumiendo productos chatarra como son las frituras de maíz, refrescos en gran cantidad y repostería.

Otro aspecto que se distinguió es la falta de higiene ya que se pudo observar que prefieren realizar sus necesidades

fisiológicas al aire libre contaminando con ello el ambiente y generando un foco de posible infección para sus hijos pequeños ya que estos son llevados al lugar de trabajo y en algunas ocasiones son utilizados como mano de obra.

Por otra parte se observó que tienen un problema grave de alcoholismo, situación por la cual desdennan la asistencia social que les brinda el gobierno por medio de la instalación de un albergue en ejido hidalgo, ya que dentro de sus normativas no se permite la ingesta de bebidas embriagantes situación por la cual prefieren pagar renta, generando con esto hacinamientos ya que normalmente el lugar en donde viven es de una sola habitación y generalmente estos cuartos se ven habitados por más de cuatro personas entre niños y adultos.

Derivado del consumo de alcohol se presentan constantes peleas entre los migrantes, peleas que no en pocas ocasiones terminan en lesiones graves y hasta en muerte.

En cuanto a los servicios de salud con los que contaban se obtuvo que la gran mayoría no disponían de algún servicio médico y muy pocos recibían atención por parte del IMSS y del Seguro Popular, motivo por el cual se observó un alto de riesgo de muertes materno-infantil por falta de la atención preparto. Muchas de las mujeres que acuden a parir a los hospitales de la región no llevaron un control adecuado de su embarazo, desconociéndose con esto la situación de salud de la madre y el producto, convirtiéndose en un riesgo obstétrico.

En lo educativo se investigó los programas de educación para niños y niñas migrantes jornaleros. El Programa de Educación Básica para Niños y Niñas de Familias Jornaleras Agrícolas Migrantes (PRONIM) brinda atención educativa a niñas y niños de familias jornaleras agrícolas migrantes y/o asentadas, de 3 a 16 años de edad. Opera en los centros educativos ubicados en las comunidades y en los campamentos agrícolas de destino de esta población, en ellos brindan las condiciones para que con la participación de docentes, asesores escolares, asesores técnico-pedagógicos, se lleve a cabo una atención educativa de calidad (Gobierno del estado, 2013).

Este programa trabaja bajo un enfoque intercultural bilingüe, tanto en los contenidos curriculares como en la formación docente, el cual busca reconocer y valorar la diversidad étnica, lingüística, y cultural a fin de lograr la equidad educativa, asegurando el acceso y permanencia en educación básica de la población demandante (Gobierno del estado, 2013)

En Nuevo Casas Grandes, se encontró que los jornaleros inmigrantes contaban con un nivel de máximo de escolaridad de secundaria terminada y que en su estancia en la región ninguno de los miembros de las familias asistían a la escuela, argumentado que no eran beneficiarios de los programas de apoyo disponibles.

Por lo anteriormente mencionado los jornaleros que migran a la Ciudad de Nuevo Casas Grandes en busca de empleo y mejores condiciones de vida se encuentran

con diferentes retos, sin duda alguna emigran con la intención de recibir mejor paga por su trabajo y mejores condiciones de bienestar social ; sin embargo al llegar la Ciudad de Nuevo Casas Grandes se enfrentan a diferentes retos laborales, de salud y de educación, muchos de ellos provenientes de la poca información y acceso que los inmigrantes tienen sobre los programas disponibles que les pueden beneficiar; y otros retos aunados a sus tradiciones y costumbres.

Como propuesta para mejorar las condiciones de bienestar social esta investigación sugiere promover entre la comunidad de inmigrantes trabajadores agrícolas el uso del albergue situado en Ejido Hidalgo mediante la participación

activa de los estudiantes multidisciplinaria de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez División Multidisciplinaria en Nuevo Casas Grandes, con sus programas de Lic. En Enfermería, Lic. en Nutrición, Lic. en Trabajo Social y Lic. en Psicología industrial.

También se sugiere promover la donación de ropa entre la comunidad universitaria, para la temporada de invierno y proponer a la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, por medio de la dirección de la División multidisciplinaria en la inclusión de este servicio dentro de las prácticas de las diferentes carreras que ahí se ofertan, formando un comité de recepción de donaciones y programas de servicio social.

Bibliografía

Barrón, A. (17 de Marzo de 2012). ¿ Donde estan y como estan los jornaleros?

Gobierno del estado. (2013). Sistema Educativo Estatal. Obtenido de http://www.educacionbc.edu.mx/departamentos/ebasica/metodos_jornal.php

Prees, W. (2008-2014). Definición.es. Obtenido de <http://searchresultsguide.com/?dn=xn--definicion-d7a.de&pid=9POGER71L>

Provensale, E. P. (2013). Modalidades de contratación laboral. Obtenido de aulavirtual.derecho.proed.unc.edu.ar/.../Prof.%20Piña%20y%20Provensale.

La gestión de despacho aduanero en NEEC

Enrique Barrón López¹, Jesús Gonzalo Palacios Valerio¹, Francisco López Hernández¹

¹Departamento de Ingeniería Industrial y Manufactura, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

Resumen

El presente documento se refiere al programa gubernamental 'Nuevo Esquema de Empresa Certificada (NEEC)', encaminado a facilitar la cadena de suministros en los cruces fronterizos. Se inicia con una historia breve y sus antecedentes relacionados con el C-TPAT norteamericano a través de la Organización Mundial de Aduanas. Se revisa el avance a la fecha con tres tipos de participantes en la cadena de suministros a Julio de 2015. El enfoque se centra en analizar los requerimientos del área de Gestión Aduanera del programa y luego se hacen recomendaciones para cumplir con estos puntos a través del Perfil, que es un documento fundamental de las empresas que deseen certificarse en este programa.

Palabras Clave: NEEC, gestión aduanera

Introducción

Durante los últimos 15 años la función de logística dentro de las empresas que efectúan comercio internacional ha adquirido una gran relevancia dentro del manejo forma competitiva de su cadena de suministros de. Además de la competencia natural entre empresas propias de un mercado demandante y competitivo, se han venido a sumar a la cadena las restricciones, revisiones y retrasos adicionales en puntos de cruce fronterizos de un comercio globalizado enfocado en requerimientos de seguridad y por consiguiente sujeto a inspecciones, que puede ocasionar atrasos en el flujo de mercancías. En respuesta a ello, y siguiendo recomendaciones de la Organización Mundial de Aduanas (OMA), el Gobierno Mexicano a través del Servicio de Administración Tributario (SAT) ha puesto en marcha el Nuevo Esquema de Empresa Certificada (NEEC), el cual contempla entre otros beneficios agilizar los

cruces fronterizos a las empresas participantes, y por consiguiente contribuye a expeditar la cadena de suministros. A Julio de 2015 el SAT tiene este programa a disposición de tres clases de participantes: a) Empresas con actividades de comercio exterior, b) Transportistas, y c) Agentes Aduanales.

De especial importancia dentro de este programa NEEC es el cumplimiento por parte de los participantes de los requerimientos aduanales, o gestión de despacho aduanero. La función de despacho aduanero en México es una tarea sumamente especializada y técnica por la complejidad que ha adquirido con el paso del tiempo que va de la mano con la legislación vigente, la gran diversidad de productos y el crecimiento de los mercados internacionales, por lo que su aplicación correcta por parte de las empresas es

frecuentemente motivo de confusión, lo que ocasiona incumplimiento. Lo anterior ha sido la razón primordial para la preparación de este documento. Se exploran los requerimientos aduanales y se hacen recomendaciones sobre la forma en que los participantes pueden cumplirlos. No se

encontraron trabajos con este enfoque en la literatura disponible, razón por la cual se decidió llevarlo a cabo, con la intención de enriquecer este campo.

Antecedentes

A Raíz de los acontecimientos de ataques terroristas a las torres gemelas de NY en Septiembre de 2001, el gobierno norteamericano implementó revisiones más severas en los puntos de ingreso a su país, ocasionando atrasos adicionales en las cadenas de suministro (Andreas, 2003; De Palma, 2001) de lo cual México no fue la excepción. En forma paralela instauró el programa voluntario Customs-Trade Partnership Against Terrorism (C-TPAT) (U.S. Customs and Border Protection, 2014), orientado a que las empresas participantes cumplan y se certifiquen en medidas de seguridad y procesos, dirigidos a lograr una cadena de suministros mas segura, en su ruta hacia los Estados Unidos. Hay diversos tipos de participantes como Importadores, Empresas Manufactureras, Agentes de Carga, Transportistas (Terrestres, Aéreos, Marítimos, Ferrocarril), Terminales de Carga, etc, y aquellos que cumplen con los requerimientos gozan de diversos beneficios que se traducen en una cadena de suministros mas ágil, basado principalmente en inspecciones previas o reducidas a las cargas y/o contenedores.

Después de la implementación del programa C-TPAT en los Estados Unidos, la Organización Mundial de Aduanas OMA (World Customs Organization WCO) ha promovido el establecimiento de sus lineamientos básicos en los países miembros, enfocado en lograr un comercio global más seguro y confiable. Para ello, la OMA aprobó en Junio de 2005 lo que se ha llamado Marco Normativo SAFE (por sus siglas en inglés) (Organización Mundial de Aduanas, 2007). Este documento establece que las instituciones aduanales de cada país deben modernizarse y además establecer relaciones con la industria tendientes a facilitar el comercio internacional dentro de un marco de seguridad basado en prácticas y procedimientos en la cadena de suministros.

Con este fin la OMA definió al Operador Económico Autorizado (OEA) (Authorized Economic Operator- AEO), que en la práctica es un organismo comprometido de forma voluntaria a la seguridad física en toda la cadena de suministros mediante la adopción de prácticas operativas fundamentadas en la seguridad (Servicio de Administración Tributaria, 2015a). Dentro de los países miembros de la OMA un OEA puede ser una empresa exportadora, manufacturera, transportista (aéreo, terrestre, naval), agente aduanal, agente facilitador de carga, terminal de carga, etc, que cumple con los requerimientos normativos de seguridad. A la fecha, aproximadamente 168 países en el mundo están participando en la implementación del Marco SAFE y en los respectivos Operadores Económicos Autorizados, aunque con diversos nombres

y algunas variaciones (World Customs Organization, 2013). Muchos de estos países tienen estos programas totalmente implementados desde hace varios años, mientras que otros han manifestado su intención o están en proceso de establecerlos, pero en todos los casos cada país debe cumplir con esquemas de supervisión y certificación de los participantes. Se puede afirmar sin lugar a dudas que el futuro para una cadena logística ágil, sobre todo en los puntos de cruce fronterizos, consiste en que los miembros de la misma sean reconocidos oficialmente como OEAs.

El programa NEEC

El programa Nuevo Esquema de Empresa Certificada (NEEC) es la respuesta mexicana al Marco SAFE. Una empresa certificada en el programa NEEC equivale a un OEA, tal como lo establece el SAT: ‘El Servicio de Administración Tributaria... decidió establecer el programa de Operador Económico de México denominado “Nuevo Esquema de Empresas Certificadas” (NEEC), que reduzca los riesgos de seguridad en embarques de mercancías’ (Servicio de Administración Tributaria, 2015a).

El sustento jurídico del programa NEEC está en el Artículo 100-A de la Ley Aduanera, tal como aparece en el Diario Oficial de la Federación (DOF) (Secretaría de Gobernación. Diario Oficial de la Federación, 2013a), aunque en la práctica la operación está sujeta a Reglas que emite el SAT. Fue publicado en el DOF, inicialmente solo para empresas manufactureras y comercializadoras con

fecha del 15 de Diciembre de 2011 dentro de la Cuarta Modificación a las Reglas de Carácter General en Materia de Comercio Exterior (RCGMCE) (Secretaría de Gobernación. Diario Oficial de la Federación, 2011). En la práctica entró en vigor hasta Enero de 2012. Las Empresas Certificadas ya existían con diversos rubros desde algunos años antes de esa publicación, y a las NEEC, creadas como una certificación adicional, se les asignó el Rubro ‘L’. Los participantes que se certifican en este rubro son conocidos como ‘Empresas NEEC’.

Los segundos participantes u Operadores dentro de NEEC fueron los transportistas terrestres que desplazan mercancías de comercio exterior, e inició con su publicación en el DOF (Secretaría de Gobernación. Diario Oficial de la Federación, 2013b) el 10 de Abril de 2013, en el punto 3.8.14. Finalmente, los terceros Operadores y últimos a la fecha son los Agentes Aduanales, para los cuales la publicación en el DOF (Secretaría de Gobernación. Diario Oficial de la Federación, 2014) apareció el 29 de Agosto de 2014. Ambos, transportistas y agentes aduanales tienen en el programa NEEC la figura de ‘Socio Comercial Certificado’, pero todos los tres tipos de participantes actuales son OEAs. A la fecha el SAT está recibiendo solicitudes de certificación de las tres clases de Operadores, procesándolas, auditando físicamente en numerosos casos y extendiendo cuando aplica las certificaciones correspondientes.

Los requisitos del programa NEEC son similares en su estructura básica para

todos los tipos de Operadores, pero con algunas diferencias específicas dependiendo del tipo de empresa, principalmente en los aspectos operativos. En general de acuerdo con el portal del SAT (9) existen tres requisitos que se pueden englobar como:

1) Fiscales. En el sentido de que la empresa este al corriente de sus obligaciones fiscales

2) Aduanero. En el sentido de que la empresa esté cumpliendo con sus obligaciones aduaneras y cuente además con una estructura y recursos para ello.

3) Seguridad. En el sentido de que cuente con sistemas, procedimientos y recursos para mantener una operación segura en sus instalaciones y en la cadena de suministros.

En el mismo portal se explican los beneficios de pertenecer al NEEC, resaltando la agilización del despacho aduanero, simplificación de procedimientos y el uso de carriles exclusivos, todo lo cual contribuye a una cadena de suministros más

ágil en los cruces fronterizos. De los tres requisitos globales mencionados anteriormente este documento se centra en el punto 2, referente al despacho aduanero.

El programa NEEC es de afiliación voluntaria, orientado a que los participantes adopten sistemas de seguridad que garanticen una operación y exportación segura y libre de contaminaciones, y como tal requiere de certificación y supervisión por parte de las autoridades aduanales mexicanas. Los requisitos detallados que debe cumplir cada Operador para calificar en la designación de "Empresa NEEC" son definidos por el SAT (Servicio de Administración Tributaria, 2015c) y varían con el giro de la empresa e incluyen entre otros copias certificadas de documentos y constancias de cumplimiento fiscales, pero resalta la elaboración y envío del llamado "Perfil de la Empresa" (o Perfil del Auto Transportista Terrestre o Perfil del Agente Aduanal, según sea el caso), el cual es un documento que una vez lleno debe describir la operación detallada y la forma en que el solicitante cumple con los requisitos.

Metodología

La metodología que se ha seguido en la elaboración del presente documento es la siguiente

1) Investigación Documental. El Tema está cambiando constantemente con actualizaciones gubernamentales-oficiales frecuentes en las regulaciones y publicaciones. Se ha trabajado para asegurarse que se ha usado la última información disponible. Para ello el medio principal ha sido investigación en línea. La

información usada es válida a la fecha de elaboración del documento en Julio-Agosto de 2015.

2) Obtención de los formatos de Perfil. Se Obtuvieron los Perfiles para cada OEA del sitio oficial del SAT dedicado este fin. Los Perfiles contienen los requerimientos formales de NEEC para los OEAs..

3) Elaboración de Tabla Comparativa. Usando información de los Perfiles se elabora una Tabla Comparativa de los requerimientos de Gestión Aduanera para los tres OEAs participantes a la fecha en el NEEC.

4) Elaboración de Recomendaciones de Cumplimiento. Finalmente se hacen recomendaciones para cada punto de Gestión Aduanera, separados por OEA participante.

Análisis

El Perfil consta de 11 Requerimientos Generales a cumplir llamados "Estándares" como sigue:

- 1) Planeación de la seguridad en la cadena de suministros.
- 2) Seguridad física.
- 3) Controles de acceso físico.
- 4) Socios comerciales.
- 5) Seguridad de procesos.
- 6) Gestión aduanera.
- 7) Seguridad de los vehículos de carga, contenedores, remolques y/o semirremolques.
- 8) Seguridad del personal.
- 9) Seguridad de la información y documentación.
- 10) Capacitación en seguridad y concientización.
- 11) Manejo e investigación de incidentes.

El Perfil es un formato en WORD con macros que permite anexar procedimientos, planos, u otros documentos

probatorios de una operación adecuada a los estándares y se puede obtener del sitio del SAT (Servicio de Administración Tributaria, 2015d) para los tres tipos de Operadores a la fecha. Es un formato extenso, con aproximadamente 40 paginas iniciales, las cuales pueden aumentar cuando se llena con las respuestas. Dentro del Perfil cada Estándar consta de uno o varios sub-estándares, que describen el requerimiento a cumplir, los cuales deben contestarse dentro del espacio de Respuesta, como se puede apreciar en la Figura1, que es un esquema del cuerpo del Perfil.

Cada sub-estándar debe contestarse describiendo la forma en que el solicitante está efectuando la operación y cumpliendo con ese punto. Se debe además, en ese punto anexar el procedimiento o documento respectivo al Perfil si así se solicita. Las Notas Explicativas sirven como guía para un mejor entendimiento de la forma de llenado.

Para un mejor análisis se procedió a obtener los tres Perfiles, uno por cada Operador, y usando el Estándar #6 Gestión Aduanera de cada perfil se elaboró la Tabla 1 que muestra una comparación de los sub-estándares para los tres Operadores.

1. Estándar

Descripción del estándar

1.1 Sub-estándar	
Descripción del sub-estándar	
Respuesta	Notas Explicativas
	Describa y/o anexe... • Puntos a destacar... <i>Recomendación:</i> 1. ...
<i>Solicitud información adicional</i>	

Figura 1. Estándares y sub-estándares

Tabla 1. Gestión aduanera

	ESTANDARD	EMPR MANUF	TRANSP	AGENTE ADUANAL
6	GESTION ADUANERA	ok	ok	ok
6.1	GESTION DEL DESPACHO ADUANERO	ok	NO	ok
6.1	OBLIGACIONES ADUANERAS	NO	ok	NO
6.2	OBLIGACIONES ADUANERAS	ok	NO	NO
6.2	CONTROL DE RECINTOS	NO	NO	ok
6.3	COMPROBACION ADUANERA	ok	NO	NO

Se puede apreciar que hay pocas coincidencias de requerimientos, lo cual es de esperarse pues los tres Operadores tienen funciones de carácter operativo esencialmente diferentes. Las empresas de manufactura o comercializadoras tienen tres sub-estándares, los cuales cubren los requerimientos apropiados a su función operativa, y a su naturaleza de entidades que originan las operaciones de comercio exterior. Se puede observar también que para los transportistas solo hay un sub-estándar "Obligaciones Aduaneras", dos

para agente aduanal. Todo lo anterior porque la naturaleza operativa de

cada tipo de participante tiene diferentes requerimientos aduanales y por ende su forma de cumplimiento.

A continuación se presentan las recomendaciones de este documento sobre la forma de cumplir con cada sub-estándar, separados para cada tipo de Operador. En cada Estándar y sub-estándar se muestra al principio en letras itálicas el *Requerimiento a cumplir*, tomado del Perfil, pero en

algunos casos en versión reducida, seguido inmediatamente de la **Recomendación** producto de este documento, y si el Perfil lo requiere, la indicación de **Anexar** documentos.

1) EMPRESAS DE MANUFACTURA

6.1 GESTION DEL DESPACHO ADUANERO *La empresa debe contar con un procedimiento documentado en el que se establezcan los criterios para la selección de un Agente, o en su caso, un apoderado aduanal.*

RECOMENDACIONES

Describir el procedimiento de selección de Agente Aduanal en el Perfil procurando abordar los siguientes puntos.

-Si usa agentes aduanales detallar

-Nombre y número de patente de cada uno.

-Tipo de operación aduanal que realiza con cada uno.

-Principales puertos fronterizos usados.

-Incluir los criterios y la forma de selección de agente aduanal, entre los cuales se puede mencionar por ejemplo: Criterios corporativo, Solicitud para cotizar o participar en el concurso, Competitividad en costos, Cartera de clientes, Consulta de Opinión con clientes, Disponibilidad de Recursos Humanos, Uso de Recursos de Tecnologías de Información, Disponibilidad de horarios y recursos en cruces fronterizos o puertos de entrada.

-Verificación de existencia de la patente aduanal en las bases de datos de La Dirección General de Aduanas.

-También incluir los criterios de evaluación periódica del servicio, como por ejemplo: Reuniones periódicas de la operación, Revisión de problemas surgidos durante el periodo, Rapidez de respuesta a los problemas surgidos, Revisión de pendientes y resultado de juntas de seguimiento efectuadas.

-Si usa Apoderado Aduanal detallar su nombre, y fecha de aprobación, así como criterio de selección.

6.2 OBLIGACIONES ADUANERAS. *Se debe contar con un procedimiento documentado para el control de inventarios de las mercancías de comercio exterior conforme al artículo 59 de la Ley Aduanera, fracción I y la información a que se refiere el Anexo 24 apartado I y II, según corresponda.*

Deberá contar con un procedimiento para el cumplimiento de las obligaciones aduaneras de sus operaciones de comercio exterior. Debe incluir la forma en que efectúa la comprobación del origen de las mercancías, así como la determinación del valor en aduana. El procedimiento de origen de las mercancías debe describir la documentación que lo demuestre. Se debe tener un procedimiento indicando como se efectúa el pago de los impuestos al comercio exterior.

Si se cuenta programas de fomento autorizado por la SECON, deben tener procedimientos para cumplir con control de

inventarios, plazos de retorno y restricciones al cambio de destino de la mercancía temporal, así como el Reporte Anual de Operaciones de Comercio Exterior.

RECOMENDACIONES

Se debe contar con los siguientes procedimientos y contenidos, los cuales se deben **ADJUNTAR**.

PROCEDIMIENTO DE OPERACIONES DE GESTION ADUANERA

-Describir las operaciones de comercio exterior que la empresa realiza y la forma en que son efectuadas documentalmente, incluyendo la elaboración de facturas de comercio exterior, pedimentos, uso de Ventanilla Unica, pagos de comercio exterior y su frecuencia. Explicar la operación del sistema de control aduanero, y sus características operativas.

-Indicar si algunas de estas funciones son efectuadas por una tercera parte como sub-contratista o agente aduanal y la forma en que la empresa ejerce control sobre esta función.

-Mencionar el número de programa IMMEX, si se cuenta con uno, y su fecha de obtención.

-Asegurarse de contar con los recursos humanos para desarrollar la función. Indicar los puestos con que se cuenta y cantidad de personal.

a) PROCEDIMIENTO DE CONTROL DE INVENTARIOS

-Explicar la forma en que se usa el sistema de control aduanero para mantener el control de inventarios de mercancías de comercio exterior.

-Indicar la frecuencia de actualización de la base de datos del sistema de control aduanero. Detallar si existe alguna interfase electrónica con el sistema ERP de la empresa. De especial importancia es que se lleve a cabo la actualización periódica y continua de las estructuras de partes.

-De preferencia adjuntar las pantallas principales del sistema electrónico de control aduanero.

-Detallar como se descuentan de la base de datos y de los pedimentos los inventarios de los componentes importados usados en la construcción de productos de exportación.

-Explicar la forma de verificación de los niveles de inventarios y el control de saldos, así como la antigüedad máxima permitida de los mismos de acuerdo con la legislación vigente para el tipo de empresa.

b) PROCEDIMIENTO DE VERIFICACION DE ORIGEN DE LAS MERCANCIAS

-Explicar la forma en que se verifica el origen de las mercancías de importación.

-De igual forma indicar si se cuenta con una bodega o sitio de verificación física del origen y otras características en el puerto de ingreso al país, y como se efectúa esta tarea.

-Indicar si se cuenta con algún método de colección de Certificados de Origen, para comprobación de origen. Explicar con

detalles la colección, verificación y almacenamiento documental. De igual forma detallar si existen fechas o temporadas específicas de colección de estos documentos

-Indicar si se colecta otro documento diferente al Certificado de Origen.

c) PROCEDIMIENTO DE VALORACION DE MERCANCIAS

-Explicar como se efectúa la determinación del valor de las mercancías de importación y exportación para su declaración ante las aduanas y autoridades correspondientes.

-En el caso de las mercancías de importación mencionar si se usa un método específico de valoración aduanera. El mas usado es el “valor de transacción”, aunque existen otros si éste no se puede aplicar. En algunos casos, sobre todo cuando existe transferencia entre compañías relacionadas, es común usar el costo estándar.

-También detallar como se determina el valor de los equipos, partes de repuesto, o herramientas de importación. Es común usar el costo de compra.

-En el caso de mercancías de exportación indicar si se cuenta con un sistema de administración de costos que proporcione los costos de los productos, y también si éste es computarizado, indicando la frecuencia de actualización. De no ser así explicar cómo se determinan los valores a declarar.

d) PROCEDIMIENTO DE CUMPLIMIENTO DE LAS OBLIGACIONES ADUANERAS.

-Si se cuenta con un programa IMMEX, indicar la persona a cargo de supervisar su cumplimiento. Esto incluye entre otros vigilar:

-Que exista un sistema de control aduanero automatizado, y que opere correctamente..

-Que se efectúa el retorno de las mercancías de comercio exterior en los plazos autorizados.

-Que se efectúan los pagos de aranceles aduaneros en tiempo y forma.

-Que las mercancías de comercio exterior se mantienen en los domicilios autorizados para ello.

-Que en su caso, se tramitan las solicitudes de extensión de domicilio.

-Verificar que se está efectuando el Reporte Anual de Operaciones de Comercio Exterior-RAOCE.

Si se cuenta con algún otro programa de fomento a la exportación anexar el procedimiento detallando su cumplimiento.

6.3 COMPROBACION ADUANERA *Se debe contar con procedimientos para verificar periódicamente que los pedimentos que la empresa tiene registrados en su contabilidad coinciden con lo que aparece registrado en el SAAI Web y, en su caso, reportar a la autoridad aduanera cualquier discrepancia. Se debe*

contar con un procedimiento para archivar los pedimentos.

Se debe contar con procedimientos, para la clasificación arancelaria de las mercancías de comercio exterior y la comprobación de las regulaciones y restricciones a que estén sujetas.

RECOMENDACIONES

La empresa debe contar con los siguientes procedimientos y **ADJUNTARLOS** al Perfil. Se recomienda lo siguiente:

a) PROCEDIMIENTO DE VERIFICACION SAAI

-Indicar si se efectúa alguna revisión y autorización a los pedimentos antes de que el agente aduanal los someta a proceso de transmisión electrónica a las autoridades aduanales.

-Detallar la forma en que se efectúa la verificación del contenido de pedimentos de la empresa que se encuentran en el SAAI-Web (Servicio de Administración Tributaria, 2015e). Normalmente se descargan los archivos del sitio SAAI-web y luego se hace una comparación con los archivos del sistema de control de aduanas.

-Para lo anterior se debe contar con el PEA-Pasaporte Electrónico Aduanal e ingresar al sitio SAAI-web:

<http://www.aduanas.gob.mx/Pea/login.aspx>

-Indicar la frecuencia de verificación. Usualmente debe efectuarse cada mes. Archivar evidencias.

-En caso de encontrar discrepancias se debe contactar al agente aduanal y decidir cursos de acción.

b) PROCEDIMIENTO DE CLASIFICACION ARANCELARIA

-Detallar el procedimiento para asignar la clasificación a mercancías de importación. Esto puede incluir el auxiliarse de muestras, fotografías, especificaciones y datos técnicos.

-Indicar si la empresa efectúa esta tarea y los recursos humanos y herramientas con que se cuenta, como softwares o sitios de internet especializados.

-Si la empresa no efectúa esta tarea, aclararlo, mencionando quien lo hace.

-De igual forma detallar como se efectúa esta tarea en el caso de productos de exportación.

-Procurar conservar un archivo con la información documental correspondiente a cada caso.

2) EMPRESAS DE AUTO TRANSPORTE

6.1 OBLIGACIONES ADUANERAS.

Para empresas transportistas que ingresan a los recintos fiscales deberán contar con un procedimiento para la obtención del registro (CAAT).

Las empresas que cuenten con el “Registro para llevar a cabo el tránsito de mercancías” deben contar con un procedimiento para cumplir con lo establecido en la Regla 4.6.10.

Tratándose de tránsitos internos de mercancía de comercio exterior, el transportista deberá contar con un procedimiento con el que garantice el aviso a las autoridades aduaneras por arribo extemporáneo, señalando las causas del el retraso, el lugar donde se encuentre el medio de transporte, el número de pedimento y el estado que guardan los candados oficiales en su caso.

El transportista, deberá de contar con un procedimiento con el que garantice que el tránsito interno de las mercancías, debe efectuarse dentro de los plazos máximos establecidos.

En casos de destrucción de mercancías el transportista debe tener un procedimiento con el que garantice la entrega de los avisos de forma clara, precisa y exacta ante la aduana de destino.

RECOMENDACIONES

Se debe contar con los siguientes procedimientos.

a) PROCEDIMIENTO DE OBTENCION DEL CODIGO ALFANUMERICO ARMONIZADO DEL TRANSPORTISTA-CAAT. ADJUNTAR.

-Indicar el número CAAT de la empresa

-Mencionar si el trámite lo efectúa directamente en Internet o a través de otra institución.

-Explique los pasos que sigue para la obtención del CAAT. De ser posible hacer un diagrama de bloques.

-De igual forma indicar el procedimiento y periodicidad de mantenimiento de los datos,

b) PROCEDIMIENTO DE AVISO A LA AUTORIDAD DEL CAMBIO DE INFORMACION PARA LA OBTENCION DEL REGISTRO DE TRANSITO DE MERCANCIAS. ADJUNTAR

- Indique si cuenta con el “Registro para llevar a cabo el tránsito de mercancías” .

- Explique el procedimiento para reportar los cambios en la información proporcionada para la obtención del registro, de conformidad a la Regla 4.6.9

- Mencione si cuenta con una base de datos de los usuarios diarios de los servicios del transportista

- Explique si cuenta con una base de datos de expedientes de los clientes de los servicios del transportista. Detallar los campos y documentos que se archivan.

- Explicar la operación diaria y mantenimiento de ambas bases de datos de conformidad a la Regla 4.6.10

c) PROCEDIMIENTO DE GARANTIA DE AVISO A LA AUTORIDAD POR ARRIBO EXTEMPORANEO ADJUNTAR

- Indicar forma de aviso, causa de atraso de mercancías, número de pedimento, lugar donde se ubica la carga, situación de los candados del contenedor.

d) PROCEDIMIENTO DE GARANTIA DE CUMPLIMIENTO DE TIEMPOS DE TRASLADO. ADJUNTAR

- Detalle procedimiento para casos de emergencia.
- Indique los recursos con que cuenta para garantizar los tiempos de traslado

e) PROCEDIMIENTO DE AVISO A LA AUTORIDAD EN CASO DE DESTRUCCION DE MERCANCIAS. ADJUNTAR

- Detallar el Procedimiento para dar aviso a la Aduana de destino
- Indicar medio de dar aviso.
- Incluir causa de destrucción, numero de pedimento, cantidad, fotografías, lugar.

3) AGENTES ADUANALES

6.1 GESTION DEL DESPACHO ADUANERO. *El Agente Aduanal debe contar con procedimientos documentados que detallen cada uno de los pasos que se muestran en su mapeo de procesos establecido en el sub-estándar 5.1.*

RECOMENDACIONES

Se debe contar con el procedimiento detallando del mapeo del proceso en las operaciones diarias **ADJUNTAR**

-Debe reflejar el mapeo de procesos del estándar 5.1.

-Debe mostrar las políticas de operación y el personal con que se cuenta, así como puntos de verificación de la información.

- Indicar personas responsables, y sistemas de procesamiento, así como formatos utilizados. SE recomienda incluir los formatos en el procedimiento.

- Indicar los contactos del cliente con el que se intercambia la información.

-Debe contemplar aspectos como uso de tecnologías de información, información recibida del cliente, captura y validación de pedimento, generación de COVE, clasificación arancelaria, determinación de pagos arancelarios, cumplimiento a restricciones no arancelarias, reconocimiento aduanero, actividades en puntos de cruce, servicio al cliente etc.

- Recordar que los registros deben coincidir con los del cliente en aspectos como declaraciones de valor, fracciones arancelarias, pagos de contribuciones.

6.2 CONTROL DE RECINTOS. *El Agente Aduanal deberá contar con procedimientos detallando el control de los gafetes oficiales de ingreso a los recintos fiscales por ejemplo mandatario aduanal, dependiente, etc. Asimismo, procedimiento para la evaluación y certificación del mandatario aduanal.*

RECOMENDACIONES

Se debe contar con los siguientes procedimientos

a) PROCEDIMIENTO DE CONTROL DE GAFETES. ADJUNTAR

- Procedimiento debe indicar forma de obtención, Políticas de asignación y uso. Controles de uso.

-Personas con autorización a usarlos. Relación histórica de gafetes.

- Penas o multas por uso indebido. Políticas de recuperación.

b) PROCEDIMIENTO PARA EVALUACION Y CERTIFICACION DE MANDATARIO ADUANAL.

Describir este procedimiento en el Perfil.

- Requisitos internos para ser mandatario

-Proceso para evaluaciones y certificaciones. Contar con evidencia.

-Actividades que desempeña

-Considerar actividades como despacho aduanero, elaboración de pedimento, y actividades relacionadas con ingreso y salida de mercancías del país.

Conclusiones

Se han elaborado las recomendaciones de como cubrir los estándares del Perfil NEEC para los tres tipos de Operadores Económicos Autorizados publicados a la fecha por el gobierno dentro del programa NEEC. El Programa NEEC seguirá expandiéndose para incluir otros tipos de Operadores, como Ferrocarriles, Puertos, Parques Industriales, etc y tomará una mayor relevancia dentro de la cadena de suministros del comercio internacional de México, por lo que su importancia para este sector económico se incrementará de una

forma significativa. De igual forma, como parte de los compromisos del país dentro del comercio global, este programa ha pasado a ser una realidad y se puede afirmar enfáticamente que está aquí para quedarse y las empresas que deseen mejorar su agilidad en los cruces fronterizos deben considerar certificarse en él. Finalmente, se considera que las recomendaciones hechas en este documento para cubrir los estándares de Gestión Aduanera del Perfil son apropiadas para cubrir de una forma objetiva este punto tan importante de la certificación en NEEC.

Referencias

Andreas, P. (2003). A Tale of Two Borders: The U.S.-Mexico and U.S.-Canada Lines after 9-11. The Center for Comparative Immigration Studies. University of California, San Diego. Working Paper, recuperado el 27 de Julio de 2015 de: <http://ccis.ucsd.edu/wp-content/uploads/2012/07/wrkg77.pdf>

De Palma, A. (2001, 21 de Octubre). Correspondent's Report; Slow Crawl at the Border. The New York Times Fecha de consulta: 27 de Julio

de 2015 URL: <http://www.nytimes.com/2001/10/21/travel/correspondent-s-report-slow-crawl-at-the-border.html>

Organización Mundial de Aduanas. (2007). Marco normativo safe. Fecha de consulta: 17 de Julio de 2015. URL http://www.sunat.gob.pe/orientacionaduanera/oea/marco_normativo/Marco_SAFE_OMA_Espanol.pdf

Secretaría de Gobernación. Diario Oficial de la Federación. (2014, 29 de agosto). Reglas de Carácter General en Materia de Comercio Exterior para 2014 y sus Anexos 10 y 21. Fecha de consulta: 22 de Julio de 2015 URL: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5358233&fecha=29/08/2014

Secretaría de Gobernación. Diario Oficial de la Federación. (2013a, 9 de diciembre). Decreto por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones de la Ley Aduanera. Fecha de consulta: 20 de Julio de 2015 URL: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5324941&fecha=09/12/2013

Secretaría de Gobernación. Diario Oficial de la Federación. (2013b, 10 de abril). Cuarta Resolución de Modificaciones a las Reglas de Carácter General en Materia de Comercio Exterior para 2012 y su anexo 22, publicada el 29 de Agosto de 2012. Fecha de consulta: 21 de Julio de 2015 URL: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5295406&fecha=10/04/2013

Secretaría de Gobernación. Diario Oficial de la Federación. (2011, 15 de diciembre). Cuarta Resolución de Modificaciones a las Reglas de Carácter General en Materia de Comercio Exterior para 2011. Fecha de consulta: 20 de Julio de 2015 URL: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5224731&fecha=15/12/2011

Servicio de Administración Tributaria (2015a) Operador Económico Autorizado. Fecha de consulta: 17 de Julio de 2015 URL: <http://www.sat.gob.mx/comext/neec/Paginas/antecedentes.aspx>

Servicio de Administración Tributaria (2015b). Apartado L Operador Económico

Autorizado. Fecha de consulta: 23 de Julio de 2015 URL: http://www.sat.gob.mx/comext/neec/Paginas/apartado_L.aspx

Servicio de Administración Tributaria. (2015c). Procedimiento de Inscripción Apartado L (Operador Económico Autorizado). Fecha de consulta: 23 de Julio de 2015 URL: http://www.sat.gob.mx/comext/neec/Paginas/proc_inscrip_L.aspx

Servicio de Administración Tributaria. (2015d). Declaraciones, Avisos, Formatos e Instructivos de Trámite. Fecha de consulta: 23 de Julio de 2015 URL: http://www.sat.gob.mx/informacion_fiscal/normatividad/formas_fiscales/Paginas/declaraciones_comercio_exterior.aspx

Servicio de Administración Tributaria. (2015e). SAAI Web. Fecha de consulta: 24 de Julio de 2015 URL: <http://www.aduanas.gob.mx/pea/login.aspx>

U.S. Customs and Border Protection. (2014). C-TPAT Program Benefits. Reference Guide. CBP Publication No 0192-0114. Recuperado el día 15 de Julio 2015 de URL: <http://www.cbp.gov/sites/default/files/documents/C-TPAT%20Program%20Benefits%20Guide.pdf>

World Customs Organization (2013). Members who have expressed their intention to implement the WCO Framework of Standards to Secure and Facilitate Global Trade. Fecha de consulta: 17 de Julio de 2015 URL: http://www.wcoomd.org/en/topics/facilitation/instrument-and-tools/tools/safe_package/~/_media/2E5C6962E0FD4424976432BC440FAC6B.ashx.