

# Aplicaciones de la Ingeniería para el Desarrollo Competitivo de las Organizaciones



Compiladores:

Mauricio López Acosta

Ernesto Ramírez Cárdenas



**ITSON**

Educar para  
Trascender

Compiladores:  
Mauricio López Acosta  
Ernesto Ramírez Cárdenas

Edición Literaria:  
María de Jesús Cabrera Gracia  
Marisela González Román  
Mauricio López Acosta  
Ernesto Ramírez Cárdenas

Gestión editorial:  
Mtra. Marisela González Román  
Oficina de Publicaciones

Portada:  
Marco Braulio Garibaldi Villarreal

## **Aplicaciones de la Ingeniería para el Desarrollo Competitivo de las Organizaciones**



**ITSON**  
Educar para  
Trascender

2014, Instituto Tecnológico de Sonora.  
5 de Febrero, 818 sur, Colonia Centro,  
Ciudad Obregón, Sonora, México; 85000  
Web: [www.itson.mx](http://www.itson.mx)  
Email: [rectoria@itson.mx](mailto:rectoria@itson.mx)  
Teléfono: (644) 410-90-00

Primera edición  
Hecho en México  
Septiembre 2014

ISBN: **978-607-609-116-6** (Edición electrónica en Internet)

Se prohíbe la reproducción total o parcial de la presente obra, así como su comunicación pública, divulgación o transmisión, mediante cualquier sistema o método, electrónico o mecánico (incluyendo el fotocopiado, la grabación o cualquier sistema de recuperación y almacenamiento de información), sin consentimiento por escrito de Instituto Tecnológico de Sonora.

## **DIRECTORIO ITSON**

Dr. Isidro Roberto Cruz Medina  
**Rector del Instituto tecnológico de Sonora**

Dr. Jesús Héctor Hernández López  
**Vicerrector Académico**

Mtro. Jaime René Pablos Tavares  
**Vicerrector Administrativo**

Mtro. Misael Marchena Morales  
**Secretaría de Rectoría**

Mtro. Daniel Antonio Rendón Chaidez  
**Director Unidad Navojoa**

Mtro. Marco Antonio Hernández Aguirre  
**Jefe del Departamento Académico Unidad Navojoa**

## **Comité de arbitraje**

Dr. Carlos M. Espejo Guasco

Dr. Octavio López Millán

Dr. Enrique de la Vega Bustillos.

Dr. Rosalío Ávila Chaurand

Dra. Aide Aracely Maldonado Macías

Dra. Adriana Leticia Navarro Verdugo

Dr. Juan Andrés López Barreras

Dr. Jaime Alfonso León Duarte

M.C. Alberto Ramírez

Dr. Jesús Everardo Olguín Tiznado

Dra. Claudia Camargo Wilson

Dr. Carlos González Campos

Dr. Gabriel Ibarra

Dra. Elisa Chacón Martínez

Dr. Pedro R. Mondelo

## Prólogo

Aplicaciones de la Ingeniería para el Desarrollo Competitivo de las Organizaciones, es una obra que logra reunir los proyectos de investigación y aplicación de la ingeniería de diversos cuerpos académicos. Nos muestra herramientas, técnicas y metodologías que requiere la Sociedad para el impulso y crecimiento de las organizaciones, los lectores encontrarán contribuciones de diversas temáticas seleccionadas por su contribución y aplicación.

En este libro se han concentrado diecisiete capítulos organizados en cuatro tópicos de acuerdo al área del conocimiento y de aplicación de la ingeniería, con enfoque en Calidad, Ergonomía, Mantenimiento, Desarrollo Sustentable, Estudio del Trabajo y Logística, con la finalidad de presentar los resultados proyectos especializados para ser tomados en consideración por otros cuerpos académicos, organizaciones e instituciones y acrecentar a su vez la generación de nuevos conocimientos.

La Institución, está consciente y comprometida con la generación y aplicación del conocimiento para contribuir al desarrollo sostenible de la sociedad, dando prioridad a la generación de acciones que impacten de manera directa a nuestro entorno, con obras como esta hace posible difundir el conocimiento y poner las herramientas a la disposición para su aplicación, con miras a la innovación y al desarrollo competitivo; esperamos que les sea de utilidad.

Mtro. Mauricio López Acosta  
Líder de Cuerpo Académico

# Índice

	Página
<b>Tópico: Ergonomía</b>	
<i>CAPÍTULO I. Estudio para la evaluación de riesgos ergonómicos en MPyMES de la localidad de Guaymas Sonora.</i>	9
<i>CAPÍTULO II. Análisis de temperaturas en muñecas y codos en empleados de oficina a través de termografía sensorial.</i>	30
<i>CAPÍTULO III. Estudio Ergonómico de Operadores de Montacargas en Centro de Distribución.</i>	43
<i>CAPÍTULO IV. Evaluación ergonómica de puestos de trabajo en fábrica de muebles de madera.</i>	59
<b>Tópico: Calidad</b>	
<i>CAPÍTULO V. Desarrollo de la metodología de 8 Disciplinas para mejorar proceso productivo, verificado mediante estudio de R&amp;R en una empresa del giro automotriz</i>	77
<i>CAPÍTULO VI. Percepción de los servicios de áreas certificadas en ISO9001:2008 en ITSON Navojoa.</i>	92
<i>CAPÍTULO VII. Documentación de instructivos de trabajo para un sistema integrado de gestión en una empresa minera.</i>	106
<b>Tópico: Mantenimiento</b>	
<i>CAPÍTULO VIII. Mantenimiento Preventivo a Equipos Electromecánicos y Médicos de Servicios Hospitalarios.</i>	123
<i>CAPÍTULO IX. Mantenimiento productivo total para equipos de laboratorio de institución de educación superior.</i>	139
<b>Tópico: Desarrollo Sustentable</b>	
<i>CAPÍTULO X. Percepción del nivel de desarrollo económico sustentable en dos localidades del sur del estado de sonora.</i>	162

<i>CAPÍTULO XI. Sustentabilidad, materiales y uso de energía.</i>	173
<i>CAPÍTULO XII. Diseño de prototipo productor de energía eléctrica con paneles solares.</i>	191

## **Tópico: Otras Aplicaciones de la Ingeniería**

<i>CAPÍTULO XIII. Método para el suministro de insumos en microempresa de refrigeración.</i>	205
<i>CAPÍTULO XIV. Evaluación del grado de satisfacción y nivel de stress en estudiantes universitarios.</i>	222
<i>CAPÍTULO XV. La Tecnología Virtual en el ámbito del turismo Electrónico-Digital como una estrategia para promocionar y difundir la Cultura Ferrocarrilera de Empalme.</i>	234
<i>CAPÍTULO XVI. Determinación del Tiempo Estándar en el Área de Backpacker en una Empresa fabricante de Guitarras.</i>	251
<i>CAPÍTULO XVII. Estudio de Tiempos y Balanceo de Líneas en una empresa productora de Carne.</i>	267



---

# **Tópico: Ergonomía**

---

# **Capítulo I: Estudio para la evaluación de riesgos ergonómicos en MPyMES de la localidad de Guaymas Sonora**

## **Study for ergonomic risk assessment hazards in MSMEs in Guaymas, Sonora**

Adriana Ramírez Mexía, Ernesto Ramírez Cárdenas, Juana María Luisa García Muela, Marlene Carolina Garza Gutiérrez, Martín Gerardo Beltrán Cerón  
Instituto Tecnológico de Sonora, Unidad Guaymas  
Email: adriana.ramirez@itson.edu.mx

### **Resumen**

Las micro, pequeñas y medianas empresas son parte fundamental de la economía de cualquier país, razón por la cual es importante conocer la forma en la que operan para estar en condiciones de generar estrategias de operación que mejoren su desempeño y así puedan seguir desarrollándose hasta llegar a la consolidación. El uso de herramientas propias de la ingeniería industrial, como la ergonomía, forma parte de la estrategia a seguir para impactar en los indicadores productivos de las empresas a la par de salvaguardar la integridad física de los trabajadores, en este sentido el presente escrito ofrece al lector un estudio cuyo objetivo es identificar y evaluar riesgos ergonómicos en empresas dedicadas a la fabricación de productos de madera de la localidad de Guaymas en Sonora; quedando fuera del estudio actividades que pudieran variar en su procedimiento, entre una empresa y otra. El método empleado obedece a una adaptación híbrida de los autores Asensio y Diego (2014) y González (2007). Como resultado se tiene que al aplicar la lista de comprobación ergonómica, los rubros en los que se requiere mejorar son: seguridad en el sitio de trabajo, refiriéndose a la interacción con la maquinaria, al equipo de protección empleado y el diseño de puesto de trabajo. Posteriormente al aplicar los métodos RULA y REBA, se obtuvo que los niveles de acción son urgentes en algunas tareas tales como el lijado manual y la enderezadora (canteadora) de las piezas de madera, ya que la primera arrojó resultados con número entre cuatro y siete con la aplicación del método RULA y de cinco con el método REBA, mientras que en la segunda se tienen resultados de entre cinco a siete con el método RULA y de cinco según REBA; debido a los resultados anteriores se hicieron propuestas de mejora, para disminuir el riesgo de cada una de las extremidades durante las operaciones del proceso de producción, de las diferentes empresas estudiadas. Como conclusión se tiene, que al hacer este tipo de mejoramientos en el proceso, se disminuyen las enfermedades de trabajo, se aumenta la eficiencia, impactando en el costo de la productividad de la empresa.

**Palabras clave:** Estrategias, evaluación, riesgos, seguridad, ergonomía

## Abstract

Micro, small and medium companies are a key part of the economy of any country, which is why it is important to know how they operate to be able to generate operation strategies that improve their performance so they can continue developing until reaching consolidation. The use of industrial engineering tools, such as ergonomics, is part of the strategy to impact productive indicators in the companies and at the same time safeguard the physical integrity of the workers, in this sense the present article offer to the reader a study, which objective is to identify and evaluate ergonomic risks in companies dedicated to the manufacturing of wood products in Guaymas, Sonora; leaving out of the study activities that may vary in procedure, between one company and another. The used method follows a hybrid adaptation of authors Asensio and Diego (2014) and Gonzalez (2007). As a result once applied the ergonomic check list, the areas in which improvements are required are: safety in the workplace, referring to the interaction with the machinery and protective equipment used; and work station design. Then applying the RULA and REBA methods, it was obtained that the action levels are urgent in some tasks such as hand sanding and the straightener (edging) of the pieces of wood, as the first returned results between four to seven with RULA method and five with REBA method, while in the second the results were between five to seven with RULA method and five with REBA; due these results improvement proposals were made to reduce the risk in each extremity during the operation of the production process, of the studied companies. As a conclusion, making such improvements in the process, work diseases are reduced, efficiency is increased, impacting the productivity cost of the company.

**Keywords:** Strategies, assessment, risks, safety, ergonomics

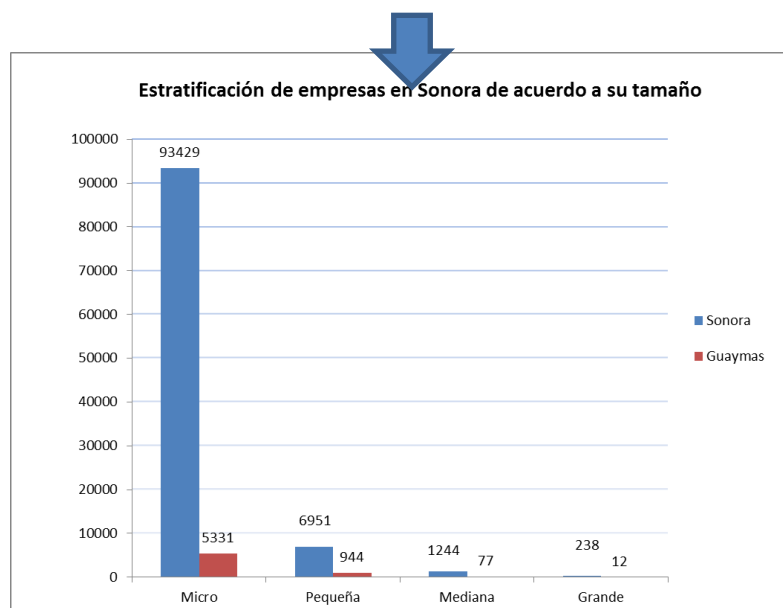
## Introducción

Las micro, pequeñas y medianas empresas (MPyMES) contribuyen de forma sobresaliente en el desarrollo socio económico de diversos países cuya fuentes de empleo se deben en su mayoría a la industria. Este tipo de empresas representan a nivel mundial el segmento que aporta el mayor número de unidades económicas (mayor al 90 por ciento) y personal ocupado, incidiendo de manera fundamental en el comportamiento global de la economía en las naciones (INEGI, 2009).

En México, existen aproximadamente 4 millones 15 mil unidades empresariales, de las cuales 99.8 por ciento son MPyMES, generando 52 por ciento del Producto Interno Bruto (PIB) y 72 por ciento del empleo en el país (Proméxico, 2013). En la Figura 1 se muestran tanto los parámetros para estratificar (1A) como la cantidad de empresas pertenecientes al Estado de Sonora y Guaymas clasificadas de acuerdo al número de empleados que la componen (1B).

Sector	Estratificación								
	Micro			Pequeña			Mediana		
	Personal	Rango de monto de ventas anuales (mdp)	Tope máximo combinado*	Personal	Rango de monto de ventas anuales (mdp)	Tope máximo combinado*	Personal	Rango de monto de ventas anuales (mdp)	Tope máximo combinado*
Industria	De 0 a 10	Hasta \$4	4.6	De 11 a 50	Desde \$4.01 hasta \$100	95	De 51 a 250	Desde \$100.1 hasta \$250	250
Comercio	De 0 a 10	Hasta \$4	4.6	De 11 a 30	Desde \$4.01 hasta \$100	93	De 31 a 100	Desde \$100.1 hasta \$250	235
Servicios	De 0 a 10	Hasta \$4	4.6	De 11 a 50	Desde \$4.01 hasta \$100	95	De 51 a 100	Desde \$100.1 hasta \$250	235

### 1A. Parámetros para estratificar empresas



### 1B. Estratificación de empresas de acuerdo a su tamaño.

Figura 1. Parámetros y estratificación de empresas en Sonora y Guaymas.

Fuente: INEGI, 2014.

La estratificación de empresas, publicada en el Diario Oficial de la Federación en el 2009 (1A), es realizada de acuerdo a la cantidad de personas y el rango de ventas anuales, bajo este esquema se puede observar como la microempresa representa un 91.7 por ciento del total de

empresas establecidas en Sonora en contra parte de las grandes empresas quienes presentan un 0.23 por ciento. Cabe señalar que en Guaymas las microempresas representan un 83.7 por ciento, mientras que las grandes empresas representan un 0.18 por ciento (1B).

En Sonora, el Producto Interno Bruto (PIB), está conformado por: un 47 por ciento de actividades terciarias, aquellas que tiene que ver la compra- venta, intercambio de bienes y servicios; un 7 por ciento de actividades primarias, las relacionadas a la explotación de recursos naturales; y un 46 por ciento secundarias, dedicadas a la producción de bienes y servicios necesarios para la sociedad mediante la transformación industrial de la materia prima (Proméxico, 2012), siendo en esta última categoría donde se encuentran las empresas dedicadas a la fabricación de productos de madera (carpinterías), sector en el que se enfoca este estudio.

Debido a la importancia que han venido adquiriendo este tipo de empresas, es de suma relevancia conocer la forma en la que operan para estar en condiciones de generar estrategias de operación que mejoren su desempeño hasta llegar a un nivel de consolidación. El uso de herramientas propias de la ingeniería industrial como la ergonomía, cuyos objetivos, de acuerdo con Apud & Meyer (2003), se centran en la promoción de la salud, la reducción de accidentes laborales, enfermedades de trabajo y mejoramiento de la productividad siendo esta la estrategia a seguir para mejorar la rentabilidad de las empresas.

A partir del 2011 han aparecido diversos artículos en la que se fundamenta la idea de lograr mayor rentabilidad empresarial a través de la inversión en la ergonomía lo que lleva a presentar mejores estándares de calidad a sectores de administración, sanidad, información y cultura, manufactura y almacenamiento, comercio y transporte (Arenas, 2012). A esto se suma el hecho de que los beneficios alcanzados por el empleador al implementar una modificación del puesto de trabajo pueden llegar a ser nueve veces mayor a los costos (Vega, 2014).

La ergonomía, además de incrementar la productividad en las empresas, salvaguarda la integridad física de los trabajadores ya que identifica factores de riesgo que pudieran generar enfermedades, aportando con ello de acuerdo con Arenas (2012), acciones para la disminución de los factores de riesgo de patologías músculo esqueléticas y mentales asociadas al ambiente laboral.

Según la Encuesta Nacional sobre Empleo, Salud y Calidad de Vida de los trabajadores y trabajadoras de Chile (ENETS), el 95 por ciento de los empleados chilenos, sin importar su sexo, están expuestos a riesgos ergonómicos (Arenas, 2012). Por otra parte en la VI Encuesta Nacional de Condiciones de Trabajo, en España, se obtuvo como resultado que los riesgos ergonómicos a los que están expuestos los trabajadores de la industria de la madera y del corcho son principalmente los movimientos repetitivos, mantener la misma postura, levantar o mover cargas pesadas, realizar una fuerza importante y adoptar posturas dolorosas o fatigantes (Instituto de Biomecánica de Valencia, 2010).

Los trabajadores dedicados a la industria del mueble evaluados en el estudio realizado en España antes mencionado han sufrido molestias en un 40.1 por ciento en la espalda baja; un 27 por ciento en el cuello y un 26.6 en la parte alta de la espalda. Además la incidencia de las enfermedades profesionales declaradas en España entre el 2000 y el 2005 indica que el 87.5 por ciento, son provocadas por agentes físicos, incluidos los trastornos músculo esqueléticos (TME). Un TME es aquel que afecta a los músculos, tendones, huesos, ligamentos, cartílagos, discos intervertebrales, entre otros, estas lesiones pueden estar causadas o agravadas por el tipo de trabajo realizado y por la manera en que se realiza, y afectan principalmente a la espalda, cuello, hombros y extremidades superiores, aunque también pueden afectar a los miembros inferiores pero con menor frecuencia (Instituto de Biomecánica de Valencia, 2010).

En México de acuerdo con el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) en el 2012 se presentaron 434,600 accidentes de trabajo, 4,853 enfermedades de trabajo, 24,488 incapacidades de trabajo y 1,152 defunciones por trabajo. De manera específica en el estado de Sonora, se presentaron 17,688 accidentes de trabajo, 309 enfermedades de trabajo, 918 incapacidades de trabajo y 35 defunciones por trabajo, la descripción de los accidentes se puede ver en la figura 2 y la caracterización de las enfermedades en la figura 3.

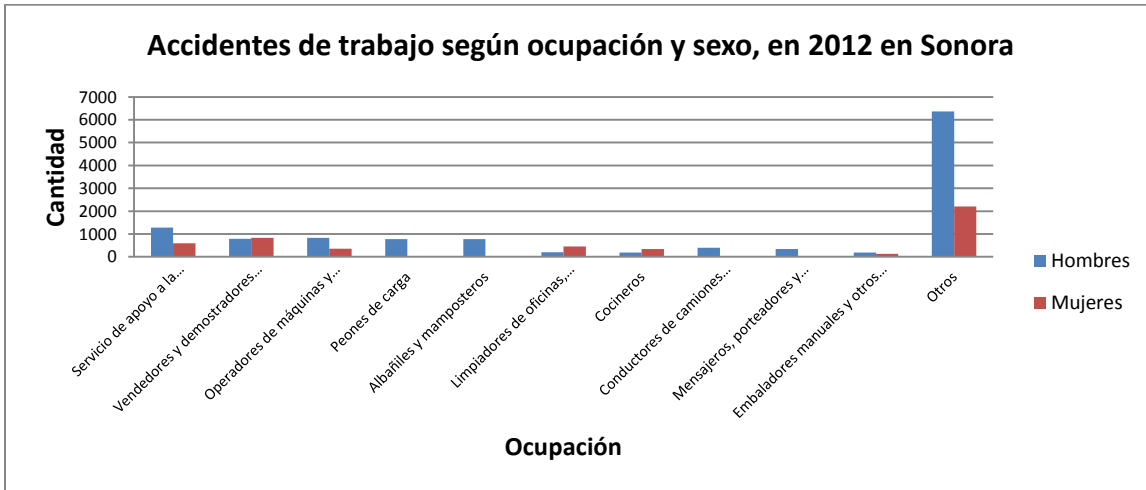


Figura 2. Accidentes de trabajo según ocupación y sexo en el 2012, en el estado de Sonora. Fuente: Secretaría del Trabajo y Previsión Social. Memorias estadísticas IMSS 2003-2012, 2012.

Como se observa en la Figura 2, la mayor cantidad de accidentes de trabajo en hombres se ha dado en los que laboran en servicios de apoyo a la producción y en un segundo lugar a aquellos operan máquinas y herramientas. En el caso de las mujeres, la mayor de cantidad de accidentes se tuvo de igual manera, en servicios de apoyo a la producción y en segundo lugar a vendedoras y demostradoras de almacenes.

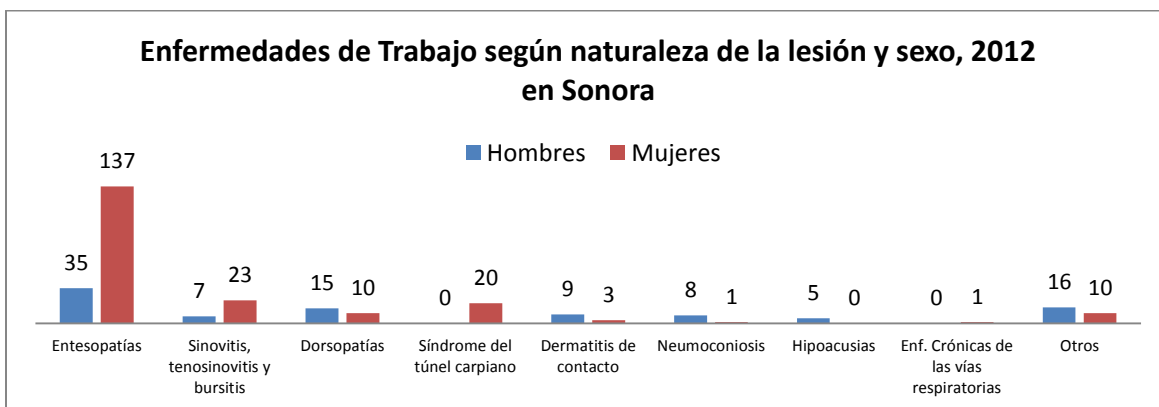


Figura 3. Enfermedades de trabajo según naturaleza de la lesión y sexo, en el 2012, en el estado de Sonora.

Fuente: Secretaría del Trabajo y Previsión Social. Memorias estadísticas IMSS 2003-2012, 2012.

Como se observa en la Figura 3, en el 2012, en las mujeres se presentaron 137 entesopatías, siendo un trastorno de la zona de inserción de un tendón en el hueso, donde la mayoría son inflamatorias, 23 sinovitis, tenosinovitis y bursitis y finalmente 20 casos del síndrome del túnel carpiano, siendo estas enfermedades similares en las presentadas en los hombres.

En Guaymas se ha observado que algunos de los trabajadores dedicados a la fabricación de productos de madera han expresado sentir molestias en extremidades como muñecas, cuello y espalda, ante esto se vuelve indispensable el análisis y evaluación de la relación del sistema hombre- máquina- entorno, para identificar aquellos riesgos ergonómicos a los cuales el personal está expuesto. Si no se realiza un estudio ergonómico en las empresas, no es posible el tomar decisiones adecuadas para la ejecución de las diferentes tareas, produciendo ausentismo laboral, baja eficiencia e incapacidades.

Los estudios ergonómicos en los puestos de trabajo permiten la detección de problemas relacionados con el diseño de puesto de trabajo (alturas de trabajo, espacio disponible, herramientas utilizadas), carga física de la actividad realizada (posturas forzadas, movimientos repetitivos, manejo manual de cargas y fuerzas), diseño de los elementos utilizados para realizar la tarea (herramientas, vehículos, máquinas), los aspectos psicosociales (descanso, presión de tiempos, participación en las decisiones, relaciones entre compañeros y con los responsables), condiciones ambientales (iluminación, ruido, temperatura y vibraciones) y en general todo aquel elemento que pueda causar en el trabajador un TME (Instituto de Biomecánica de Valencia, 2010).

En este contexto el estudio realizado en la región de Guaymas abarca ocho microempresas identificadas de registros de INEGI y de los datos comerciales de la localidad las cuales representan un 17.39 por ciento del total MPyMES. Se caracterizan por contar con un solo dueño, el cual funge a la vez como trabajador, y por tener una jornada de trabajo de ocho horas de lunes a viernes y de cuatro horas los sábados. En un 75 por ciento de las carpinterías, la cantidad de empleados activos son tres, con edades que varían desde los 20 hasta los 60 años, sin embargo en caso de ocupar más trabajadores se contratan temporales, principalmente para el pintado de los muebles es por ello que la experiencia en el desarrollo de su trabajo va desde los 18 meses hasta más de 30 años. Con respecto a las actividades que



conforman el proceso productivo se conforman de nueve actividades mismas que pueden ser apreciadas en la Tabla 1.

Tabla 1. Matriz de relación para identificar procesos similares.

Carpintería	PASOS QUE COMPONEN EL SISTEMA PRODUCTIVO									
	Mesa Sierra	Lijado Duro	Pulido	Resanado	Lijado Manual	Can Hobbita	Cepillado	Escoplo	Guillotina	Trompo
A	X	X	X	X	X		X	X	X	
B	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
C	X	X	X	X	X		X		X	
D	X	X	X	X	X	X	X	X		X
E	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
F	X		X	X	X	X	X	X	X	X
G	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
H	X	X	X	X	X	X	X	X	X	

La tabla anterior hace referencia a una matriz de relación de las diferentes tareas que componen el proceso productivo de las carpinterías, como son corte con mesa sierra, lijado duro y manual, pulido, resanado, enderezadora (canteadora), cepillado, escoplo, guillotina y trompo. Los cuadros sombreados indican que la empresa no cuenta con el proceso, mientras que las “X”, son aquellos con los que sí. Cabe mencionar, que además de estas operaciones, también se tiene el ensamblado, el barnizado y la pintura, pero estos quedaron fuera del estudio, debido a que la forma de llevarse a cabo dependerá en gran medida del tipo de producto a fabricar, el material, las dimensiones y el sistema de trabajo de cada empresa; también quedó fuera del estudio la instalación de los productos de acuerdo a las indicaciones establecidas por los clientes.

En función a lo anterior se tiene como objetivo: *Evaluar riesgos ergonómicos en empresas dedicadas a la fabricación de productos de madera de la localidad de Guaymas en Sonora para la mejora de su rentabilidad.*

### Material y Métodos

Los materiales utilizados fueron la cámara digital, hojas de campo de los métodos LCE, RULA y REBA, goniómetro y cronómetro. El método aplicado es resultado de una adaptación o híbrido del procedimiento para la evaluación ergonómica de puestos de trabajo de los autores Asensio & Diego (2014) y de González (2007). Los pasos a seguir se muestran en la Figura 4.

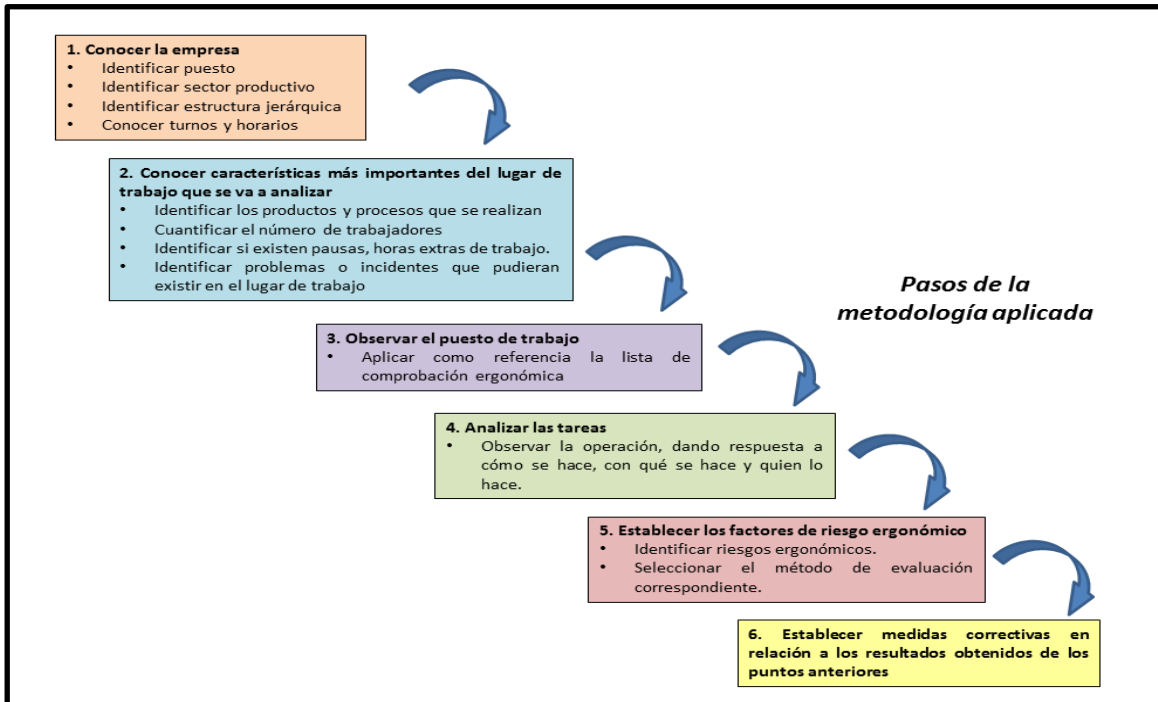


Figura 4. Pasos a seguir de la metodología aplicada.

Como se muestra en la figura anterior los pasos a seguir son conocer la empresa, sus características; observar el puesto de trabajo, analizar las tareas, establecer los factores de riesgo ergonómico y establecer las medidas correctivas en relación a los resultados obtenidos.

## Resultados

Al aplicarse la metodología se obtuvo información valiosa para dar inicio con la evaluación de puestos de trabajo.

En el primer punto de la metodología, *conocer a la empresa*, se acudió a estas, para entrevistar al dueño, con el fin de rescatar información general de cada una de ellas; como se ha mencionado las ocho empresas son del tipo micro, dedicadas a la fabricación de productos de madera (carpinterías) y trabajan jornadas de ocho horas de lunes a viernes y cuatro horas los sábados.

Para el segundo paso, *conocer las características más importantes del lugar de trabajo*, se continuaron con las visitas destacando los siguientes puntos:

- En estas empresas, se fabrican una gran diversidad de productos, mesas, sillas, bancos, puertas, estantes, repisas, armarios y cocinas integrales.
- En la mayoría de las empresas trabajan en promedio tres empleados, incluido al dueño.
- Dentro de la jornada de trabajo, no existen pausas para descansar, ingerir alimentos o realizar algún ejercicio de relajación, las únicas pausas existentes, son cuando salen de su lugar de trabajo a instalar algún producto.
- Las actividades que componen el proceso productivo concuerdan en la mayoría de las empresas, por ejemplo en el corte con mesa sierra, los lijados en sus diferentes variantes (duro y manual), pulido, resanado, canteadora, cepillado, escoplo, guillotina, trompo, ensamblado, barnizado y pintura, sin embargo estas tres últimas tareas no son parte del estudio.
- Las consideradas “máquinas tradicionales” siguen siendo las más utilizadas, esto a pesar de que actualmente existen avances tecnológicos en lo referente a maquinaria y equipo para este sector. Dichas máquinas y/o herramientas no necesariamente se encuentran adaptadas a los diferentes empleados, ocasionando posturas forzadas o anti ergonómicas dado que en la mayoría de las tareas el trabajador permanece en una postura estática, realizan flexiones o torsiones.
- Se trabaja sobre pedido, cada producto a elaborar es único, artesanal y depende principalmente de las características emitidas por los clientes además de efectuarse no solamente en la estación de trabajo sino fuera de este, al tratarse de alguna instalación o montaje del mueble. Estos aspectos llevan a pensar que no es viable la automatización del sistema de producción.
- Los trabajadores de este sector, tienden a ser multifuncionales, ya que deben aprender a desarrollar diferentes tareas, con tiempos de duración variables dentro de la misma jornada laboral, existiendo la rotación de las diferentes máquinas y herramientas que conforman el sistema productivo.
- En lo referente a la carga física se hace de pie y en forma manual, donde los pesos de los materiales varían dependiendo de las características del mismo.
- Finalmente no se tienen tiempos estándar establecidos para cada operación lo que provoca variaciones en los tiempos de entrega.

El siguiente paso fue, observar *el puesto de trabajo*, en este apartado se aplicó la lista de comprobación ergonómica (LCE) adaptada del Ministerio de Trabajo e Inmigración (2000), cuyos resultados se muestran en la Figura 5.

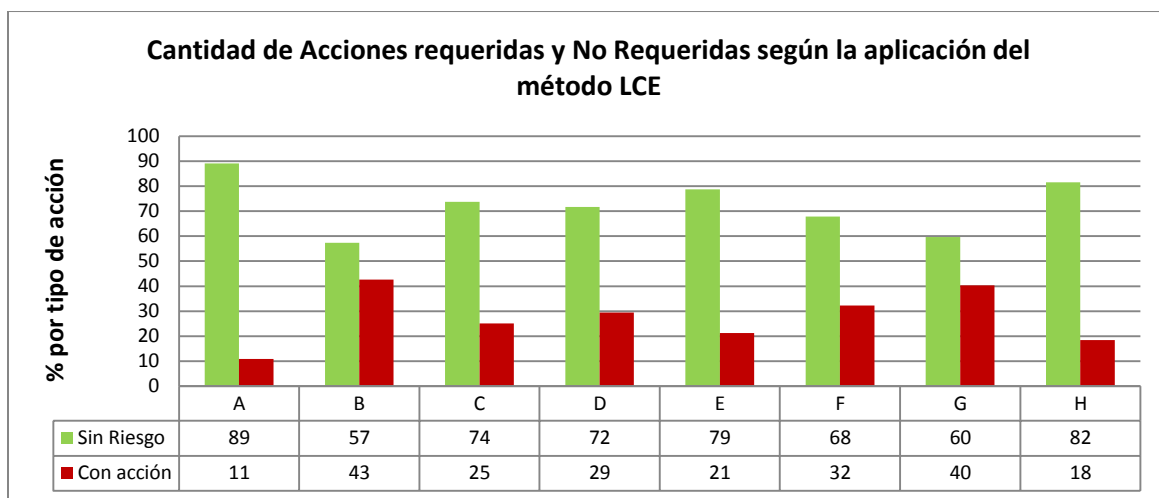


Figura 5. Cantidad de acciones requeridas y no requeridas según el método LCE.

Como se muestra en la Figura 5, la carpintería con mejores prácticas según los rubros del método LCE, es la carpintería A, ya que del total de las acciones solamente un 11 por ciento requieren acciones correctivas; por el caso contrario la carpintería B, requiere un 43 por ciento de acciones correctivas. Otro aspecto evaluado a través de este mismo método es el grado de cumplimiento de cada rubro del total de empresas (véase Figura 6).

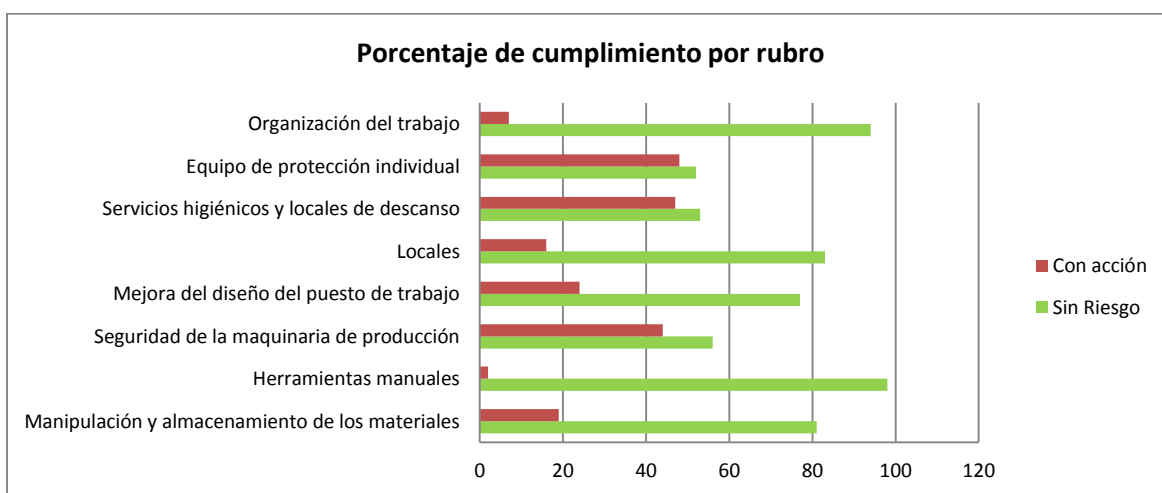


Figura 6. Porcentaje de cumplimiento por rubro.

En la figura anterior se observa que los rubros que más atención requieren son: equipo de protección personal con un 48 por ciento; seguridad de la maquinaria de la producción con un 44 por ciento y mejora del puesto de trabajo con 24 por ciento.

Como fases siguientes se llevaron a cabo el *análisis de tareas y la identificación de los factores de riesgo* para esto se describió la forma en cómo se realizan las tareas que componen el sistema productivo y cuyos resultados de incidencia de cada factor se muestran en la Tabla 2. En ella se observa que las posturas forzadas o mantenidas durante periodos de tiempo prolongados en la realización de las operaciones y las alturas de trabajo de la maquinaria que se utiliza, son los principales factores detectados. También se observó que no existían descansos durante la jornada laboral, sin embargo existe rotación de actividades por lo que no profundizará en esta cuestión.

Tabla 2. Porcentaje de factores de riesgo ergonómicos identificados por operación.

PORCENTAJE DE FACTORES DE RIESGO ERGONÓMICOS IDENTIFICADOS POR OPERACIÓN						
Actividades	Carga física de la actividad realizada		Problemas relacionados con el diseño de puesto de trabajo		Diseño de los elementos utilizados para realizar la tarea	Aspectos psicosociales
	Posturas forzadas	Movimientos repetitivos	Alturas de trabajo	Espacio disponible	Herramientas utilizadas	Descansos
Corte con Mesa sierra	62.5	0.0	62.5	0.0	0.0	100.0
Lijado Duro con máquina	57.1	0.0	71.4	57.1	0.0	100.0
Pulido con máquina	0.0	0.0	87.5	0.0	0.0	100.0
Resanado manual	37.5	100.0	75.0	0.0	100.0	100.0
Lijado Manual	100.0	100.0	70.0	0.0	100.0	100.0
Canteadora	100.0	0.0	100.0	0.0	100.0	100.0
Cepillado con máquina	50.0	0.0	50.0	10.0	75.0	100.0
Corte con Escoplo	0.0	0.0	71.4	71.4	85.7	100.0
Corte con guillotina	0.0	0.0	10.0	0.0	0.0	100.0
Trompo	80.0	0.0	100.0	0.0	0.0	100.0

La descripción y el análisis de las actividades señaladas en la tabla 2 se describen a continuación:

Corte con mesa sierra: colocan el material sobre la superficie de trabajo, encienden la máquina y realiza la operación, sin embargo en un 60 por ciento, aproximadamente se observó que la altura correcta de la máquina en relación con las personas que la operan no es la adecuada, se

observa que la espalda está inclinada entre los 20 y 60 grados. La forma en como manipulan la pieza para que se haga el corte genera algunas posturas forzadas en los operadores.

Lijado duro utilizando maquinaria: colocan el material encima de una superficie para proceder a realizar el lijado con la máquina, sin embargo se observa que en la mayoría de las empresas, las alturas no son las adecuadas, el trabajador tiende a encorvarse; la espalda se encuentra inclinada entre los 20 y 60 grados; además al momento de pasar la lija por las diferentes partes del material, no lo manipulan correctamente, ya que estiran las extremidades en lugar de avanzar según el lado a lijar, los brazos generan ángulos de los 20 a los 45 grados. Se necesita mayor espacio para maniobrar la pieza.

Pulido utilizando maquinaria: para realizar esta tarea, los operadores se encorvan debido a las alturas incorrectas en donde colocan las piezas a pulir; para el tipo de tarea no requiere de presión y realiza una manipulación correcta del material y la máquina.

Resanado manual: en algunas empresas se observó posturas forzadas, sin embargo en su mayoría presentaban movimientos repetitivos, ya el trabajo consiste en tomar resanador y rellenar todas aquellas imperfecciones que presente el producto, una vez que realiza esta parte debe lijar la superficie para darle un acabado fino a la imperfección; la actividad se repite cada vez que sea necesario. Además, en donde llevan a cabo esta actividad, no es la correcta, en algunos casos la altura no es la adecuada y en otros casos lo hacen en el piso.

Lijado manual: para hacer esta actividad no utilizan herramientas automatizadas, lo hacen con lija de papel y de forma manual; la actividad lo hacen directamente en el piso o en mesas de trabajo no adecuadas, cabe señalar que esta actividad la repiten en varias ocasiones hasta obtener la calidad deseada, al momento de hacerlo las personas presentan posturas forzadas principalmente en las muñecas, observándose ángulos hasta de 15 grados, además de no manipular correctamente las piezas.

Canteadora: al utilizar esta máquina se observa que las personas adoptan posturas forzadas ya que no realizan la correcta manipulación de las piezas; de igual manera la altura de la máquina no es la ideal, el trabajador tiende a encorvarse.

Cepillado con máquina: se observa que en un 50 por ciento, los empleados adoptan posturas forzadas y se tienen alturas inadecuadas en donde se lleva a cabo la operación.

Corte con escoplo: lo que se observó fue las alturas inadecuadas al momento de hacer la operación, por lo que el empleado tiende a encorvarse; además se observa, una reducción de espacio para operar la máquina.

Corte con guillotina: en el corte con guillotina, no se observaron alturas inadecuadas, posturas forzadas, los empleados mantienen una postura natural sin ningún esfuerzo importante.

Trompo: en la operación de formado con trompo, se observa que la mayoría de los empleados mantienen posturas forzadas al realizar la tarea; la altura de la máquina necesita mejorarse ya que tampoco es la adecuada.

Debido a lo anterior se utilizarán los métodos RULA y REBA (Asensio & Diego, 2014) como una forma de validación de lo ya observado y contar con un análisis de la postura adoptada, en cada parte del proceso productivo.

Al aplicar los métodos mencionados, se estructuró una base de datos con los resultados obtenidos (véase Tabla 3). En esta se muestran los resultados arrojados de los análisis; las líneas con N/A indican que la operación no se lleva a cabo en la empresa, las de color gris claro significa que no es necesario llevar a cabo acciones correctivas en el puesto de trabajo, las de color gris oscuro, indican que pueden ser necesarios cambios y finalmente las líneas negras indican que es necesario que se lleven acciones de mejora, para disminuir el riesgo de sufrir una lesión por parte de los trabajadores. Al analizar la tabla se deduce que el porcentaje de cambios necesarios o urgentes de acuerdo al tipo de actividad en la que coinciden las empresas son: un 25 por ciento en el corte de mesa sierra y cepillado, un 50 por ciento en la operación de lijado duro, resanado y escoplo, un 37.5 por ciento en el pulido, un 62.5 por ciento en el lijado manual y en la canteadora.

Tabla 3. Resultados del nivel de acción de acuerdo a los métodos RULA y REBA.

<b>1. Resultados de la aplicación de métodos a la actividad de Corte con Mesa Sierra</b>					<b>6. Resultados de la aplicación de métodos a la actividad de Canteadora</b>				
Carpinterías	Nivel de Acción		Significado		Carpinterías	Nivel de Acción		Significado	
	RULA	REBA	RULA	REBA		RULA	REBA	RULA	REBA
A	4	1	Ampliar el estudio	No necesario	A	3	5	Ampliar el estudio	Necesario
B	3	3	Ampliar el estudio	Puede ser Necesario	B	N/A			
C	3	1	Ampliar el estudio	No necesario	C	N/A			
D	4	2	Ampliar el estudio	Puede ser Necesario	D	7	5	Modificar inmediatamente	Necesario
E	4	1	Ampliar el estudio	No necesario	E	3	5	Ampliar el estudio	Necesario
F	5	4	Modificar pronto	Necesario	F	5	5	Modificar Pronto	Necesario
G	5	4	Modificar pronto	Necesario	G	4	3	Ampliar el estudio	Puede ser necesario
H	3	2	Ampliar el estudio	Puede ser Necesario	H	7	5	Modificar inmediatamente	Necesario
<b>2. Resultados de la aplicación de métodos a la actividad de Lijado Duro</b>					<b>7. Resultados de la aplicación de métodos a la actividad de Cepillado</b>				
Carpinterías	Nivel de Acción		Significado		Carpinterías	Nivel de Acción		Significado	
	RULA	REBA	RULA	REBA		RULA	REBA	RULA	REBA
A	5	7	Modificar pronto	Necesario	A	4	3	Ampliar el estudio	Puede ser necesario
B	7	2	Modificar inmediatamente	Puede ser necesario	B	5	5	Modificar Pronto	Necesario
C	3	4	Ampliar el estudio	Necesario	C	3	1	Ampliar el estudio	No necesario
D	6	3	Modificar pronto	Puede ser necesario	D	3	4	Ampliar el estudio	Necesario
E	7	6	Modificar inmediatamente	Necesario	E	6	2	Modificar Pronto	Puede ser necesario
F	N/A				F	4	3	Ampliar el estudio	Puede ser necesario
G	3	3	Ampliar el estudio	Puede ser necesario	G	3	1	Ampliar el estudio	No necesario
H	4	5	Ampliar el estudio	Necesario	H	3	1	Ampliar el estudio	No necesario
<b>3. Resultados de la aplicación de métodos a la actividad de Pulido</b>					<b>8. Resultados de la aplicación de métodos a la actividad de Escoplo</b>				
Carpinterías	Nivel de Acción		Significado		Carpinterías	Nivel de Acción		Significado	
	RULA	REBA	RULA	REBA		RULA	REBA	RULA	REBA
A	4	2	Ampliar el estudio	Puede ser necesario	A	4	3	Ampliar el estudio	Puede ser necesario
B	5	2	Ampliar el estudio	Puede ser necesario	B	5	5	Modificar pronto	Necesario
C	4	2	Ampliar el estudio	Puede ser necesario	C	N/A			
D	4	4	Ampliar el estudio	Necesario	D	5	4	Modificar pronto	Necesario
E	7	5	Modificar inmediatamente	Necesario	E	7	5	Modificar inmediatamente	Necesario
F	6	3	Modificar pronto	Puede ser necesario	F	4	4	Ampliar el estudio	Necesario
G	4	4	Ampliar el estudio	Necesario	G	6	3	Modificar pronto	Puede ser necesario
H	5	2	Modificar pronto	Puede ser necesario	H	5	3	Modificar pronto	Puede ser necesario
<b>4. Resultados de la aplicación de métodos a la actividad de Resanado</b>					<b>9. Resultados de la aplicación de métodos a la actividad de Guillotina</b>				
Carpinterías	Nivel de Acción		Significado		Carpinterías	Nivel de Acción		Significado	
	RULA	REBA	RULA	REBA		RULA	REBA	RULA	REBA
A	3	4	Ampliar el estudio	Necesario	A	5	3	Modificar pronto	Puede ser necesario
B	5	2	Modificar pronto	Puede ser necesario	B	5	2	Modificar pronto	Puede ser necesario
C	4	2	Ampliar el estudio	Puede ser necesario	C	4	1	Ampliar el estudio	No necesario
D	4	3	Ampliar el estudio	Puede ser necesario	D	N/A			
E	4	3	Ampliar el estudio	Puede ser necesario	E	5	2	Ampliar el estudio	Puede ser necesario
F	4	4	Ampliar el estudio	Necesario	F	6	2	Modificar pronto	Puede ser necesario
G	6	4	Modificar pronto	Necesario	G	3	1	Ampliar el estudio	No necesario
H	4	4	Ampliar el estudio	Necesario	H	4	1	Ampliar el estudio	No necesario
<b>5. Resultados de la aplicación de métodos a la actividad de Lijado Manual</b>					<b>10. Resultados de la aplicación de métodos a la actividad de Trompo</b>				
Carpinterías	Nivel de Acción		Significado		Carpinterías	Nivel de Acción		Significado	
	RULA	REBA	RULA	REBA		RULA	REBA	RULA	REBA
A	4	6	Ampliar el estudio	Necesario	A	N/A			
B	4	4	Ampliar el estudio	Necesario	B	N/A			
C	4	3	Ampliar el estudio	Puede ser necesario	C	N/A			
D	4	2	Ampliar el estudio	Puede ser necesario	D	4	2	Ampliar el estudio	Puede ser necesario
E	5	5	Modificar pronto	Necesario	E	4	2	Ampliar el estudio	Puede ser necesario
F	4	5	Ampliar el estudio	Necesario	F	4	3	Ampliar el estudio	Puede ser necesario
G	7	5	Modificar inmediatamente	Necesario	G	3	1	Ampliar el estudio	No necesario
H	4	3	Ampliar el estudio	Puede ser necesario	H	N/A			

Por otro lado, se tiene, que según resultados arrojados mediante el método REBA, la carpintería con mayor cantidad de niveles de acción importantes es la carpintería F con un 60 por ciento, seguido de las carpinterías A, D, E y G con un 40 por ciento; concluyéndose que las microempresas de la localidad se encuentran en condiciones ergonómicas similares; lo que se observó, principalmente, es que las alturas de las diferentes máquinas, no se encuentran de acuerdo a las características de los empleados; no saben cómo manipular las piezas de forma



ergonómica, ni las posturas a tomar durante la tarea. La Figura 7 muestra las extremidades afectadas por tipo de operación (7A) y sus porcentajes (7B).

Se tiene en la figura 7A, que en la operación de la mesa sierra afecta principalmente al brazo, muñeca, cuello y tronco; en el lijado duro el brazo, la muñeca, el cuello y el tronco; en el pulido la muñeca y el cuello; en el resanado se afecta la muñeca, el cuello y el tronco; en el lijado manual, son el brazo, el cuello y el tronco y así sucesivamente. Por otra parte los porcentajes de afectación en general por tipo de extremidad (7B) muestran que las más afectadas son el cuello con un 90 por ciento y el tronco con un 70 por ciento, seguido de las muñecas con un 60 por ciento. Cabe señalar que en la mayoría de las tareas, el tronco, realizaba flexiones, giros e inclinaciones de forma excesiva; el cuello, se encontraba flexionado y las muñecas posicionadas por arriba de los 15 grados.

#### 7A. Extremidades afectadas por operación

Operaciones	Extremidades afectadas					
	Brazo	Antebrazo	Muñeca	Cuello	Tronco	Piernas
Mesa Sierra	X		X	X	X	
Lijado Duro	X		X	X	X	
Pulido			X	X		
Resanado			X	X	X	
Lijado Manual	X			X	X	
Canteadora	X			X	X	
Cepillado		X	X		X	
Escoplo	X			X		
Guillotina		X		X		
Trompo		X	X	X	X	

#### 7B. Porcentaje de afectación por extremidad

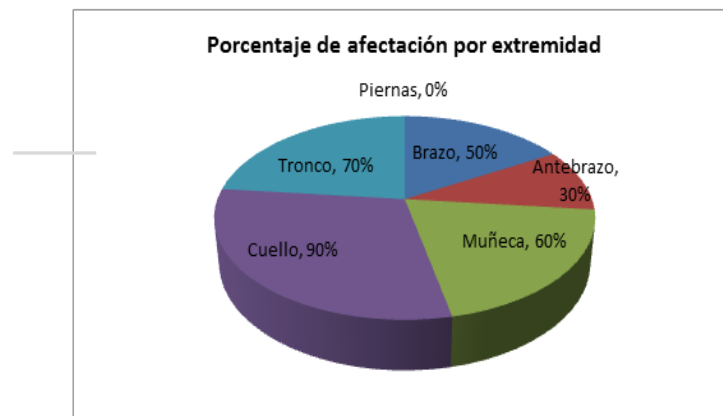


Figura 7. Extremidades afectadas por tipo de operación y sus porcentajes.

Como paso final se establecieron las medidas correctivas en relación a los resultados obtenidos del análisis, señalando que estas son sugerencias y queda bajo la responsabilidad de cada dueño el implementarlas y darle seguimiento; estas se muestran como sigue:

- Al identificar las fortalezas de cada carpintería, se tiene por ejemplo, que en las operaciones de corte con sierra mesa, cepillado, guillotina y trompo, en algunas carpinterías no necesitan hacer modificaciones a sus procesos, ya que las máquinas tienen alturas acorde con sus trabajadores, a su vez estos adoptan posturas ergonómicamente correctas, como el apoyarse y la correcta manipulación de las piezas, es decir, sin desviar las muñecas y sin ejercer fuerzas extremosas para ello; incluso en algunos casos se cuenta con maquinaria más moderna. Otro punto a destacar es la rotación de actividades entre los empleados, algo que favorece a la integridad física de la persona. Lo anterior puede tomarse como un benchmarking para aquellas en las que se necesitan modificar la forma en como realizan sus actividades.
- Se sugiere que las alturas de las máquinas de trabajo, sean adoptadas en relación a las características físicas del trabajador, colocándolas en mesas ajustables, así como a los requisitos de la tarea. Una altura adecuada de las zonas de trabajo de las manos, facilita la eficiencia del trabajador y reduce la fatiga; Para tareas de precisión, la altura del plano de trabajo debería estar entre 5 y 10 cm por encima de la altura del codo del trabajador, de esta forma se proporciona apoyo a los antebrazos y se mejora la visión (Instituto de biomecánica de valencia, 2010).
- En lo que se refiere a los espacios de trabajo, se recomienda tener las herramientas y materiales, al alcance y cercano al trabajador de una forma organizada. Por otro lado, se debe proporcionar espacio suficiente para las extremidades inferiores cuando se trabaje de frente a una máquina, sobre todo, si el trabajador manipula la pieza en el maquinado o parte de la misma máquina, por ejemplo, en el escoplo, guillotina, lijado duro (lijadora de banda), pulido, mesa sierra y trompo; y en aquellos procesos en que el empleado se desplace en conjunto a la pieza, debe existir espacio para este, por ejemplo en el cepillado y la canteadora. Según el Real Decreto 486/1997 (España), establece que el espacio entre la máquina y cualquier elemento debe ser como mínimo de 800 mm, siendo recomendable 1100 mm.
- En lo que se refiere a la reducción de esfuerzos manuales en la muñeca, por ejemplo en el uso de la cepilladora, canteadora y mesa sierra, se sugieren alimentadores automáticos, en caso de no poder adaptar este accesorio, se deberá conducir la pieza,

de tal forma que después de acomodarla no haya variación en los movimientos de las manos. El instituto de biomecánica de valencia (2010), recomienda que la mano izquierda, se sitúe sobre el extremo anterior de la pieza apretándola contra la mesa, y la mano derecha situada en el extremo posterior de la pieza empujándola en sentido de avance; así mismo se recomienda que cuando las piezas sean muy largas, para reducir esfuerzos, se recurra al uso de mesa de apoyo o prolongaciones desmontables, con el fin de dar apoyo extra.

- Para el caso del lijado manual, se recomienda utilizar un taco de madera para la lija, de forma que sea menos cansado y exista un mayor soporte de los dedos, al momento de realizar la operación. Las medidas del taco, variarán de acuerdo al tamaño de la mano del empleado, pero en general es una pieza de seis centímetros de ancho por cuatro o cinco de alto, y 12 o 14 de largo, a este mismo deberá realizarle dos ranuras laterales, para que se puedan colocar los dedos en ellas, sujetando la lija con la misma seguridad pero sin ejercer tanta presión, evitando el cansancio de los dedos.
- Finalmente se sugiere la adquisición de equipo de protección personal, tales como lentes, taponos auditivos y en algunos casos guantes; así como acondicionar lugares para el resguardo de los mismos, impactando directamente en este rubro detectado en la lista de comprobación ergonómica.

Sin embargo hay que señalar, que en caso de no llevarse a cabo estas acciones, pudieran presentarse diferentes traumatismos acumulativos, mismos que da a conocer el Instituto de Biomecánica de Valencia (2010) como lo son: Tendinitis, síndrome del túnel carpiano, epicondilitis y demás.

## **Conclusiones**

Basándose en los resultados obtenidos de las metodologías de análisis LCE, RULA y REBA a las diferentes carpinterías, se determinó que todas ellas, tienen áreas de oportunidad referentes a ergonomía. Los resultados del LCE arrojó, que los rubros con mayor atención son relacionados con el equipo de protección personal (48 por ciento), seguridad de la maquinaria de la producción (44 por ciento), riesgos ambientales (43 por ciento) y mejora del puesto de trabajo (24 por ciento).

En relación a los métodos RULA y REBA, se tiene que el porcentaje de cambios necesarios o urgentes de acuerdo al tipo de actividad en la que coinciden las micro empresas son en un 25 por ciento en el corte de mesa sierra, un 50 por ciento en la operación de lijado duro, resanado y escoplo, un 37.5 por ciento en el pulido, un 62.5 por ciento en el lijado manual y en la canteadora, y un 25 por ciento en el escoplo; donde las principales extremidades afectadas el cuello con un 90 por ciento y el tronco con un 70 por ciento. Por otro lado, se tiene que la carpintería con mayor cantidad de riesgos ergonómicos es la carpintería F con un 60 por ciento, seguido de las carpinterías A, D, E y G con un 40 por ciento; observándose, principalmente, alturas incorrectas de las diferentes máquinas, sin tomar en cuenta las características de los empleados; deficiencia en la manipulación de las piezas y posturas incorrectas adoptadas.

Con lo anterior se propusieron acciones correctivas que tienen que ver con el mejoramiento del área de trabajo, cumpliéndose así con el objetivo del estudio relativo al análisis del puesto de trabajo y la comparación ergonómica entre ellos, lo anterior mediante evaluaciones posturales, para disminuir la probabilidad de sufrir lesiones en los empleados; y se recomendaron mejores prácticas ergonómicas para cuidar la integridad del personal. Se sugiere, llevar a cabo nuevamente el análisis ergonómico, una vez implementadas las mejoras, así como dar un seguimiento completo a las mismas.

Es muy importante la prevención de las enfermedades profesionales, ya que la ausencia de esta repercute en el costo de la productividad y en los sistemas de seguridad. La Organización Internacional del Trabajo (OIT, 2013), sostiene que 160 millones de personas sufren de enfermedades no mortales relacionadas con el trabajo, significando que cada 15 segundos, un trabajador muere a causa de accidentes o enfermedades relacionadas con el trabajo y que cada 15 segundos, 115 trabajadores tienen un accidente laboral. Finalmente, señala que la prevención es más eficaz y menos costosa que el tratamiento y la rehabilitación, punto que todas las empresas debieran recordar.

## **Referencias**

Arenas, M. 2012. HSEC Magazine. La rentabilidad de la ergonomía. Extraído en Septiembre 9 del 2014 de <http://www.emb.cl/hsec/articulo.mvc?xid=42&edi=2&xit=la-rentabilidad-de-la-ergonomia>

- Apud, E. y Meyer, F. 2003. La Importancia de la Ergonomía para los profesionales de la salud. *Ciencia y Enfermería IX* (1): 15-20, 2003. Extraído en Marzo 6 del 2013 de [http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-95532003000100003&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-95532003000100003&script=sci_arttext)
- Asensio, S. y Diego, J. Evaluación ergonómica de puestos de trabajo. Extraído en Mayo 23 del 2014 de <http://www.ergonautas.upv.es/art-tech/evaluacion/evaluacion.htm>
- Asensio, S. y Diego, J. REBA: Rapid Entire Body Assessment. Extraído en Mayo 23 del 2014 de <http://www.ergonautas.upv.es/metodos/reba/reba-ayuda.php>
- Asensio, S. y Diego, J. RULA: Rapid Upper Limb Assessment. Extraído en Mayo 23 del 2014 de <http://www.ergonautas.upv.es/metodos/rula/rula-ayuda.php>
- González, D. 2007. *Ergonomía y Psicosociología*. 4a. Edición. Editorial Fundación Confemetal. España.
- INEGI. 2009. Censos económicos 2009. Micro, pequeña, mediana y gran empresa, estratificación de los establecimientos. Extraído en Agosto 1 del 2014 de [http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/proyectos/censos/ce2009/pdf/Mono\\_Micro\\_peque\\_mediana.pdf](http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/proyectos/censos/ce2009/pdf/Mono_Micro_peque_mediana.pdf)
- INEGI. Directorio estadístico nacional de unidades económicas. Extraído en Agosto 2 del 2014 de <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mapa/denue/default.aspx>
- Instituto de Biomecánica de Valencia, Confemadera, Fecoma, et al. 2010. Guía para la evaluación de riesgos ergonómicos en PYMES del sector de la madera y el mueble; metodología QEC. Extraído en Mayo 2 del 2014 de [file:///C:/Users/adriana.ramirez/Downloads/manual%20QEC%20madera%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/adriana.ramirez/Downloads/manual%20QEC%20madera%20(2).pdf)
- Ministerio de Trabajo e Inmigración. 2000. Lista de comprobación ergonómica. Ergonomic checkpoints. Soluciones prácticas y de sencilla aplicación para mejorar la seguridad, la salud y las condiciones de trabajo. Extraído en Septiembre 9 del 2014 de <http://www.insht.es/portal/site/Insht/menuitem.1f1a3bc79ab34c578c2e8884060961ca/?vgnextoid=fdb1b1ac39488110VgnVCM100000705350aRCRD&vgnextchannel=1d19bf04b6a03110VgnVCM100000dc0ca8c0RCRD>
- Organización Internacional del trabajo. 2013. Día mundial de la seguridad y salud en el trabajo. Extraído en Julio 20 del 2014 de [http://www.ilo.org/safework/events/meetings/WCMS\\_204931/lang--es/index.htm](http://www.ilo.org/safework/events/meetings/WCMS_204931/lang--es/index.htm)
- Proméxico. 2012. Sonora. Extraído en Junio 10 del 2014 de [http://mim.promexico.gob.mx/Documentos/PDF/mim/FE\\_SONORA\\_vf.pdf](http://mim.promexico.gob.mx/Documentos/PDF/mim/FE_SONORA_vf.pdf)

Proméxico. 2013. PyMES, eslabón fundamental para el crecimiento en México. Extraído en Marzo 5 del 2013 de <http://www.promexico.gob.mx/negocios-internacionales/pymes-eslabon-fundamental-para-el-crecimiento-en-mexico.html>

Secretaría del Trabajo y Previsión Social. 2012. Estadísticas sobre accidentes y enfermedades de trabajo del 2012. Extraído en Julio 6 del 2014 de <http://www.stps.gob.mx/bp/secciones/dgsst/estadisticas/Sonora%202003-2012.pdf>

Secretaría del Trabajo y Previsión Social. 2012. Estadísticas sobre accidentes y enfermedades de trabajo del 2012. Extraído en Julio 6 del 2014 de <http://www.stps.gob.mx/bp/secciones/dgsst/estadisticas/Nacional%202003-2012.pdf>

Vega, E. 2014. Por qué la ergonomía hace empresas más productivas. Extraído en Septiembre 10 del 2014 de <http://blog.lanacion.cl/2014/04/24/por-que-la-ergonomia-hace-empresas-mas-productivas/>

## **Capítulo II. Análisis de temperaturas en muñecas y codos en empleados de oficina a través de termografía sensorial**

### **Temperature analysis on wrists and elbows in office employees through sensory thermography**

Sandra Karina Enriquez Casas, Claudia Camargo Wilson, Jesús Everardo Olguín Tiznado, Juan Andrés López Barreras.

Universidad Autónoma de Baja California. Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Diseño. Ensenada, México

Email: sandra.enriquez@uabc.edu.mx

#### **Resumen**

En la actualidad las empresas dependen de un recurso muy importante, la mano de obra, pero debido a los movimientos altamente repetitivos que realizan en algunas operaciones estos pueden llegar a sufrir lesiones o enfermedades que en ocasiones pueden ser graves, obligando a la empresa a brindar incapacidades temporales o permanentes. Objetivo: En el presente estudio realizado en oficinistas de una empresa Electrónica, se pretende analizar las temperaturas de la zona de muñecas y codos a través de la termografía sensorial. Los rangos de tiempo en los que se llevó a cabo el siguiente estudio fueron en un intervalo de 2 a 3 horas realizando movimientos altamente repetitivos, por un periodo de 3 días. Metodología: El análisis fue realizado en 2 oficinistas, hombre y mujer, que mostraron dolor en el área de muñecas y codos al realizar su actividad normal usando un protocolo definido para este experimento. Resultados: La temperatura máxima fue de 36.423°C con un incremento de 3.192°C entre la temperatura inicial y la final y esta fue alcanzada en el codo izquierdo el primer día del estudio. Conclusión: Actualmente la empresa ha tenido quejas de empleados por dolor en muñecas, es por esto que se recomienda crear planes o estrategias que disminuyan o eviten este tipo de lesiones, mediante tiempo propuestos de descanso o rotación, para mejorar la calidad de vida del trabajador y aumentar la productividad.

**Palabras clave:** termografía sensorial, desordenes de trauma acumulado, temperatura, movimientos altamente repetitivos.

#### **Abstract**

Today companies rely on a great resource, labor, but due to highly repetitive movements performed in some operations these may suffer injuries or illnesses that can sometimes be serious, forcing the company to provide disability temporary or permanent. Objective: In the study conducted at the company Electronics, is to analyze the temperatures of the area wrists and elbows you dare sensory thermography. The time ranges in which it is conducted the following study was in a range of 2 to 3 hours performing highly repetitive movements, for a period of 3 days. Methods: The analysis was performed on 2 individuals, male and female, who showed pain at the wrists and elbows to perform normal activity using a defined protocol for this experiment. Results: The maximum temperature was 36.423°C with 3.192°C increased between the initial temperature and the final and this was hit on the left elbow on the first day of the study. Conclusion: Currently the company has had complaints of pain

in wrists employees, so you should create plans or strategies to reduce or avoid these injuries, proposed by rest or rotation time given time to improve the quality of life of workers and increase productivity.

*Keywords:* sensorial thermography, cumulative trauma disorders, temperature, highly repetitive movements.

## **Introducción**

La mayoría de las empresas depende de un recurso muy valioso, la mano de obra, para generar un bien o servicio. Pero los operadores a diferencia de las maquinas sufren desgaste en tendones y articulaciones como consecuencia de los movimientos altamente repetitivos (MAR) ocasionando lesiones y obligando a las empresas a dar incapacidades temporales o incluso permanentes.

El Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS, 2007), considera como enfermedades generales y no laborales, tanto el síndrome de la tendinitis como el síndrome del túnel del carpo (Desordenes de traumas Acumulados - DTA's); éstos son considerados enfermedades laborales en otros países, incluido Estados Unidos de Norteamérica (BLS, 2004). Y a pesar de que se tiene el error en el IMSS de considerar como enfermedades generales y no laborales, tanto el síndrome de la tendinitis como el síndrome del túnel del carpo, para la industria siempre es importante la salud de los trabajadores debido a que si se evitan los DTA's en ésta se reducen sus costos por incapacidades, ausentismo y además se reducen las cuotas del IMSS por parte de la empresa. En 2007 se registraron cerca de 450 mil accidentes en el ámbito laboral, lo que significa que de cada 100 trabajadores, 2.5 sufrieron una lesión por incidentes de trabajo.

Las lesiones más comunes es en el área de las muñecas, provocadas por operaciones repetitivas conocidas como DTA's, definido en forma general como el desarrollo de una lesión física que se desarrolla gradualmente sobre un periodo de tiempo como resultado de repetidos esfuerzos (de un movimiento repetitivo) sobre una parte específica del sistema músculo-esquelético, causando daños en coyunturas o tejidos sobre la parte del cuerpo según Putz, 1988. Este tipo de lesiones conllevan a padecer enfermedades como síndrome del túnel del carpo bilateral, tendinitis, síndrome de trauma acumulativo y tenosinovitis.

Otra definición la tenemos por parte de La Ley Federal del Trabajo en su artículo 513 apartado 157, clasifica y define a un DTA como una enfermedad endógena, aquella que es derivada de la fatiga



industrial generada por los periodos de tiempo de exposición de la persona a la repetición de movimientos. Entendiendo la fatiga como la reducción en la habilidad muscular para continuar realizando un esfuerzo (Kroemer et al., 2001).

Además de los movimientos altamente repetitivos, son otras las condiciones o variables que afectan al operador, como son la temperatura ambiental y la temperatura corporal generada por el trabajador al momento de realizar sus actividades laborales. Aquí es donde entra una de las aplicaciones que se le puede dar a la termografía, aunque fue diseñada con fines militares utilizada en submarinos para medir la temperatura bajo el agua en ambientes naturales (López, 1992), su aplicación se ha extendido a otros campos como la industria y medicina. En medicina utilizada como una técnica avanzada para la detección de cáncer de mama.

La termografía tiene una especial utilidad en aquellos síndromes dolorosos en que se sospecha una implicación del sistema nervioso simpático. La termografía es un método diagnóstico que se contribuye a la evaluación y la monitorización del tratamiento de pacientes con dolor crónico. Ofrece un mapa térmico del área bajo estudio, revelando de manera indirecta las condiciones patofisiológicas asociadas con los síndromes dolorosos Pichot (2001).

La termografía infrarroja es utilizada para patrones de visualización de la temperatura en la superficie de la piel. Con el advenimiento de la proyección de imagen termográfica, ahora es posible tomar las mediciones de temperatura continua de la piel y sus cambios con un alto nivel de confianza.

La termografía sensorial a diferencia de la infrarroja visualiza los patrones de temperatura en la superficie de la piel por medio de la toma de fotografías (Zontak et al. 1998).



Figura 1. Termógrafo digital Sköll.

Los termógrafos registran variaciones de temperatura en función del tiempo, antes de utilizarlos es necesario que estén calibrados, para que sus datos sean más confiables y seguros. Una vez

calibrados los podremos utilizar para medir la temperatura de los oficinistas en algunas de las empresas establecidas en Ensenada, para esta ocasión una empresa del ramo Electrónico.

Debido a esto el presente estudio tiene el propósito de determinar el aumento de temperatura en muñecas y codos al realizar actividades altamente repetitivas en una empresa electrónica así como también la tendencia que presentan y con esto reducir las cuotas del IMSS por lesiones en el área de trabajo, así como prevenir lesiones de trauma acumulado por realizar un MAR.

Teniendo en cuenta las siguientes hipótesis se buscan detectar las temperaturas máximas del área de la muñeca, codo y hombro mediante modelos estadísticos, a través del estudio con la termografía sensorial al llevar a cabo MAR en el área de trabajo.

### **Materiales y Métodos**

Para realizar el análisis se utilizaron los siguiente materiales: siete termógrafos digitales Sköll de 7 sensores (con un alcance de temperatura de 0°C a 40°C); un termómetro de disparo; cinta microporosa; una computadora portátil. Además, para la programación de los termógrafos digitales Sköll se utilizó el programa Akela. Por otro lado, se utilizó paquetería de software para hacer el análisis estadístico como Minitab® 16 y Microsoft® Office Excel 2011.

El termógrafo digital Sköll básicamente tiene la función de capturar una serie de temperaturas por minuto sobre la superficie de prueba, recolectarlas y grabarlas en su memoria interna. Es programable a través del programa de cómputo Akela para la captura de las temperaturas y en los periodos que se desea estudiar. Además de su funcionalidad para descargar y exportar los datos a otro programa como Microsoft® Office Excel 2007 ó Minitab®16 para su futuro análisis.

La calibración es el procedimiento de comparación entre lo que indica un instrumento y lo que debería indicar de acuerdo a un patrón de referencia con valor conocido. En este caso la calibración en los termógrafos es realizado utilizando un termómetro digital. La calibración se llevó a cabo en un lugar cerrado manteniendo la misma temperatura ambiente durante el proceso en un intervalo de  $23 \pm 1$  °C. El programa que se utilizó registra la hora, minuto y segundo de las mediciones.

Las pruebas se desarrollaron en una empresa del ramo electrónico ubicada en la localidad. Se realizaron pruebas a 2 oficinistas que presentaron dolor en las muñecas anteriormente,

específicamente 1 hombre y 1 mujer, durante 3 horas consecutivas diarias por un periodo de 3 días. Las actividades aquí realizadas son básicamente escritura para la elaboración de órdenes de compra, enviar y recibir correos y cotizaciones utilizando la computadora. Dichas áreas se clasificaron como A y B.

- Área A: En esta área se evaluó sólo a 1 oficinista del área de compras por un periodo de 3 días.
- Área B: En esta área se evaluó sólo a 1 oficinista del área de compras por un periodo de 3 días.

Se definió un protocolo para el desarrollo diario de las pruebas, el cual se describe a continuación:

1. Programar los termógrafos Sköll usando el programa Akela.
2. Previo a la prueba, se aplicó un cuestionario a los operarios con el fin de recabar información acerca de su nombre, edad, género, peso corporal, altura, índice de masa corporal, mano dominante, fracturas previas y, tiempo acumulado de exposición al desarrollo de la operación.
3. Posteriormente, se le pidió al operario sentarse en una silla y enseguida colocarle los sensores del termógrafo Sköll en ambas manos, específicamente sobre el área de la muñeca y en ambos codos.
4. Se tomó la temperatura con el termómetro de disparo de cada una de las partes del cuerpo donde se colocaron los 4 sensores, éstas registrándolas en el cuestionario previamente aplicado.
5. Ya colocados los termógrafos Sköll, el operario ingresa a su estación de trabajo, en donde se tomó lectura a la temperatura ambiente con el termómetro de disparo. Esto también se realizó al término de la prueba. Dichas temperaturas se registraron en el cuestionario previamente aplicado.

6. Identificación durante la prueba acerca de anomalías o dolores presentados por los oficinistas.
7. Retiro de los termógrafos Sköll y descarga del concentrado de los datos obtenidos en Microsoft® Office Excel 2011 para su manipulación e interpretación en programas estadísticos como Minitab® 16.

En la tabla 1 se muestra la información acerca de las características antropométricas.

Tabla 1. Datos Antropométricos.

<b>Oficinista</b>	<b>Área</b>	<b>Edad</b>	<b>Peso</b>	<b>Altura</b>	<b>IMC</b>
<b>Julia</b>	A	34	73	1.72	24.67
<b>Rene</b>	B	39	89	1.755	29.06

## **Resultados**

Con las mediciones obtenidas se realizó un análisis de comparación entre las temperaturas de Julia y Rene. Estas comparaciones se muestran a continuación:

### **Área A: Julia**

Julia trabaja en el área de oficinas en el departamento de compras con una antigüedad de 13 años. A sus 34 años su peso es de 73 kg., su altura de 1.72 m., y su IMC de 24.67. Las pruebas fueron realizadas los días 17, 18 y 22 de abril de 10:00:00 am a las 01:00:00 pm, al inicio de las prueba la temperatura ambiente se encontraba en 23.4°C, al término de esta la temperatura ambiente estaba en 22.2°C.

La figura 2 muestra las temperaturas máximas alcanzadas en la muñeca derecha durante el experimento las cuales fueron las siguientes: en el minuto 149 se registró la temperatura de 34.79 °C (el incremento fue de 2.99°C) correspondiente al día 2 que es la más alta y se presentó en Julia.

La figura 3 muestra las temperaturas máximas alcanzadas en la muñeca izquierda durante el experimento las cuales fueron las siguientes: en el minuto 181 se registró la temperatura de 34.38 °C (el incremento fue de 1.885°C) correspondiente al día 1 que es la más alta y se presentó en Julia.

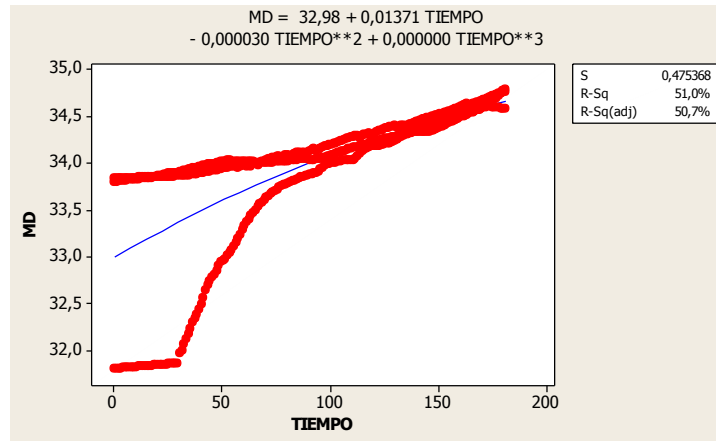


Figura 2. Muñeca derecha de Julia.

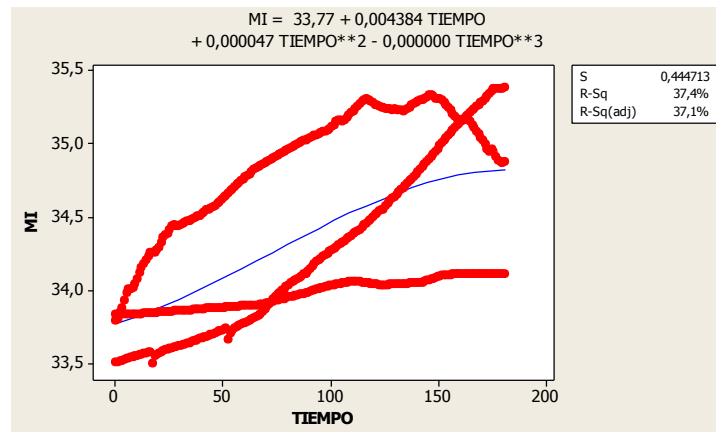


Figura 3. Muñeca izquierda de Julia.

La figura 4 muestra las temperaturas máximas alcanzadas en el codo derecho durante el experimento las cuales fueron las siguientes: en el minuto 181 se registró la temperatura de 34.4 °C (el incremento fue de 2.895°C) correspondiente al día 2 que es la más alta y se presentó en Julia.

La figura 5 muestra las temperaturas máximas alcanzadas en el codo izquierdo durante el experimento las cuales fueron las siguientes: en el minuto 181 se registró la temperatura de 34.269 °C (el incremento fue de 0.777°C) correspondiente al día 3 que es la más alta y se presentó en Julia.

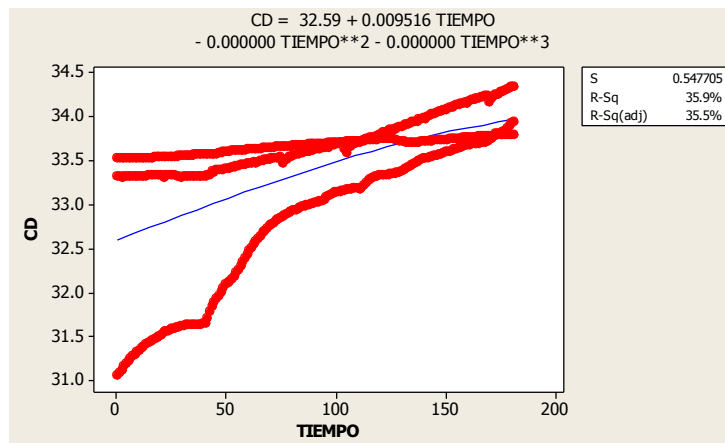


Figura 4. Codo derecho de Julia.

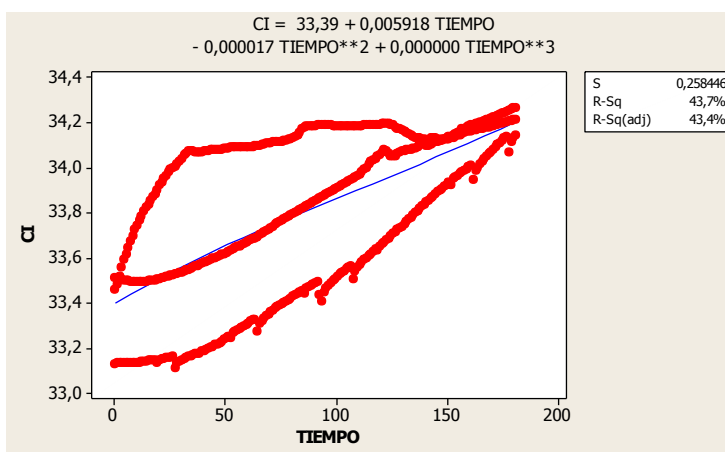


Figura 5. Codo izquierdo de Julia.

## Área B: Rene

Rene trabaja en el área de oficinas en el departamento de diseño, con una antigüedad de 13 años. A sus 39 años su peso es de 89 kg., su altura de 1.75 m., y su IMC de 29.06. Las pruebas fueron realizadas los días 29, 30 de abril y 02 de mayo de las 10:00:00 am a las 01:00:00 pm, al inicio de las prueba la temperatura ambiente se encontraba en 23.5°C, al término de esta la temperatura ambiente estaba en 23.52°C.

La figura 6 muestra las temperaturas máximas alcanzadas en la muñeca derecha durante el experimento las cuales fueron las siguientes: en el minuto 165 se registró la temperatura de 35.264 °C (el incremento fue de 1.756°C) correspondiente al día 1 que es la más alta y se presentó en Rene. La figura 7 muestra las temperaturas máximas alcanzadas en la muñeca izquierda durante el experimento las cuales fueron las siguientes: en el minuto 181 se registró la temperatura de 34.823 °C (el incremento fue de 1.299°C) correspondiente al día 1 que es la más alta y se presentó en Rene.

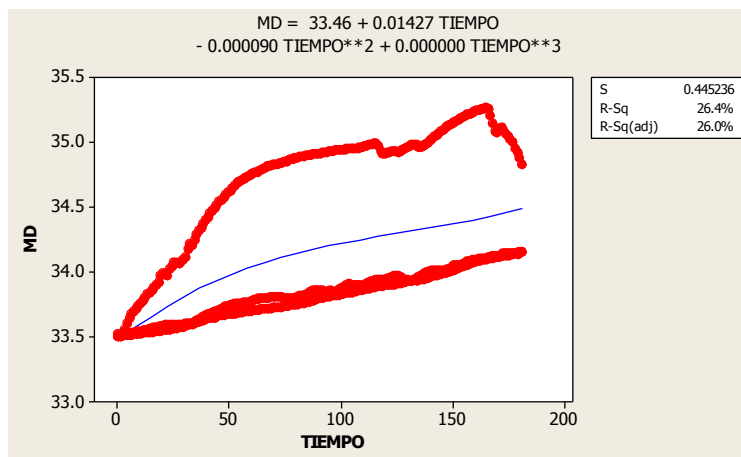


Figura 6. Muñeca derecha de Rene.

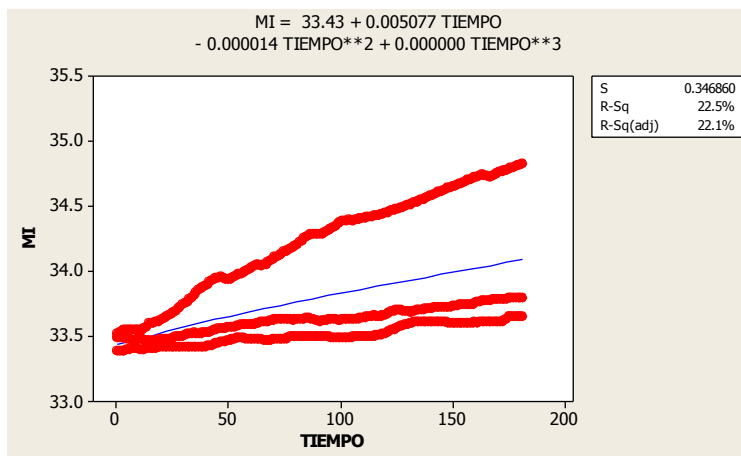


Figura 7. Muñeca izquierda de Rene.

La figura 8 muestra las temperaturas máximas alcanzadas en el codo derecho durante el experimento las cuales fueron las siguientes: en el minuto 166 se registró la temperatura de 36.301 °C (el incremento fue de 3.17°C) correspondiente al día 1 que es la más alta y se presentó en Rene.

La figura 9 muestra las temperaturas máximas alcanzadas en el codo izquierdo durante el experimento las cuales fueron las siguientes: en el minuto 181 se registró la temperatura de 36.423°C (el incremento fue de 3.192°C) correspondiente al día 1 que es la más alta y se presentó en Rene.

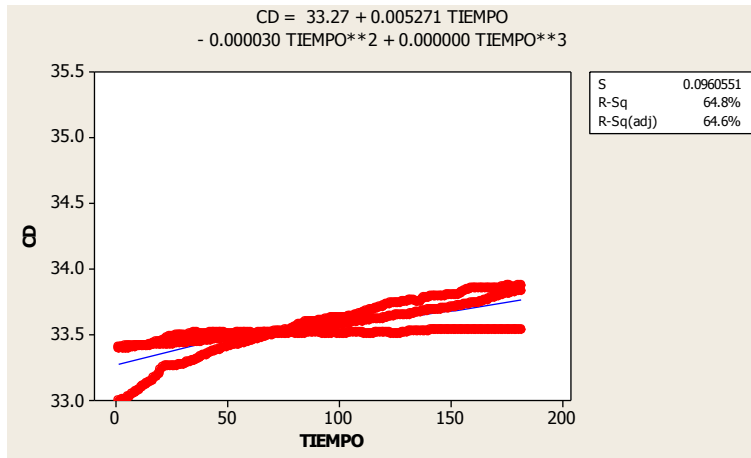


Figura 8. Codo derecho de Rene.

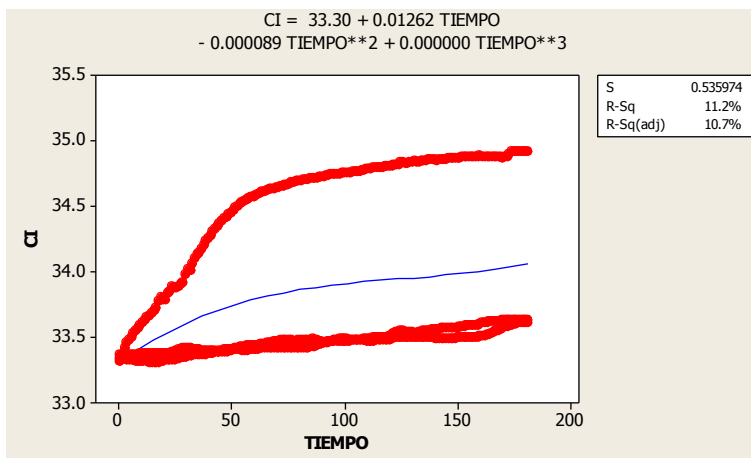


Figura 9. Codo izquierdo de Rene.

### Discusión

De acuerdo a los resultados expuestos anteriormente se puede observar que las temperaturas van en aumento manteniendo un rango entre 30°C y 35°C, en donde se puede observar que las



mediciones tienen una temperatura mínima por encima de los 32°C y por debajo de los 34 °C, sin embargo las mediciones mostradas en las figuras 2, 6, 7, 8 y 9 muestran que las temperaturas sobrepasan los 34.5 °C. Las diferencias entre la temperatura inicial y la temperatura final de cada una de las áreas evaluadas muestran una diferencia significativa por encima de 1 °C. Esto como resultado de las operaciones realizadas en el área de oficinas A y B.

El aumento de temperatura llegó a elevarse de 1°C a casi 3°C entre temperatura inicial y final del área evaluada, después de que el oficinista dio inicio a sus actividades, mostrando una tendencia creciente y en ocasiones casi lineal. Pichot (2001) nos menciona que si el incremento entre la temperatura inicial y la temperatura final es mayor a 1°C al realizar movimientos altamente repetitivos podemos decir que existe una lesión en el área evaluada y que necesita ser valorada inmediatamente. De esta manera y en base a este estudio podemos definir en qué momento la diferencia de temperaturas logra rebasar el 1°C al momento de realizar la actividad y definir tiempos propuestos de descanso o rotación durante la actividad para un análisis futuro.

La temperatura promedio para las partes del cuerpo que fueron objeto en este estudio son:

Tabla 2. Promedios de temperatura tomadas de Julia en el área A.

Área A	MD	MI	CD	CI
Día 1	33.761	34.380	32.350	32.147
Día 2	34.790	33.334	34.400	32.216
Día 3	32.602	32.108	31.803	32.269
<b>Prom</b>	<b>33.718</b>	<b>33.274</b>	<b>32.851</b>	<b>32.211</b>

Tabla 3. Promedios de temperatura tomadas de Rene en el área B.

Área B	MD	MI	CD	CI
Día 1	35.264	34.823	33.881	36.423
Día 2	34.156	33.658	33.838	33.616
Día 3	34.150	33.792	33.544	33.637
<b>Prom</b>	<b>34.523</b>	<b>34.941</b>	<b>34.184</b>	<b>34.211</b>

Las temperaturas de Julia se mantuvieron en promedio de 34°C. El día que registro una mayor temperatura fue el segundo día en muñeca derecha e izquierda con 35.334°C y el día 3 se registró una temperatura de 33.803°C en el codo izquierdo siendo la temperatura menor de todas las mediciones.

Las temperaturas de Rene también se encontraron entre los 34°C. El día 1 registro la mayor temperatura en el codo izquierdo con 36.423°C, el día 2 se registró la menor temperatura en el codo izquierdo con 33.616°C.

Mostrando en ambos casos incrementos mayores a 1°C, por lo tanto se propone a la empresa una evaluación inmediata para la prevención de algún desorden de trauma acumulado, esto con un estudio de tiempos para evaluar el momento donde empieza a generarse un daño.

### **Conclusiones**

Se puede concluir que las temperaturas promedio más altas registradas se encuentran en muñecas y codos derechos siendo el lado dominante de las operadoras, especialmente en muñeca derecha. En promedio el aumento de temperatura en general fue de 2.24°C. Por lo anterior, se recomienda darle prioritaria atención a las muñecas derechas.

Hasta el día de hoy ha sido un problema para la empresa el tener personal con lesiones en sus extremidades superiores, debido a que han tenido que incapacitar personal de manera parcial y temporalmente, y que esto logra aumentar las multas por parte del IMSS y bajar la productividad en la empresa por el deterioro de sus trabajadores. Además la calidad de vida de los trabajadores disminuye considerablemente para ellos como sus familias ya que no les es posible realizar sus actividades cotidianas de la misma manera que antes.

Se le recomendó a la empresa realizar una evaluación inmediata para estos oficinistas, buscando mejorar sus estaciones de trabajo así como realizar un estudio con diferentes rango de tiempo para monitorear sus temperaturas bajo diversas condiciones y así proponer tiempos de descanso o rotación antes de llegar a el tiempo donde se empieza a generar la lesión.

## Referencias

- Bureau of Labor Statistics (BLS), United State Department of Labor, 2004. <http://www.bls.gov/>
- Camargo Wilson, Claudia. Modelos de Predicción de Temperaturas Máximas de la Muñeca a través de Termografía Sensorial., Tesis de Doctorado en Ciencias, Universidad Autónoma de Baja California, 2013.
- Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS). Estadísticas IMSS 2007. Revista Médica Instituto Mexicano del Seguro Social. México, 2007. vol 45 no. 4, p. 403-412.
- Kroemer E., K. H. "Ergonomics: How to design for ease and efficiency". 2001, vol. 2. Prentice Hall.
- López B. O. R. Termógrafo digital submarino, Instrumentación y desarrollo. Instituto de Investigaciones Oceanológicas, Universidad Autónoma de Baja California. México 1992. vol. 3, no. 2.
- López, V. R., (2010). Manual de operaciones termografía. Anexo de proyecto de vinculación elaborado en Universidad Autónoma de Baja California, México.
- Ordorica Villalvazo Javier, Camargo Wilson Claudia, et. al., Validación de un sistema de edición aplicado a un estudio de termografía sensorial para la detección de desórdenes de traumas acumulados, Revista Ingeniería Industrial, vol.10, núm. 1, 30 de octubre 2011, ISSN 0717-19103, ISSN Online 0718-8307.
- Pichot C. El uso de la termografía en el dolor lumbar crónico. Rev Soc Esp Dolor; 2001 no. 8: p. 43-47.
- Putz, A. Cumulative Trauma Disorders: A Manual for Musculoskeletal Diseases of the Upper Limbs. Philadelphia 1988. Taylor & Francis.
- Zontak A., S. S. Dynamic Thermography: Analysis of hand temperature. Annals of Biomedical Engineering, 1998. vol. 26, p. 998-993.

## **Cápítulo III. Estudio Ergonómico de Operadores de Montacargas en Centro de Distribución**

### **Ergonomic Study Forklift Operators in Distribution Center**

Javier Nava García<sup>1</sup>, Raquel Muñoz Hernández<sup>2</sup>, Saúl Rangel Lara<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Jefatura de Ingeniería Industrial del Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco, Coacalco, Estado de México

<sup>2</sup> División de Ingeniería Industrial de la Universidad Politécnica del Valle de México, Tultitlán, Estado de México.

Email:jael2222@hotmail.com.mx

#### **Resumen**

La presente investigación se desarrolló en una empresa metal-mecánica, en el departamento de forja, debido a que los operarios de montacargas manifestaron sentir intenso dolor de espalda y malestares musculares en las extremidades inferiores y en diversas áreas del cuerpo. Se analizaron los factores de riesgo de lesiones por DTA's (Desorden Traumático Acumulativo); con el fin de identificar si el manejo del montacargas afecta la salud de los trabajadores, dando lugar a enfermedades profesionales. La investigación es tipo transversal y de aplicación básica, los resultados muestran el diagnóstico y evaluación del estado actual del proceso, el estudio permitió determinar las afectaciones en la salud de los operarios por tipo de actividad e identificó los factores de riesgo que existen en el área de montacargas. La evaluación ergonómica se realizó con la aplicación de los métodos: Ergotec, Plibel y Rula. Los factores laborales considerados fueron: procedimientos, movimientos, posición, frecuencia, peso, manejo del montacargas, vibración, temperatura e iluminación. Los personales: edad, género, antropometría y enfermedades crónicas degenerativas. Los efectos se clasificaron en bajo, mediano y alto riesgo. Con la base en los resultados obtenidos se modificó el proceso productivo y se rediseñó la estación de trabajo.

**Palabras claves:** Daño, riesgo, lesión, trabajo.

#### **Abstract**

This research took place in a metal-mechanic company, originated in the forge department because forklift operators expressed feeling intense back pain and muscle aches in the lower extremities and in various areas of the body. Risk factors for injury were analyzed by DTA's (Cumulative Traumatic Disorder); in order to identify whether the elevator management affects the health of workers, resulting in diseases. Research is transversal and basic application type, the results show the diagnosis and assessment of the current state of the process, the study allowed us to determine the effects on health of workers by type of activity and identified the risk factors that exist in the area forklift. Ergonomic evaluation was performed with the application of methods: Ergotec, Plibel and Rula. The occupational factors considered were: procedures, movements, position, frequency, weight, handling forklift, vibration, temperature and lighting. Personal: age, gender, anthropometry and chronic degenerative

diseases. The effects were classified into low, medium and high risk. With the results obtained based on the production process was modified and workstation redesign.

**Key words:** Injury risk, injury, work.

## Introducción

La ergonomía como ciencia o disciplina ayuda a la adaptación del entorno las personas en función de sus dimensiones, necesidades e interacción con el entorno, mediante la determinación científica de la conformación de los puestos de trabajo. (Melo, 2009). La palabra ergonomía proviene del griego “*ergo*” que significa trabajo, y “*nomos*”, leyes naturales. El término ergonomía fue propuesto por el naturista polaco Coite Yazte Bowie en 1857 en su estudio “Ensayos de ergonomía y o ciencia del trabajo”, basado en las leyes objetivas de la ciencia sobre la naturaleza, en la cual se proponían construir un modelo de la actividad laboral humana.

Frederick Taylor da los primeros pasos en la ergonomía laboral con su obra “Organización científica del trabajo”, donde aplica el diseño de instrumentos elementales de trabajo tales como palas de diferentes formas y dimensiones (Ramirez, 2009). A finales del siglo XIX y principios del siglo XX, Alemania, Estados Unidos de América y otros países organizaron seminarios sobre la influencia que ejerce el proceso laboral y el entorno industrial sobre el organismo humano; mientras en Inglaterra comenzaron a interactuar, grupos de profesionistas interesados en la postura laboral y el uso de la música funcional o ambiental (Osborne, 2005).

Los países Europeos principalmente, han trabajado fuertemente en investigaciones ergonómicas para mejorar la vida laboral del trabajador, lo que ha servido de referencia para que México se interese y se involucre en esta temática. Fue así que en 1968, llega la ergonomía a México, cuando se realiza la primera reunión en Ergonomía a través del Centro Nacional de Productividad (CENAPRO), y a partir de este momento surgen asociaciones destinadas al estudio de factores de riesgo, con la finalidad de proteger el bienestar físico y mental de los trabajadores (Ramos, 2007).

En la actualidad existes diversas líneas de investigación de la Ergonomía y también estudiosos destacados como es el autor contemporáneo José Juan Cañas, investigador de la Universidad de Granada reconocido por su alta aportación a la ergonomía cognitiva, importante para el aprendizaje e

interpretación del uso de controles en maquinaria, disminuyendo el riesgo y error humano (Cañas, 2011).

Para que las organizaciones de hoy sean competitivas, deben mantener altos estándares en calidad, precio y conveniencia, centrándose específicamente al consumidor. Sin embargo, para lograr sus objetivos, es importante que las condiciones de trabajo en los distintos procesos de producción sean apropiadas por su relevancia como factores importantes en la eficiencia.

Los montacargas son vehículos muy utilizados en una gran cantidad de operaciones. Las dimensiones y capacidad de carga de estos vehículos también son muy variables. El trabajo del operador del montacargas, no consiste únicamente en el manejo del mismo, también el trabajador tiene que levantar, cargar y descargar objetos de tamaño, forma y peso diferente. Para realizar sus funciones, los trabajadores tienen el equipo de protección personal proporcionado por la empresa (calzado de seguridad, tapones para los oídos, gafas de seguridad y guantes de hilo de algodón).

El suministro de materiales se realiza en cajas de cartón que se colocan en un lado de la máquina sobre una base con ruedas, no tiene soportes laterales y los materiales tienden a caer a menudo, también es a nivel del suelo, por lo que el operador debe doblar, tomar la partes y suministrar la máquina. Esta operación se ha considerado una actividad de alto riesgo, fundamental para la operación del servicio, donde los trabajadores expresaron a menudo dolor de espalda y molestias musculares, las distintas posiciones y movimientos repetitivos en el desempeño de su trabajo. Sin embargo, no se le dio la importancia y llegó a ser considerado una consecuencia "natural y normal" del trabajo. Este problema tuvo un impacto en la alta rotación de personal como un problema central, el departamento de Recursos humanos informó que de cinco trabajadores contratados, dos abandonaban el empleo antes de cumplir un mes, y los trabajadores que permanecían, manifestaron sentir, fatiga, estrés y poco interés por las actividades.

#### *Principales problemas al maniobrar el montacargas:*

La visibilidad deficiente al frente, es característica en la mayoría de los diseños de montacargas; de tal manera que el conductor se ve forzado a conducir en reversa. Conducir hacia atrás puede ayudar

a resolver el problema de visibilidad, pero crea otro problema para el operador, quien tiene que girar el cuello y los hombros, manteniendo un pie en los pedales con una mano en el volante, excediendo los límites permisibles para posturas de cuello (ISO 11226:2000), figura 1.



Figura 1. Problema de visibilidad en el montacargas.

Este tipo de torsión y giro de la parte superior del cuerpo, Malé, (2013) lo ha relacionado con graves lesiones a largo plazo. Muchas empresas que utilizan montacargas han tratado de reducir algunos de los problemas asociados con la conducción hacia atrás a través de la instalación de espejos retrovisores centrales y laterales con la esperanza de que ello permitiera al conductor ver la parte de atrás al manejar sin tener que girar la cabeza y el tronco. Los espejos laterales solo proporcionan una vista de la parte trasera lateral y puede convertirse en un peligro si los espejos sobresalen demasiado del montacargas, en especial en pasillos estrechos (Vallejo, 2009), figura 2.



Figura 2. Problema en pasillos.

El uso de espejos retrovisores no elimina mirar hacia atrás debido a que existen muchos puntos ciegos que alcanza a visualizarse de la parte posterior, distorsionando la imagen y la percepción de profundidad, además distrae a los operarios de mirar al frente. Con respecto a los controles, por lo general son adecuados, ubicados dentro de las zonas de acceso visual, figura 3.



Figura 3. Problema de postura en el montacargas.

El diseño de los montacargas origina que los conductores salten y sufran en ocasiones daño en los pies. El acto de entrar y salir de los vehículos provocó un número significativo de accidentes, el departamento de recursos humanos informó que en un lapso de seis meses, tres trabajadores tuvieron incapacidad por esguince en el tobillo y dos en las rodillas. También el mal diseño puede provocar que los conductores se tengan que estirar o agachar para poderse acomodar dentro de la unidades. La exposición a vibración durante el uso de montacargas es muy alto y constante, las investigaciones sobre este tema refieren que el nivel de exposición diaria a vibraciones generado por los montacargas puede fluctuar entre 0.3 a 1.7 m/s<sup>2</sup>. La norma establece valores de exposición de acción de 0.5 m/s<sup>2</sup> y el valor de exposición límite es de 1.15 m/s<sup>2</sup> para exposición a vibraciones en cuerpo entero, figura 4.





Figura 4. Problema de vibración en el montacargas.

Los trabajadores manifestaron sufrir malestares físicos, específicamente, molestias en brazos, cuello y espalda después de una jornada laboral de 8 horas de lunes a sábado, argumentando que sus malestares e incomodidades eran causados por el levantamiento manual repetitivo de aditamentos para el montacargas. Con base en lo anterior se procedió a llevar a cabo el presente estudio para identificar si en el desempeño de su trabajo existía el riesgo de adquirir Desordenes por Trauma Acumulativos, en adelante denominados como DTA's (Ramirez, 2009).

Se consideraron los siguientes objetivos:

- Evaluar a través de Métodos Ergonómicos los factores de riesgo presentes en el manejo del montacargas.
- Facilitar oportunidades de mejora en el manejo del montacargas. A través de una evaluación ergonómica.
- Evaluando las enfermedades que se pueden derivar de la repetitividad del proceso de manejo del montacargas, teniendo como referencias a los empleados que laboran dentro de la misma empresa.

## Material y Métodos

La población de estudio fueron diecisiete personas operadores de montacargas del departamento de prensas. Los datos fueron recogidos directamente en el lugar de trabajo y se les pidió que la tarea la desarrollaran de forma regular, es importante mencionar que los trabajadores mostraron una actitud favorable al estudio y voluntariamente aceptaron participar, con disponibilidad y mostrando gran entusiasmo.

### *Instrumentos de medición.*

- 1 - listados método de verificación Ergotec.
- 2 - listados método de verificación Plibel.
- 3 - listados método de verificación Rula.

### *Variables de trabajo evaluadas.*

#### Procedimientos,

- Movimientos,
- Posición,
- Frecuencia,
- Peso,
- Manejo del montacargas,
- Vibración,
- Temperatura e
- Iluminación

### *Variables del trabajador evaluadas*

- Edad,
- Género,
- Enfermedades degenerativas crónicas y
- Antropometría.

Criterios de evaluación:

- Identificación de las posturas del cuerpo.
- Tiempo que permanece sentado.
- Turno laboral.
- Posturas al realizar la tarea.
- Para la realización de los cálculos se utilizó el software *metrix- vr*.

*Ergotec.*

El Dr. Enrique de la Vega creó la base del método *Ergotec* de un método realizado por the Joyce design institute training team en 1992, la evaluación ergonómica de este método se hace con una lista de control para la recogida y evaluación de datos. La lista contiene preguntas sólo significativas. Los posibles resultados de esta evaluación son los trabajos clasificados como de bajo, medio o alto riesgo. El primer estudio se realiza en la zona del contenedor donde se encuentran las piezas debajo de la cintura del operador y esto hace que cada operador tiene que doblar demasiado y por lo tanto provoca el dolor de espalda.

El operador tiene que encontrar la ubicación exacta de la carga de las piezas con las manos para depositarlas en el alimentador de la máquina y el peso de las piezas, los movimientos tienen que hacer para tomar los pedazos y ponerlos al transporte alimentador les causa dolor y muñecas cansadas.

*Plibel*

aunque se le llama un método, en realidad *Plibel* es una lista de verificación propuesta por Kemmlert (1995) para la identificación de los riesgos ergonómicos. La lista de verificación se formatea preguntas con respuestas sí y no áreas de detección con mayor probabilidad de riesgo de lesiones (DTA's `s) suma de respuestas sí se consideran mayor riesgo de lesiones en el grupo muscular dominante. La lista de verificación se diseñó de manera que las preguntas ordinariamente verificadas en el puesto de trabajo de evaluación de riesgos ergonómicos, se enumeran y se fija a 5 correspondiente a las regiones del cuerpo (cuello, espalda, extremidades superiores, los pies, las rodillas, los muslos y la parte inferior de la espalda). La lista consta de preguntas con respecto a trabajar una mala postura, un mal diseño de herramientas o el lugar de trabajo o los factores de

estrés de la organización y las condiciones ambientales. En criterio Plibel no hay duración de la actividad.

#### *Rula.*

Mcatamney y Corlett (1993) presentan un método conocido como rula (evaluación rápida extremidades superiores). Este método fue desarrollado para investigar los factores de riesgo asociados a los trastornos de las extremidades superiores. Este sistema para la revisión de las posiciones en las condiciones que generan la fatiga de trabajo, debido a que el procedimiento prevé la determinación de los ángulos entre las partes del cuerpo, el primer paso es la observación él se apoyó en fotografías. El resultado se determina por las puntuaciones de relación también desarrollados teniendo en cuenta el tipo de la fuerza aplicada y la actividad muscular, de la que surgirán las recomendaciones pertinentes especificados por el nivel de riesgo.

#### FCD

El Método FCD (Fuerza de Compresión del Disco), es un modelo biomecánico presentado por Chaffin y Anderson (1984), y se utiliza para determinar la fuerza de compresión del disco de unión lumbo sacral (L5/S1), durante una tarea de levantamiento; NIOSH (1994) indica que cuando se excede de 250 kgs. para mujeres y 350 kgs. para hombres; incide en las lesiones de la parte baja de la espalda, extremidades superiores y del tronco. Es muy útil para evaluar levantamientos esporádicos durante el turno normal de trabajo.

#### NIOSH

Realiza un análisis completo del trabajo para identificar y catalogar cada tarea de levantamiento, estimando el nivel de esfuerzo físico asociado con cada tarea del levantamiento manual; considerando masa y tamaño del objeto, sujetándolo con las dos manos al moverlo verticalmente sin asistencia mecánica, la frecuencia de levantamiento y el tipo de agarre.

#### *Antropometría*

Es considerada como la ciencia que estudia específicamente las medidas del cuerpo humano, con el fin de establecer las diferencias entre individuos o grupos. Las dimensiones del cuerpo humano varían según la edad, el sexo, la raza e incluso el grupo de trabajo. Un ejemplo clave es la diferencia

de altura media entre los países y las variaciones dentro de los mismos grupos de considerar un estudio de las dimensiones del cuerpo humano debe ser clasificado en dos tipos principales: estructurales y funcionales.

#### *Condiciones ambientales.*

El lugar de trabajo, máquinas, disposición con el entorno, interacción con otros operadores y la forma de operar afecta significativamente su rendimiento y sus sentimientos de comodidad. Sin embargo, estas condiciones ambientales son "visibles", el operador puede ver y afectan en términos que limitan sus acciones, su juicio y sus percepciones inmediatas. Pero hay aspectos menos tangibles en el medio ambiente, incluyen la iluminación, el manejo del montacargas y la temperatura.

#### *Ruido.*

El nivel de sonido a lo largo del día es variable, a partir del análisis con el medio físico y el medio ambiente como una sección de manejo del montacargas, podemos ver que la intensidad a la que están sujetos los operadores va más allá de los límites emiten sonido, además de la bocina. A pesar de usar tapones durante el manejo del montacargas están expuestos a ruidos perjudiciales para su salud.

### **Resultados**

*Ruido:* El trabajador está expuesto a 88,5 dba por un período de 5 a 6 horas a 100 dba durante 2 horas (datos proporcionados por el departamento de higiene y seguridad).

El clima tiene una temperatura de 27<sup>0</sup> C con una humedad del 36<sup>0</sup>C, y los dispositivos de ventilación no regulan adecuadamente los límites de exposición, lo cual dificulta la transpiración; además la ropa de los trabajadores no es la adecuada, debido a que incrementa la sensación de calor.

Finalmente, los resultados obtenidos destacan brazos y muñecas, algunas personas expresaron sus quejas de dolor en sus manos.

El resultado de ERGOTEC= 75% >lo cual implica un Alto Riesgo.

Cuando se aumenta la actividad física, la demanda de energía muscular también aumenta y el cuerpo responde incrementando la frecuencia cardiaca y respiratoria. La Figura 4 muestra los resultados del método Rula.

## RULA

	1	2	3	4	5	6	7+
1	1	2	3	3	4	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6
4	3	3	3	4	5	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
8+	5	5	6	7	7	7	7

Análisis de brazo y muñeca
8

Análisis de cuello, torso y piernas
9

Puntuación Final de la evaluación
7






CONCLUSIONES
Investigación y cambio inmediato. Esta operación tiene una probabilidad de riesgo alta y requiere implementar el proceso e implementar un cambio

Figura 4.- Resultados RULA= 90%> Alto Riesgo.

Los valores obtenidos por el método Plibel se observan en la Figura 5.

## PLIBEL

PUNTUACIONES

				
Cuello, hombro y parte alta de la espalda	Codos y Antebrazos	Pies	Rodillas y caderas	Espalda baja
7 27%	6 67%	2 25%	0 0%	11 52%

Total de sí's es de 26 mientras mas sí's se obtengan mas riesgo es el trabajo debe tratar de disminuir el número de Sí's en su trabajo para evitar lesiones

Figura 5.- Resultados PLIBEL= 67% > Alto Riesgo.

Los valores obtenidos por el método NIOSH se observan en la Figura 6.

### NIOSH

Variables	
Peso medio del objeto:	<b>20.5Kg</b>
Peso máximo del objeto:	<b>21Kg</b>
Localización de las manos origen, donde mediremos la distancia horizontal	<b>30 cm</b>
Localización de las manos origen, donde mediremos la distancia vertical:	<b>120 cm</b>
Localización de las manos destino, donde mediremos la distancia horizontal	<b>28 cm</b>
Localización de las manos destino, donde mediremos la distancia vertical:	<b>112 cm</b>
Distancia del trayecto vertical (D):	<b>8 cm</b>
Angulo de asimetría origen:	<b>105°</b>
Angulo de asimetría destino:	<b>96°</b>
Frecuencia de Levantamiento:	<b>0.33 min</b>
Duración del levantamiento:	<b>CORTA</b>
Tipo de Agarre:	<b>MEDIANO</b>
Control Significativo:	<b>SIGNIFICATIVO</b>

Dándonos como resultado:

Conclusión: Estudiar el puesto de trabajo y realizar las modificaciones pertinentes  
 ILC: 1.67

Figura 6.- Resultados del método NIOSH= 76% > Alto Riesgo.

Los valores obtenidos por el método NIOSH se observan en la Figura 7.

### FUERZA DE COMPRESION DE DISCOS (FCD)

DATOS DE LA PERSONA		
Peso de la persona	51	kg
Estatura de la persona	1.55	m

DATOS DE LA TAREA		
Peso del Objeto		
Angulo Vertical del tronco	21.5	kg
Angulo Vertical del brazo	20	grados
Angulo Vertical del antebrazo	45	grados
	79	grados

Fuerza de compresión de discos	365.33	kg
--------------------------------	--------	----

**El levantamiento es riesgoso para el obrero**

Figura 7.- Resultados del método FCD= 89% > Alto Riesgo.

Se consideraron los métodos FCD porque aplica para levantamientos manuales que realiza el operador a lo largo del turno, algunos son de forma esporádica con objetos pesados y el NIOSH, por los objetos no tan pesados pero de movimiento más frecuente que debe levantar y acomodar previamente para transportarlos.

## **DISCUSIÓN**

Al evaluar nuestro procedimiento a través de Métodos Ergonómicos, se identificaron los factores de riesgo presentes en el montacargas, con base en los resultados se recomienda cambios en el procedimiento que se adapte a necesidades físicas de los trabajadores, es decir que sea ergonómico.

A continuación se sugieren algunas medidas para brindar oportunidades de mejora en el proceso:

Se detecta un esfuerzo mayor a cargar debido a que las mesas de entrega, tienen una altura mayor del alcance del operario, por lo que se recomienda adaptar ergonómicamente dichas mesas o ajustar el nivel del piso con una plataforma, para evitar ese levantamiento innecesario.

La Norma Oficial Mexicana (NOM) número NOM-011-STPS-2001, establece las condiciones de Seguridad e Higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido, con un rango aceptable de 85 dba a 90 dba para un turno de ocho horas; en el estudio se obtuvieron entre 88.5 dba y 100 dba, originado por la operación de las prensas y la salida del aire comprimido a baja presión de la misma; lo que representa un riesgo para el oído del trabajador.

Se sugiere que al reclutar al personal, se consideren las características físicas; ( edad, peso, género y estatura), debido a que en el estudio se destacó que las persona, tenían un desgaste mayor debido a su talla y peso. Con base en las metodologías antes realizadas los riesgos se muestran en la Tabla 1.



Tabla 1. Resultado de la aplicación de Métodos Ergonómicos.

METODOLOGIA	NIVEL DE RIESGO	DTA'S POTENCIALES
ERGOTEC	Alto	Síndrome de vibración
		Degeneración de los Discos
		Tensión y torcedura de cuello y espalda
		Lumbar estenosis
		Hernia de disco
		Lumbalgia
RULA	Alto	Tendinitis
		Síndrome de vibración
		Degeneración de los Discos
		Tensión y torcedura de cuello y espalda
		Lumbar estenosis
		Hernia de disco
PLIEBEL	Alto	Lumbalgia
		Tendinitis
		Degeneración de los Discos
		Tensión y torcedura de cuello y espalda
		Lumbar estenosis
		hernia de disco
NIOSH	Alto	Lumbalgia
		Tendinitis
		Bursitis
		Tendinitis
		Tendonitis Manguito
		Rotador
		Tendinitis
		Degeneración de los Discos
		Tensión y torcedura de cuello y espalda
		Lumbar estenosis
hernia de disco		
FUERZA DE COMPRESION DE DISCOS	Alto	Lumbalgia
		Hernia de disco
		Lumbar estenosis
		Degeneración de los Discos

Con base en estos resultados, el riesgo es de adquirir enfermedades por DTA se desglosan en la Figura 8.

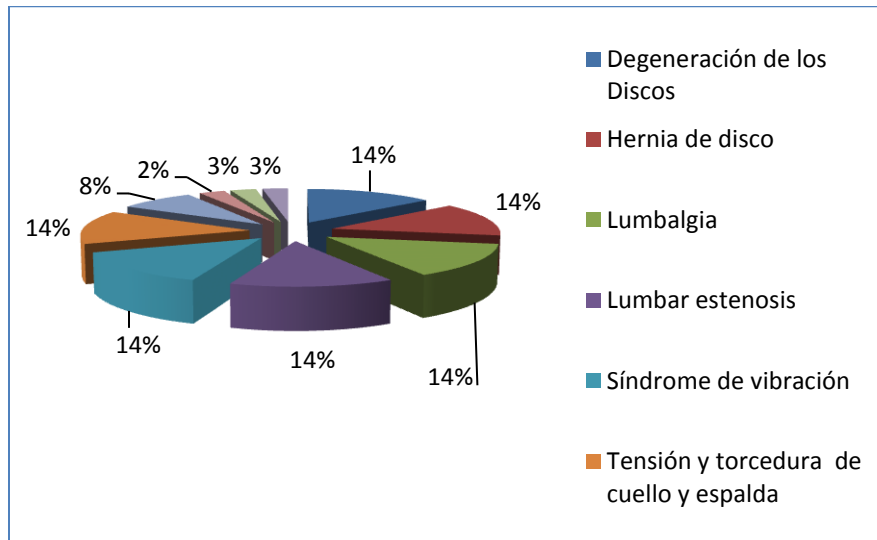


Figura 8. Resultado de la aplicación de Métodos ergonómicos.

Se identifica una alta exposición a vibraciones, en primer lugar, por los periodos de trabajo: 80% de la jornada de trabajo operando el montacargas; en segunda instancia, por el estado de los montacargas, especialmente por los problemas funcionales y en general por el estado técnico operativo (pérdida de la capa de amortiguación en neumáticos).

La conducción del montacargas está relacionada con tareas de gestión de bodega, específicamente en la movilización de producto. Aquí, el principal riesgo de problemas de columna se encuentra asociado a la exposición a vibración y al mantenimiento prolongado de postura sedente. La intensidad de la exposición depende de dos factores externos: en primer lugar, el estado de los neumáticos y de los pisos. En segunda instancia, la postura de trabajo adoptada (exigencias de conducción y posición de cabeza, espalda y cuello) depende de los niveles de almacenamiento de las estibas (entre nivel del piso y 9 m, aproximadamente); según el nivel se presentan diversas limitaciones en cuanto a visibilidad y campo visual disponible, también se vinculan a presencia de elementos de ayuda (especialmente en la conducción en reversa).

Con base a los DTA's identificados se hacen las siguientes recomendaciones:

- Mantener una postura correcta cuando se esté sentado ó de pie.
- Hacer ejercicio de forma regular (con ejercicios de estiramiento adecuados antes de empezar).
- Mantener un peso saludable.
- Reducir el estrés emocional, que puede producir tensión muscular.
- Usar diariamente los equipos de seguridad e higiene necesarios (zapatos de seguridad, cofia, cubre bocas y mandil), esto con el fin de salvaguardar la integridad física del empleado y la higiene del producto final.

Este estudio permitió evidenciar la importancia de comprender las variables que determinan la actividad productiva del montacarguista, para integrar, posteriormente, estos elementos al diseño de estrategias de prevención y de tareas.

## Referencias

Aguirre, M.C. y Martín, G.J.A. (2008). Investigación de fatiga en el entorno laboral de los pilotos mexicanos. II Encuentro de seguridad Aérea CPAM 2006.

Cañas José Ergonomía en los sistemas de trabajo [Libro]. - Granada : UGT, 2011. - Vol. I.

Melo José Luis Ergonomía práctica [Libro]. - Granada, España : Mapfre, 2009.

Mondelo Pedro R, Torada Enrique Gregori y Barrau Pedro Pedro R. Mondelo, Enrique Gregori Torada, Pedro Barrau Bombardó [Libro]. - Cataluña, España. : UPC, 2005.

Oborne David Ergonomía en acción: la adaptación del medio de trabajo al hombre [Libro]. - México : TRILLAS, 2005.

Ramirez Cesar Ergonomía y Productividad [Libro]. - México: LIMUSA, 2009.

Saavedra Francisco Javier, Hernández Carmen y Mascato Adrián Maestro Saavedra, Francisco Javier (1) [Publicación periódica]. - Coruña, España : Fistera, 2009. - I : Vol. I.

## Capítulo IV. EVALUACIÓN ERGONÓMICA DE PUESTOS DE TRABAJO EN FÁBRICA DE MUEBLES DE MADERA

### ERGONOMICS ASSESSMENT OF WORKPLACES IN A WOODEN FURNITURE FACTORY

Diana Torres Gastélum<sup>1</sup>, Dr. Rosalío Ávila Chaurand<sup>2</sup>;

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico de Sonora, <sup>2</sup>Universidad de Guadalajara Centro Universitario de Arquitectura, Arte y Diseño.

Email:diana\_gastelum@outlook.com

#### Resumen

Determinamos que la evaluación del puesto de trabajo dentro de los centros laborales ofrece ventajas que pueden reflejarse de muchas formas distintas: en la productividad y en la calidad, en la seguridad y en la salud, en la fiabilidad, en la satisfacción con el trabajo y en el desarrollo personal. La empresa CASE y Diseños ha percatado un cambio en la productividad y eficiencia de la empresa, el cual ha ido disminuyendo, y ha obtenido mayor ausencias de los trabajadores que años anteriores, por lo que decide aplicar una evaluación ergonómica a cada puesto de trabajo. El objetivo de este estudio es realizar un análisis de la situación ergonómica en la empresa CASE y Diseños que incluya las posiciones en los diferentes puestos de trabajo para la evaluación de cada uno de ellos así como las condiciones de seguridad, exigencias del puesto y organización del trabajo. Se recolectaron datos necesarios para el seguimiento de la metodología elegida, y después se hizo un análisis general de la empresa en lo referente a iluminación, ruido, y análisis de posturas. Con la información recopilada se desarrolló la evaluación ergonómica de los puestos más riesgosos que fueron, el cortador y el pulidor. Se concluyó que se necesitan cambios urgentes en la actividad de los puestos o un rediseño del puesto de trabajo o de las herramientas, para aumentar la eficiencia en el proceso y evitar la continuación de los trastornos musculoesqueléticos que presentan los trabajadores.

**Palabras clave:** trastornos musculoesqueléticos, metodología, rediseño, productividad.

#### Abstract

We determined that the assessment of the workplaces within the companies provides benefits that can be reflected in many different ways: on productivity and quality, safety and health, reliability, satisfaction of work and personal development. The company CASE and design has noticed a change in the productivity and efficiency of the company, which has been declining, and obtained greater worker absences than previous years, so they decided to apply an ergonomic assessment to each workplace. The aim of this study is to do an ergonomic assessment in the company with respect to positions in different workplaces for the evaluation of each, based on security conditions, requirements of the job, and work

organization. Data was collected for tracking of the methodology, and then was made a general analysis of the company's lighting, noise, and analysis of positions. With the information gathered, the assessment of riskier positions was developed, where cutter and polisher were riskier positions. It was concluded that urgent changes in the activity of the workplaces, or redesign the place or tools are needed to increase efficiency in the process and prevent the continuation of musculoskeletal disorders that present workers.

**Keywords:** Musculoskeletal disorders, methodology, redesign, productivity.

### Introducción

Según Bridger (2003), la Ergonomía es el estudio en la interacción entre las personas y las máquinas y los factores que afectan la interacción. La ergonomía ha sido un tema relevante en los últimos años, ya que esta surgió por la consecuencia del diseño y los problemas operacionales presentados por los avances tecnológicos en el último siglo. La IEA nos aclara que la alta tecnología puede hacer que nuestras vidas sean más eficientes y emocionantes, sin embargo, esta puede llevarnos a pasar por alto, riesgos de factores humanos. Descuidar estos riesgos puede tener graves trastornos musculoesqueléticos, principalmente por las malas posturas o cargas que pueden repercutir en la economía de la empresa. La figura 1 muestra la relación entre el número de lesiones y su costo de 1972-94 en los EE.UU. Las cifras no sólo aumentan en las lesiones en la espalda con más frecuencia que a cualquier otra parte del cuerpo, y la tasa del costo también es muy alta, especialmente en los últimos años. La manipulación manual ha sido conocida por ser una de las principales causas de lesiones en la espalda.

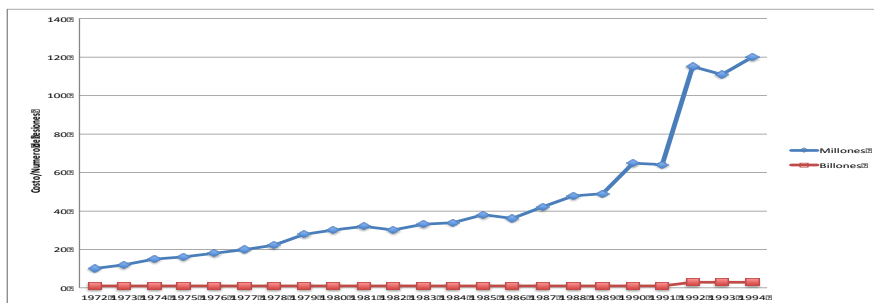


Figura 1. Número y costo de lesiones en el trabajo en EUA. Copilado por los datos publicados por el Consejo Nacional de Seguridad (1972-1994).

La empresa CASE y diseño adquiere la evaluación ergonómica de sus puestos de trabajo con el fin de identificar aquellos factores de riesgo que pueden ser encontrados en los trabajadores, y que estén causando la baja productividad y accidentes en sus respectivos puestos. A continuación se podrá observar el desarrollo de la Evaluación Ergonómica que se realizó en los puestos de trabajo y sus respectivas mejoras. La evaluación ergonómica deberá identificar todos los factores de riesgos que existan en los puestos y se podrá llegar a una conclusión de cómo eliminarlos. Por lo que la hipótesis a comprobar será: Aplicar la evaluación ergonómica para identificar todos los factores de riesgo, y se podrán eliminar los trastornos musculoesqueléticos aplicando mejoras en los puestos de trabajo.

### **Material y Métodos**

Primeramente se tuvo que elegir qué instrumentos o que técnicas se utilizarían para poder comenzar el análisis ergonómico, por lo que se decidió la observación directa de cada puesto de trabajo y la grabación de estos. Se eligió estas dos para poder tener una mejor precisión de cada movimiento o postura que tenga o realice el trabajador en la actividad.

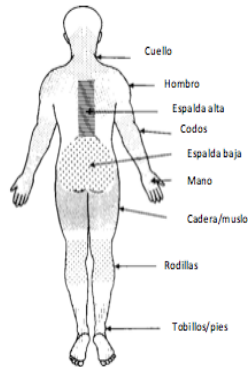
En general, ha habido tres aproximaciones en cuanto a las técnicas de observación de postura: a) la observación directa; b) la observación por fotografía, y c) la observación por medio de videotape. Se ha encontrado que la tercera proporciona mejores posibilidades de objetividad (Genaidy et al., 1994).

Fueron evaluados todos los puestos de trabajo para poder priorizar que puestos tendrían un mayor riesgo de trastornos musculoesqueléticos. De igual manera se realizó un estudio de los factores ergonómicos ambientales para localizar que puesto de trabajo se encontraba en riesgos de ruido o de baja/alta iluminación.

Para continuar con la evaluación, se aplicó a los trabajadores, el 'Cuestionario Nórdico de Kuorinka' (Ver figura 2. Cuestionario Nórdico de Kuorinka aplicado a CASE y Diseños) el cual es un cuestionario estandarizado para la detección y análisis de síntomas músculo-esqueléticos.

## Cuestionario de Molestias Musculo-Esqueléticas

(Kuorinka, Jonsson, Kilbom, Vinterberg, Biering-Sorensen, Andersson & Jorgensen, 1987)  
Traducción: Dra. Elvia Luz González Muñoz



Folio: Cortadora

### MOLESTIAS MUSCULO-ESQUELÉTICAS

Por favor conteste poniendo una cruz sobre su respuesta. Conteste cada pregunta, aun si nunca ha tenido molestias en alguna parte del cuerpo.

Alguna vez en los últimos 12 meses ha padecido dolor o molestias en:	Conteste en aquellas zonas en las que ha tenido molestias			
	¿Alguna vez en los últimos 12 meses ha evitado hacer su trabajo en casa o fuera de casa debido a la molestia?		¿Ha tenido molestia alguna vez en los últimos 7 días?	
<b>Cuello</b> 1. <del>No</del> 2. Si	1. No	2. Si	1. No	2. Si
<b>Hombros</b> 1. <del>No</del> 2. Si, en el derecho 3. Si, en el izquierdo 4. Si, en ambos	1. No	2. Si	1. No	2. Si
<b>Codos</b> 1. <del>No</del> 2. Si, en el derecho 3. Si, en el izquierdo 4. Si, en ambos	1. No	2. Si	1. No	2. Si

Figura 2. Cuestionario Nórdico de Kuorinka aplicado a CASE y Diseños.

Al obtener los puestos con riesgo más relevantes a evaluar, que fueron el pulidor y el cortador, se prosiguió a la evaluación ergonómica; se realizaron ciertos pasos importantes para su desarrollo y se tomó video para captar paso a paso los movimientos naturales del cuerpo del trabajador y así medir con precisión el tiempo de las actividades. Los pasos realizados fueron:

1. Descripción del puesto de trabajo.
2. Identificación de factores de riesgo de trabajo (mediante checklist).
3. Evaluación Ergonómica (mediante técnicas o herramientas de evaluación).
4. Alternativas de Soluciones.

En las Evaluaciones ergonómicas se aplicaron los métodos RULA, OWAS y NIOSH, donde se pudo observar los riesgos de salud que tenía el trabajador. El más relevante de los

problemas fue el de riesgos en la espalda. El riesgo de desarrollar un problema lumbar aumenta con la edad ya que los discos se hacen progresivamente menos resistente y susceptible a la enfermedad degenerativa del disco, permitiendo que el disco se abulte en el canal espinal, sin embargo, por lo general, los trabajadores son jóvenes, por lo cual, estos pueden sentir que la espalda resiste aún más por sus condiciones respecto a la edad, pero esto no evita que con el paso del tiempo vaya degenerando su columna vertebral, y generando tensión. Esto fuerza el disco intervertebral hacia atrás, presionando contra la médula espinal; estos pueden presentar graves problemas vertebrales.

La figura 3 muestra cómo la flexión hacia adelante estira los músculos y ligamentos y aumenta su estructura ósea.

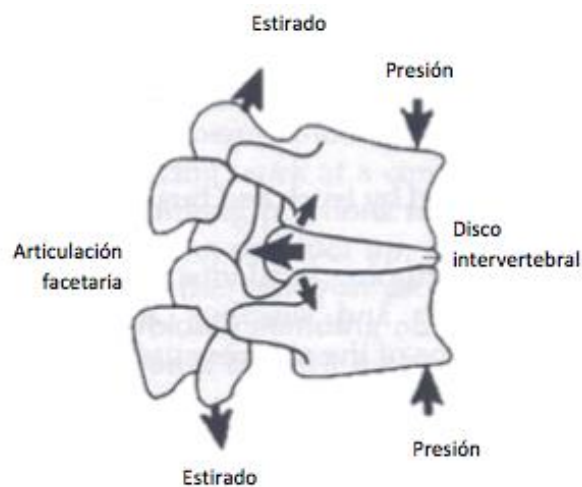


Figura 3. Ilustración de la presión en un disco intervertebral hacia delante.

## Resultados

Se llevó a cabo una evaluación de iluminación en los diversos puestos de trabajo en la planta de la empresa CASE y Diseños, los cuales fueron analizados con un luxómetro. Los registros se muestran en la siguiente tabla 1.



Tabla 1. Resultados de luxes en CASE y Diseños.

Puesto	Luxes
Cortadora	191 lux
Pulidora	112 lux
Resanada	215 lux
Pulidor 2	164 lux
Maquinado	128 lux
Enchapado	125 lux
Maquinado en CNC	35 lux

Comparando los resultados anteriores con la norma oficial mexicana NOM-025-STPS-2008, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo, se puede percatar que todos los puestos de trabajo, excepto uno, tienen una mala iluminación, los cuales están afectando la salud del trabajador y la productividad, ya que su sistema circadiano no funcionara igual que las primeras horas que éste realiza su actividad, provocando cansancio y estrés.

También se realizó una evaluación de sonido en toda la planta en donde se consideraron ciertos puestos de trabajo, los cuales se evaluaron mediante un sonómetro (Tabla 2). Haciendo una comparación de los datos obtenidos en la empresa CASE y diseños sobre el sonido en los diferentes puestos de trabajo y según la exposición al ruido permitida de acuerdo a la Agencia de Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA), nos hemos percatado que no se están utilizando los decibeles adecuados ya que la medida permisible para una jornada laboral de 8 horas y en este tipo de máquinas y área es de 90dB, sin embargo llevando a cabo dicha evaluación se detectaron tres puestos de trabajo críticos.

Tabla 2 Resultados de decibeles en CASE y Diseños.

Puesto	Decibeles	
	Min.	Máx.
Cortadora	80.3	96.2
Pulidora	68.8	83.1
Resanada	68.8	71.9
Pulidor 2	80.2	87
Maquinado	77.6	96.5
Enchapado	81	85
Maquinado en CNC	82	98.6

Después de evaluar cada puesto de trabajo, resultó que el puesto de cortador y pulidor eran los más riesgos. Después se procedió a su evaluación ergonómica, donde primeramente al puesto del cortador se le identificaron los factores de riesgo con la ayuda del checklist (Figura 7), y después fue evaluado mediante dos métodos mencionados anteriormente, NIOSH y OWAS.

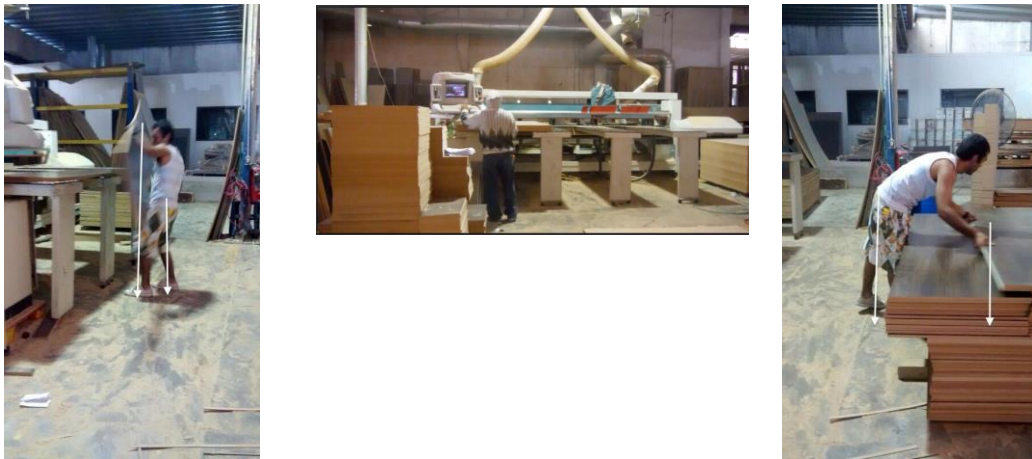


Figura 6. Posturas adoptadas.

#### Posturas Estresantes

- Inclinación de cuello y cabeza a 20 grados
- Espalda 90 grados con carga lejos del cuerpo
- Espalda con torsión más de 15 grados (asimetría ligera)
- Brazos levantados a más de 45 grados hacia arriba
- Levanta codos a más de 105 grados
- Muñeca doblada excesivamente hacia delante y excesivamente a los lados

#### Repeticiones

- Levanta y baja objeto más de 20 veces por hora (13 veces por ciclo= 195 por hora=1391 veces por jornada laboral)
- Ciclos de mano/brazo más de 240 veces por hora
- Empuja y jala más de 20 veces por hora

#### Duración

- Levanta y baja objeto en cada jornada más de 2 horas 72 segundos por ciclo=2.14 horas por jornada laboral)
- Ciclos de mano/brazo > 4 horas
- Empuja y jala objeto entre 1 y 2 horas (44 segundos por ciclo=1.30 hora por jornada laboral)

#### Carga sostenida

- Permanece de pie por más de 3 horas

#### Sobresfuerzos

- Peso de carga más de 16 kilogramos
- Esfuerzo pesado con mano-muñeca-brazo
- Empuja y jala objeto de más de 16 kilogramos

#### Medio ambiente

- Temperatura caliente
- Ruido excesivo
- Piso con obstáculos
- Falta de Iluminación

#### Opinión General

- Muy difícil de realizar y pesado

13 Cargas por ciclo

Ciclo de trabajo 1: 255 segundos

Ciclo de trabajo 2: 190 segundos

Ciclo de trabajo 3: 297 segundos

Ciclo de trabajo 4: 200 segundos

Promedio de Ciclo de trabajo: 235 segundos = 3 minutos 55 segundos

Jornada laboral (7 hrs)=107 ciclos de trabajo por jornada laboral= 15.31 ciclos/ hora

Figura 7. Identificación de riesgos ergonómicos.

- NIOSH

Se evaluó los tres tipos de carga (diferentes dimensiones de tablas) que realiza el trabajador durante la jornada laboral. En la tabla 1.4 podemos observar el peso límite recomendado, y en la A continuación se muestra los resultados del método y en la tabla 1.5 el índice de levantamiento, en el cual, las tres cargas resultaron ser riesgosas según la tabla de interpretación de NIOSH donde al ser mayor de 3, se considera una actividad de alto riesgo.

Tabla 3. Registro de variables.

No. Tarea	LCxHMxVMxDMxAMxCM	RWL	LCxHMxVMxDMxAMxCM	RWL
1	51x1x.78x1x.95x.42x1	15.87lbs	51x1x.78x1x1x.42x1	16.70lbs
2	51x.63x.85x1x.95x.42x1	10.8968	51x.91x.89x1x.95x.42x1	16.48lbs
3	51x1x.85x.91x.95x.42x1	15.739lbs	51x.43x.96x.91x1.42x1	8.0463lbs

Tabla 4. Determinación de RWL (peso límite recomendado).

No. Tarea	Peso del Objeto		Ubic. Manos (pulg)				Distancia	Angulo de Asimetría		Tasa de Frecuencia	Duración	Acoplamiento
	(libras)		Origen		Destino		Vertical	(grados)		Lev/min		
	X	Max	H <sub>o</sub>	V	H	V	D	Orig	Dest	F	C/M/L	B/R.M
1	44.1	55.12	3.54	63	7.87	59.05	3.94	15	0	7	2	Regular
2	44.1	55.12	16.5	47.2	11.81	43.3	3.94	15	15	7	2	Regular
3	44.1	55.12	9.44	47.2	58	27.55	50	15	0	7	2	Regular



Figura 8. Interpretación variables de Tarea 1.



Figura 9. Interpretación variables de Tarea 2.



Figura 10 Interpretación variables de Tarea 3.

Tabla 5. Determinación del Índice de Levantamiento.

No. Tarea	Origen	Destino
1	2,778	2.6407
2	5.0583	3.3446
3	2.8019	5.48077

- OWAS

En este método se tomaron 100 tomas a evaluar (tabla 6. Clasificación de las posiciones del cuerpo según su frecuencia relativa.) de las cuales los resultados fueron los siguientes:

Tabla 6. Clasificación de las posiciones del cuerpo según su frecuencia relativa.

N°	Espalda	Brazos	Piernas	Carga	Categoría	N°	Espalda	Brazos	Piernas	Carga	Categoría
1	4	1	4	1	4	51	2	1	2	1	2
2	1	1	3	1	1	52	1	3	7	2	1
3	1	1	2	1	1	53	1	3	5	1	2
4	3	3	2	2	1	54	2	1	4	1	3
5	1	3	7	2	1	55	1	3	7	2	1
6	1	2	3	2	1	56	4	1	5	1	4
7	3	1	2	1	1	57	1	1	3	1	1
8	1	3	7	2	1	58	1	1	2	1	1
9	1	3	3	2	1	59	2	1	7	1	3
10	4	1	3	1	2	60	1	1	2	1	1
11	1	3	7	2	1	61	4	1	7	1	2
12	1	3	2	2	1	62	4	1	2	1	2
13	4	1	3	1	2	63	2	1	7	1	3
14	1	3	7	2	1	64	3	2	2	1	1
15	1	3	2	2	1	65	1	2	7	1	1
16	4	1	3	1	2	66	1	3	7	2	1
17	1	3	7	2	1	67	1	3	7	2	1
18	3	3	2	2	1	68	2	1	4	1	3
19	4	1	2	1	2	69	3	2	4	2	4
20	1	3	7	2	1	70	3	2	7	2	1
21	3	3	5	2	4	71	1	3	2	1	1
22	4	1	2	1	2	72	2	1	3	1	2
23	3	2	2	1	1	73	1	2	2	1	1
24	1	3	2	1	1	74	1	3	7	1	1
25	3	2	3	1	1	75	3	3	2	1	1
26	1	2	2	1	1	76	4	1	3	1	2
27	2	1	7	1	3	77	1	3	7	2	1
28	1	2	2	1	1	78	3	3	2	2	1
29	4	1	7	1	2	79	2	1	3	1	2
30	3	1	4	1	3	80	1	2	2	1	1
31	1	3	3	1	1	81	3	1	7	1	1
32	4	1	5	1	4	82	1	2	2	1	1
33	4	1	4	1	4	83	4	1	5	1	4
34	4	1	4	1	4	84	1	3	2	1	1
35	3	2	2	1	1	85	4	1	4	1	4
36	3	1	3	1	1	86	1	2	5	1	2
37	1	1	7	1	1	87	1	3	7	1	1
38	4	1	3	1	2	88	2	2	2	2	2
39	2	1	5	1	3	89	1	3	2	2	1
40	3	1	2	1	1	90	4	1	2	1	2
41	2	1	3	1	2	91	4	1	4	2	4
42	4	1	7	1	2	92	2	1	4	1	3
43	1	3	7	2	1	93	4	1	3	1	2
44	3	3	5	2	4	94	2	1	5	1	3
45	4	1	3	1	2	95	1	1	2	1	1
46	4	1	3	1	2	96	1	1	2	1	1
47	3	3	3	2	3	97	2	1	7	1	3
48	4	1	2	1	2	98	3	1	2	1	1
49	1	3	7	2	1	99	2	1	4	1	3
50	3	3	2	2	1	100	1	1	2	1	1

Después estos fueron clasificados según su frecuencia en relación a sus posiciones, separando espalda, brazos y piernas (Tabla 7), y estas fueron después clasificadas según su código de postura que esto significa una categorización de riesgos, donde el 1 es menor riesgo y 4 mayor riesgo (tabla 8. Clasificación de las categorías de riesgo).

Tabla 1.7. Clasificación de las posiciones del cuerpo según su frecuencia relativa.

1	Espalda derecha	41
2	Espalda doblada	15
3	Espalda con giro	20
4	Espalda doblada con giro	24
1	Los dos brazos bajos	53
2	Un brazo bajo y el otro elevado	15
3	Los dos brazos elevados	32
1	Sentado	0
2	De pie	34
3	Sobre pierna recta	20
4	Sobre rodillas flexionadas	11
5	Sobre rodilla flexionada	9
6	Arrodillado	0
7	Andando	26

Tabla 1.8. Clasificación de las categorías de riesgo.

Clasificación de las Categorías de riesgo de los "codigos de postura"			
Categoría	1	53	
	2	24	
	3	13	23%
	4	10	
Total		100	

Finalmente, se procedió la evaluación ergonómica al puesto de trabajo del pulidor, donde se identificó los factores de riesgos (Figura 11. Identificación de riesgos ergonómicos del puesto de pulidor) y después se utilizó el método RULA para su evaluación de posturas.

<p>Posturas Estresantes</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Inclinación de cuello y cabeza a más de 20 grados</li><li>• Espalda 90 grados con carga lejos del cuerpo</li><li>• Espalda con torsión y flexionada</li><li>• Brazos levantados a más de 45 grados hacia arriba</li><li>• Levanta codos a más de 105 grados</li><li>• Muñeca doblada completamente hacia delante y atrás y excesivamente a los lados</li></ul> <p>Repeticiones</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Levanta y baja objeto &gt;20 por hora (4 veces por ciclo= 36 por hora=252 veces por jornada laboral)</li><li>• Ciclos de mano/brazo más de 240 veces por hora</li></ul> <p>Duración</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Levanta y baja objeto en cada jornada entre 15-30 minutos(8 segundos por ciclo=33.6 minutos por jornada laboral)</li><li>• Ciclos de mano/brazo &gt;4 horas por jornada laboral (5.75 horas por jornada laboral)</li></ul> <p>Carga sostenida</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Permanece incoado por más de 3 horas</li></ul> <p>Aplicación de fuerza</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Peso de carga de 1-2.5kg</li><li>• Esfuerzo con mano-muñeca entre medio y pesado</li></ul> <p>Herramientas</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Presión excesiva o concentrada en un área pequeña de mano/muñeca</li><li>• Fricción / acojinado adecuado</li><li>• Fuerza de la vibración excesiva</li></ul> <p>Medio ambiente</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Temperatura caliente</li><li>• Ruido excesivo</li><li>• Falta de Iluminación</li><li>•</li></ul> <p>Opinión General</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Muy difícil, pesado</li></ul> <p>Ciclo de trabajo 1: 360 segundos Ciclo de trabajo 2: 374 segundos Ciclo de trabajo 3: 352 segundos Ciclo de trabajo 4: 370 segundos Promedio de Ciclo de trabajo: 364 segundos = 6 minutos 4 segundos Jornada laboral (7 hrs)=69 ciclos de trabajo por jornada laboral= 9 ciclos/ hora</p>
---

Figura 11. Identificación de riesgos ergonómicos del puesto de pulidor.





Figura 12. Pulir lado derecho de mesa.



Figura 13. Pulir lado izquierdo mesa.

- RULA

Primero se observó el video repetitivamente para poder percatar las posturas más repetitivas y las más peligrosas, de las cuales se escogió una para evaluarla mediante el método RULA. (Figura 1.12). Con ayuda del goniómetro y datos recopilados anteriormente, se realizó la puntuación del grupo A y B de la postura seleccionada. Los resultados arrojados, se procesaron mediante una tabla, para obtener el resultado final.

Al aplicar el método RULA, se pudo percatar los resultados de la evaluación del puesto, los cuales fueron alarmantes, ya que en base a los resultados, se necesitará un cambio urgente en la tarea o un rediseño del puesto. El procedimiento fue realizado manualmente y por medio del software que ofrece Ergonautas, en donde se coincidió con las respuestas del nivel de actuación, donde se obtuvo un nivel 4, tanto para el lado derecho del cuerpo como el izquierdo (Figura 9. Tabla de resumen de resultados método RULA.)

Tabla 9. Tabla de resumen de resultados método RULA.

Zona corporal	Postura	Uso muscular	Fuerza	Puntuaciones C y D	Puntuación Total	Nivel de Actuación	
Grupo A	Derecho	5	0	0	5	7	4
	Izquierdo	6	0	0	6	7	4
Grupo B	6	0	0	6			

### Discusión

Para este estudio se planea ciertas recomendaciones para mejorar la salud del trabajador y aumentar la productividad en el trabajo y así generar más ganancias y evitar futuros accidentes que podrían causar grandes pérdidas a la empresa.

Algunas de las recomendaciones para el puesto del cortador son agregar una tarima de plástico de 12-20 cms, para que alcance con facilidad la computadora; Eliminar la acción de “carga” y en lugar de ésta, deslizarlas hacia el lado derecho de la cortadora, donde se pondrá un mueble con amortiguadores para que cuando se vaya colocando las tablas, se vaya bajando por los amortiguadores, hasta que este llegue al piso ( se llene), y el montacargas lo recoja y lo coloque en el almacén. Esta acción va a facilitar tanto al trabajador, como a la producción, ya que será más el rápido el flujo de producción y eficiente, no habrá tiempos muertos, y lo más importante es que la salud del trabajador ya no se verá amenazada por las cargas, evitando los problemas lumbares existentes en el trabajador. Además se planea disminuir la frecuencia de la tarea y su duración, o proporcionar periodos de recuperación más largos.

Para el puesto de pulidor se recomienda que lo que se llegue a pulir se ponga a una altura media de la altura del pulidor, y así este no necesite agacharse para realizar la actividad. Además se incluye que los aparatos pulidores estén pegados al techo, para tener una mayor eficiencia en el proceso. Por último se desea diseñar un modelo de pulidora en el cual se

adapte a la mano del pulidor, donde tenga una agarradera fácil de tomar y esté acojinado para eliminar los dolores en las muñecas.

Con respecto a los factores ambientales, se recomienda que estos se regulen en todos los puestos de trabajo, utilizando distintos tipos de lámpara, cambiando las de sodio o mercurio por iluminantes “blanco-azulados” (psicológicamente fríos) ya que son los más efectivos para el sistema circadiano, mientras los cálidos, como son los que tiene la empresa, suelen ser percibidos de manera distinta, causándoles efectos secundarios a los trabajadores. Además se procede a implementar controles de ingeniería para disminuir el ruido de la maquinaria.

### **Referencias**

- Ávila C. Rosalío. (2014). Métodos y Técnicas para el Análisis Ergonómico del Puesto de Trabajo. Curso-Taller.
- R. Bridger (2003). Introduction to Ergonomics. Editorial Taylor & Francis Group 2da Edición.
- McGlothin J., Battacharya A. (1993). *Occupational Ergonomics Theory and Applications*. Editorial Marcel Dekker INC, New York City.
- Mital A., Nicholson A.S. (1997). *Manual Materials Handlings*. Editorial Taylor & Francis. 2da Edición. Washington DC.
- Norma Oficial Mexicana (2001). NOM-011-STPS-2001, Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido. Obtenido el 17 de abril desde <http://www.stps.gob.mx/bp/secciones/dgsst/normatividad/normas/Nom-011.pdf>

Salvendy Gabriel. (2012). Handbook Human Factors and Ergonomics. 4<sup>ta</sup> Edición. Editorial John Wiley & Sons Inc, Hoboken. New Jersey

Adams, R.D. and Victor, M. (1981) Principles of Neurology. 2da Edición. McGraw-Hill, New York.

Kuorinka, B. Jonsson, A. Kilbom, H. (1987). Standardised Nordic questionnaires for the analysis of musculoskeletal symptoms. Applied Ergonomics.

Whiting C. William. (2008). Biomechanics of musculoskeletal injury. 2da Edición. United States of America.

Julio Lillo Jover (2013). Problemas visuales en el ámbito laboral. Obtenido el 7 de Julio en <http://www.lexnews.es/wp-content/uploads/2013/06/Ponencia-Julio-Lillo.pdf>.

Waters Thomas, Anderson Vern. (1994) Applications Manual for the revised NIOSH lifting equation. Public Health Service. Cincinnati Ohio.

---

# **Tópico**

# **Calidad**

---

## **Capítulo V. Desarrollo de la metodología de 8 Disciplinas para mejorar proceso productivo, verificado mediante estudio de R&R en una empresa del giro automotriz**

Yadira Daniela Caraveo García, Flor Coyolicatzin Vicente Pérez, Francisco Javier Soto Valenzuela, Luis Fernando Olachea Parra, Gary Alexander Castañeda Meza  
Departamento de Ingeniería Industrial, ITSON, Campus Guaymas  
Email: Yadira.caraveo@itson.edu.mx

### **Resumen**

El control y mejora de los procesos es un método de progreso continuo que se basa en la reducción sistemática de la variación de características que influyen en la calidad de los productos. El análisis se realiza de un conector para motor, cuyo proceso está formado por cuatro subensambles, un soldado ultrasónico y dos subensambles, inspección al 100% y empaque. El proceso se estaba comportando establemente, siendo así hasta que se presentó una situación irregular, al recibir la notificación de un cliente sobre un conector con dos cables del mismo color. El propósito de este trabajo es desarrollar la metodología de 8 Disciplinas, para prevenir una queja del cliente, mediante la implementación de un dispositivo que detecte errores, verificándolo mediante un estudio R&R. Entre los principales hallazgos cuenta con un equipo multidisciplinario para describir el problema el cual se identifica como cables invertidos o duplicados, como acción de contención se ha propuesto añadir temporalmente una inspección más en el plan de inspección de proceso, identificamos como causa raíz el proceso, ya que no cuenta con un sistema a prueba de error que asegure la correcta configuración de los cables, desarrollan acciones correctivas como la instalación de un conector con sensores para una correcta colocación, establece el flujo de una sola pieza y estandarizan las operaciones, rediseña la instrucción de trabajo y verifica en la etapa de acciones correctivas mediante un estudio R&R donde se obtienen porcentajes al 100% por lo que el dispositivo funciona en forma efectiva y es aceptado, se reconoce al equipo de trabajo por la mejora. Para toda empresa manufacturera es de vital importancia evitar las quejas de clientes, ya que establece como organización comprometida con la calidad y clientes.

### **Abstract**

Control and improvement of the process is a method of continuous improvement which is based the reducing systematic of characteristics variation that affect directly in the products quality. The analysis was made about a kind of engine connector. The process was working regular way until the company received a costumer complain about two cables with the same color. The goals of this work is to development the 8'D methodology to solve this problem and this way to warn futures complains, the target is going to be possible with the implementation of a device will be able to detect failures, validating it with R&R study. As a result of the containment action added a station more like final inspection, as a correction actions was installed a poka-yoke with sensors was established one piece flow and standardize operations was redesign the instructions work. The R&R study released excellent results therefore the device was accepted.

## Introducción

El concepto de calidad ha venido evolucionando desde sus orígenes en las organizaciones incrementando así objetivos y cambiando su orientación hacia la satisfacción plena del cliente, comenzando así una necesidad de controlar y de inspeccionar hasta convertirse en un elemento fundamental para la supervivencia de la empresa, Alcalde (2009).

Vilar (2005), señala que el control y mejora de los procesos con la utilización de herramientas estadísticas son un método de mejora continua de la calidad. La misión del control de calidad de la producción dentro una organización es detectar cuanto antes estos fallos, corregirlos y poner los medios necesarios para que no se vuelvan a presentar, es decir se trata de reajustar rápidamente un proceso inestable para convertirlo en estable; esta actividad deberá ser realizada por un pre análisis que indique factores y posibles causas que estén generando la problemática, Alcalde (2009).

El control y mejora de los procesos es un método de mejora continua de la calidad que se basa en la reducción sistemática de la variación de aquellas características que más influyen en la calidad de los productos o servicios. Las herramientas utilizadas para la reducción de la variación son fundamentalmente, el seguimiento, el control y la mejora de los procesos causantes de estas características.

Debido a esta conceptualización toda empresa debe trabajar utilizando un modelo de Sistema de gestión de calidad, que a su vez está siendo medido por un sistema de control estadístico de procesos.

El análisis que se muestra en este trabajo, se aplicó en la empresa TE Connectivity, ubicada dentro del parque industrial Bellavista de Empalme, Sonora. Esta empresa considerada líder global en componentes electrónicos de ingeniería, diseña, fabrica y comercializa productos en todas las industrias, desde productos electrónicos de consumo hasta el sector automotriz, aeroespacial y de redes de comunicación. Por más de 10 años TE se ha mantenido en la región como una empresa fuerte e importante para la comunidad, brindando un amplio número de empleos, TE Connectivity (2014).

Los procesos que se manejan en la empresa son dos en particular, el primero es el moldeo de componentes por medio de inyección de plástico y el segundo es el ensamble de componentes que constituyen cada uno de los números de parte que se realizan en la empresa. Algunos de los productos que se elaboran son: conectores para el sistema eléctrico o electrónico y conectores para maquinaria industrial pesada como tractores, aviones o barcos. TE Connectivity (2014).

La pieza que se estudiará en este proyecto es un conector para motor, que cuyo proceso está formado por cuatro subensambles, un soldado de proceso ultrasónico y dos subensambles mas, para posteriormente pasar por una inspección al 100 por ciento y el empaque.

Desde el inicio de la fabricación de esta familia de conectores, el proceso se había estado comportando establemente, siendo así hasta que se presentó una situación irregular, al recibir la notificación de un cliente sobre un conector con dos cables del mismo color. Buscando identificar la causa raíz del problema, se consultaron los reportes de scrap (desperdicio) de la línea de producción y llevando a cabo un estudio visual, se ha encontrado que anteriormente se fabricó material con cables duplicados, teniendo un promedio de 0.2 por ciento de incidentes como resultado.

Evaluando esta situación se tiene que en promedio dos de cada 10 piezas han salido con cables duplicados y se habían detectado de manera visual a tiempo pero la inspección y los controles no fueron suficientes ya que se recibieron inconformidades por parte del cliente.

La figura 1 muestra la representación de los datos obtenidos en el análisis realizado durante 10 días e indica la tendencia que llevan esos datos haciendo alusión a que seguirá sucediendo con mayor frecuencia, teniendo con esto mayor riesgo a que se empaquen piezas con cables invertidos o duplicados. Se requiere fortalecer el proceso de construcción del producto, en la parte del ensamble para asegurar que sea realizado correctamente.



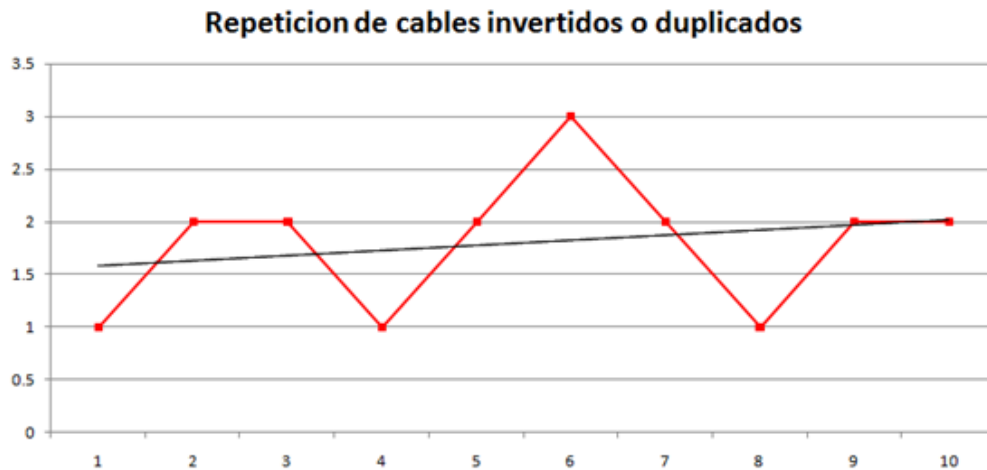


Figura 1. Estudio de repetición por cables invertidos o duplicados.  
Elaboración propia (2014).

El planteamiento del problema se deriva de la queja de cliente recibida, y se evalúa que el componente fabricado en la empresa, conformado por cuatro cables de diferentes colores en su configuración, y de acuerdo a la verificación de los datos históricos del proceso, está generando un alto riesgo de ensamblados invertidos. Por lo tanto, se genera la siguiente pregunta de investigación:

¿De qué manera se puede detectar a tiempo que se inviertan dos cables o se coloquen dos cables del mismo color en la pieza?

El propósito de este trabajo es desarrollar la metodología de 8 Disciplinas, para prevenir una queja del cliente, la familia de componentes este proceso analizado es la DTP04-4P-P05\*, de acuerdo a los requerimientos exigidos en el plan de control de dicha familia. De igual manera desarrollar un estudio R&R para evaluar la consistencia del dispositivo instalado.

### **Material y Métodos**

Algunos de los materiales utilizados para la elaboración de esta mejora fueron:

- Formato 8 D's

Se utilizará el formato que tiene la empresa para la resolución de problemas, el cual es oficial y es un documento controlado, que ha sido aceptado por el cliente y su diseño está basado en la metodología de las Ocho disciplinas que maneja Gutiérrez (2013) y Socconini (2008).

Gutiérrez (2013) señala que las D's están compuestas por los siguientes pasos: 1).- Formar el equipo adecuado al problema, 2).- Describir y delimitar el problema, 3).- Implementar una solución provisional a manera de contención, 4).- Encontrar la causa raíz, 5).- Implementar acciones correctivas efectivas, 6).- Implementar una solución permanente, 7).- Evitar que el problema se repita y 8).- Reconocer al equipo. Mientras tanto por otro lado Socconini (2008) hace mención a que las 8D's están conformadas por: 1).- Definir el problema, 2).- Formar el equipo, 3).- Describir el problema, 4).- Desarrollar acciones de contención, 5).- Definir la causa raíz, 6).- Desarrollar acciones correctivas, 7).- Desarrollar acciones preventivas, 8).- Reconocer el trabajo del equipo.

- Sensores de color

Como medida para prevenir la repetición de enviar una pieza defectuosa, se instalarán dispositivos que detectan el color de los cables para evitar que se ensamblen incorrectamente.

- Formato para estudios R&R

La empresa cuenta con formatos para los estudios de repetitividad y reproducibilidad, los cuales serán útiles para realizar los estudios de capacidad a los sensores con lo cual se determinará si serán lo suficientemente eficaces para detectar este tipo de errores.

- Software: Minitab v16.2.2

Para realizar el análisis estadístico será necesario apoyarse en un software especializado para este tipo de estudios, para lo cual se utilizará el programa Minitab v16.2.2, mismo con el que cuenta la empresa.

En cuanto a metodología respecta, el método a utilizar es el citado por Socconini (2008); en el cual señala que las 8 D's constituyen una metodología para resolver problemas de una manera sistemática y documentada mediante el registro de las acciones tomadas en una serie de 8 pasos que son desarrollados por un equipo multidisciplinario.

El procedimiento para implementar 8 D's consta de los siguientes pasos:

**1.- Definir el problema:** Para iniciar la solución del problema primero se debe estar seguro de cuál es el problema. La definición de un problema es simple y está compuesto de sujeto y predicado.

**2.- Formar el equipo:** El equipo formado debe contar con las siguientes características:

- Equipo de entre cuatro y cinco personas.
- Los integrantes deben tener conocimientos del producto y proceso. Los integrantes involucrados deben tener habilidades para trabajar en equipo.
- Los integrantes deben tener conocimientos complementarios sobre el tema del cual se deriva el problema.
- El equipo debe decidir el tiempo y los recursos necesarios para resolver el problema.
- En el equipo debe haber personas que tengan la autoridad para tomar decisiones.
- Se deben tomar en cuenta las capacidades de comunicación y liderazgo de los miembros.

Con la formación del equipo de trabajo también deben designarse roles de trabajo.

**3.- Describir el problema:** En este paso se establecen los límites del problema, organizando y recolectando datos en cuatro dimensiones:

1. Cuándo es el problema y cuándo no es.
2. Dónde está el problema y dónde no está.
3. Cómo sucede el problema y cómo no sucede.
4. Cuántos problemas se están generando o cuantos no.

**4.- Desarrollar acciones de contención:** Las acciones de contención se utilizan para evitar que los efectos del problema lleguen al cliente final o al siguiente eslabón de la cadena. Se busca contener el problema desde una perspectiva de costo, calidad y tiempo, así como ganar tiempo mientras se encuentra la causa raíz del problema.

**5.- Definir la causa raíz:** En esta sección se debe escribir el problema tal como se hizo en la definición inicial del mismo y a partir de ahí hacer una lluvia de ideas para encontrar la causa raíz en las diferentes alternativas de métodos, material, mano de obra y maquinaria.

Para establecer la causa raíz, es necesario identificar todas las causas posibles por las que apareció el problema y compararlas con la definición inicial y la descripción del problema.

**6.- Desarrollar acciones correctivas:** Este paso consiste en seleccionar las acciones que eliminarán definitivamente la causa raíz y verificará que realmente se tenga éxito en la solución del problema.

Como parte primordial de la corrección de la problemática se colocará un dispositivo Poka Yoke, la idea principal del diseño de un sistema, es detectar errores antes que se conviertan en defectos. No sólo se trata de crear dispositivos que auto verifiquen al 100 por ciento la calidad, es preciso atender la causa del error, de forma que se evite el error o por lo menos su impacto, López et al. (2014).

**7.- Desarrollar acciones preventivas:** Aquí se establecen acciones que eviten la reincidencia del problema así como la generación de efectos negativos. Durante la implementación de dichas acciones. También se asigna un responsable de esas acciones, la fecha de realización y se mantiene actualizado el estatus de cada acción preventiva.

Dentro de este punto de desarrollo de acciones preventivas se elaborará un estudio R&R, mismo que permite estimar de manera rápida la variabilidad con la que contribuye el proceso de medición; sin embargo con este estudio no es posible separar la repetitividad (instrumento) de la reproducibilidad (operadores) Gutiérrez y de la Vara (2013).

**8.-Reconocer el trabajo del equipo:** Este último paso es muy importante ya que se reconoce el logro alcanzado por el equipo.

## Resultados

Mediante la recolección de datos y el análisis de los mismos, se han obtenido información con los cuales será posible verificar la efectividad del proyecto sobre esta área de producción así como dar solución a la problemática y tener productos conformes.

**1.- Definir el problema:** Se tiene identificado la parte DTP04-4P-P05 con problemas de ensamble invertido o duplicados. Los datos históricos del proceso indican 0.02% de desperdicios, lo cual muestra que por cada diez piezas ensambladas se tienen dos con este modo de falla. La falta de control en el proceso de inspección generó que una de estas piezas no fue detectada y fue encontrada en los procesos del cliente, generando una queja o insatisfacción, que obliga a desarrollar un 8 Disciplinas como respuesta a este incumplimiento de calidad.

**2.- Formar el equipo:** El equipo de trabajo en este mejoramiento se encuentra conformado por el líder del área, el ingeniero de manufactura, el ingeniero de calidad, el técnico de calidad, y el operador del proceso de ensamble bajo este análisis.

Una vez completado el equipo se han dividido las actividades estableciendo fechas a cada una de ellas un tiempo determinado para su realización, lo cual se puede apreciar en la Tabla 1 y 2.

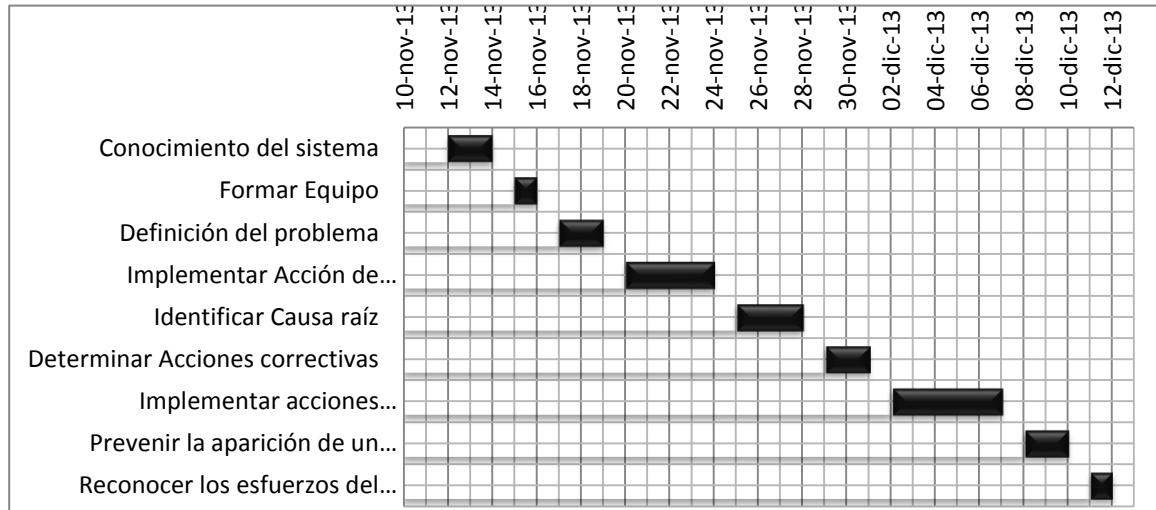
Tabla 1. Planeación de las actividades del equipo de trabajo.

Actividad	Fecha de Inicio	Duración de la actividad (en días)	Fecha de terminación
Conocimiento del sistema	12-nov-13	2	14-nov-13
Formar Equipo	15-nov-13	1	16-nov-13
Definición del problema	17-nov-13	2	19-nov-13
Implementar Acción de contención	20-nov-13	4	24-nov-13
Identificar Causa raíz	25-nov-13	3	28-nov-13
Determinar Acciones correctivas	29-nov-13	2	01-dic-13
Implementar acciones correctivas permanentes	02-dic-13	5	07-dic-13
Prevenir la aparición de un problema similar	08-dic-13	2	10-dic-13
Reconocer los esfuerzos del equipo	11-dic-13	1	12-dic-13

Elaboración propia (2014).

En la tabla anterior se aprecia cada una de las actividades que corresponde a la metodología de solución de problemas 8'D que el equipo realizará, las fechas en que se estiman realizar cada actividad, así como los inicios y su terminación. Con base en estos datos se elaboró una gráfica de Gantt para hacer más visual la estimación del período para realizar el proyecto.

Tabla 2. Diagrama de Gantt para las actividades a realizar.



Elaboración propia (2014).

**3.- Describir el problema:** El historial que tiene esta familia de conectores en sus corridas muestran evidencia de problemas de cables invertidos o duplicados en el proceso de ensamble. El proceso de ensamble queda a la habilidad del operador, ya que no tiene forma de asegurar la correcta colocación de los cables, además de que no desarrolla una secuencia de operación estándar.

**4.- Desarrollar acciones de contención:** Para evitar que se ensambles piezas con cables invertidos o duplicados se ha propuesto añadir temporalmente una inspección más, la cual estará fuera del proceso, como parte de la contención y reducir o eliminar el riesgo de que al cliente le llegue otra pieza defectuosa. Este proceso de inspección adicional fue autorizado por el líder del área y el ingeniero de calidad, establecido en el plan de inspección en proceso. Tal como se muestra en la figura siguiente.

6	PRUEBA DE CONTINUIDAD	(Ver Foto de Referencia)	Operador Proceso 2																														
		<p style="text-align: center;"><b>¡IMPORTANTE!</b></p> Verificar "Punto" de Prueba de Continuidad en Pieza (Ver Foto de Referencia) INICIO Prod.          FINAL Prod. <small>*Realizar Validación de Piezas 2 Veces X turno</small>	Calidad (500 Verificar)																														
7	INSPECCION Y EMPAQUE	N/P TYCO    DTP04-4P-P059 DTP RECP ASM Qty: 100 PZAS.	<b>INSPECCION FINAL</b>																														
			<table border="1"> <tr> <th colspan="2">PIEZAS DE VALIDACION:</th> <th>TIPO</th> <th>TIPO</th> <th>TIPO</th> <th>TIPO</th> </tr> <tr> <td>Posición Incorrecta de Alambres</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Alambre Duplicado</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Alambre Corto</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Pines Cortos</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	PIEZAS DE VALIDACION:		TIPO	TIPO	TIPO	TIPO	Posición Incorrecta de Alambres						Alambre Duplicado						Alambre Corto						Pines Cortos					
PIEZAS DE VALIDACION:		TIPO	TIPO	TIPO	TIPO																												
Posición Incorrecta de Alambres																																	
Alambre Duplicado																																	
Alambre Corto																																	
Pines Cortos																																	

Figura 2. Plan de inspección en proceso.

Fuente: Formato Interno de TE Connectivity 2013.

La figura anterior presenta el plan de inspección mismo que se caracteriza por definir parámetros clave y procedimientos de muestreo válidos así como la asignación de códigos de calidad o instrucciones de inspección. Sistemas, Aplicaciones y Productos (2014). La figura 2 se aprecia la inspección final que se añadió para contener los defectos antes de que los productos sean entregados al cliente.

**5.- Definir la causa raíz:** Con el apoyo del equipo se ha realizado una tormenta de ideas para buscar la causa raíz del problema. Se define que el proceso no tiene un sistema a prueba de error que asegure la correcta colocación de los cables y elimine el riesgo de que se inviertan o dupliquen. Es decir, el proceso está dado a la habilidad de operador y corre un gran riesgo de defectos cuando se coloca un operador que no es el titular del proceso. Se debe trabajar en implementar un proceso de prueba de error y eliminar este riesgo de defecto potencial, además de mejorar el proceso secuencial de ensamble.

**6.- Desarrollar acciones correctivas:** Durante el periodo de implementación del dispositivo a prueba de error para la detección del defecto, se han agregado cuatro sensores de color para detectar el color de cada cable y un seguro que sujeta la pieza hasta que los cables son colocados correctamente en el socket (conector), ver figura 3.

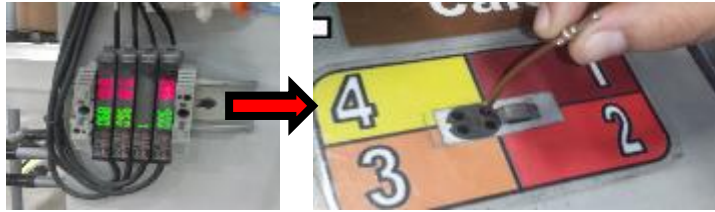


Figura 3. Sensores de color para el dispositivo.

Elaboración propia (2014).

Para complementar este proyecto se ha decidido implementar el flujo de una sola pieza, en el cual se establece que las operaciones se deben colocar de tal forma que el inicio del proceso debe estar cerca de la estación siguiente y así sucesivamente con el fin de evitar el transporte de las partes y eliminar el inventario en proceso, Villaseñor (2008).

Para asegurar el flujo de una sola pieza, se ha contemplado tener en los racks (contenedores) para colocar el material, solamente una pieza por estación, tal como se aprecia en la figura 4 siguiente.

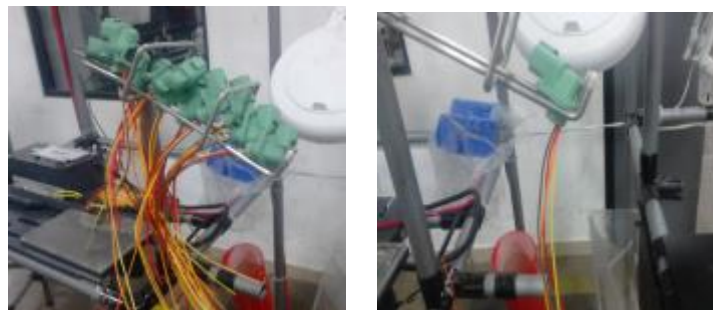


Figura 4. Cambio a la técnica flujo de una sola pieza.

Elaboración propia (2014).

En la figura 4 del lado izquierdo se aprecia el contenedor con piezas acumuladas ya que en la primera estación se contemplaba el tener 6 sub-ensambles antes de continuar a la siguiente, con la aplicación de la técnica se tiene sólo un sub-ensamble por estación como lo representa la imagen del lado derecho.

Con las acciones llevadas a cabo se ha determinado el tiempo de operación el cual se define como el tiempo necesario para una actividad, de la estación del ensamble 1 de estos productos, el cual era



anteriormente de 10 segundos para ensamblar los cables y colocarlos en posición utilizando la guía con una ayuda visual en la mesa, se ha reducido a 6 segundos equilibrando el tiempo de operación de la estación para el ensamble 2 posterior que es de 5 segundos, Caso (2003).

Para asegurar el entendimiento por parte del operador de la estación, se ha colocado referencias del dispositivo en las Instrucciones de Trabajo, las cuales son ayudas visuales donde se explican las actividades a realizar en cada una de las estaciones como se puede apreciar en la figura 5. Villaseñor (2008).

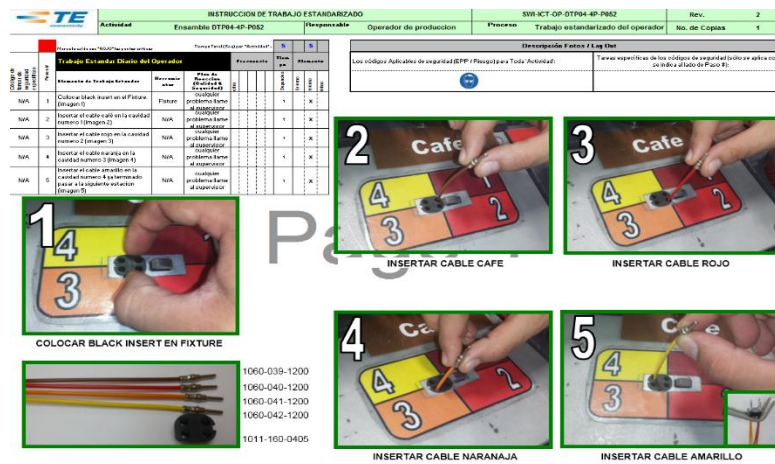


Figura 5. Instrucción de Trabajo.  
Formato Interno TE Connectivity (2014).

**7.- Desarrollar acciones preventivas:** Como parte de este proceso, y para asegurar la correcta implementación y uso del dispositivo, se realizó un estudio R&R. El proceso se desarrolló de la siguiente manera:

- Se han seleccionado 2 personas para que realicen el estudio.
- Se han hecho 10 piezas, buenas y malas, para utilizarlas en el estudio.
- Cada pieza que se hizo se ha marcado para verificar que el dispositivo trabaja adecuadamente.
- El lugar donde se realizó el estudio es en la estación donde se ensambla el componente.

El método que se usó es el mencionado por Hernández (2014), el cual se llevó a cabo de la siguiente manera:

- Se ha calibrado el equipo de medición.
- Se obtuvieron los primeros resultados con el primer operador.
- Se han obtenido los resultados del segundo operador.
- Cada operador realizó la actividad exitosamente.
- Los operadores han repetido la actividad 2 veces.
- Para realizar el estudio estadístico se ha utilizado un software especializado Minitab v.16.2.2 utilizando los resultados recabados en los puntos anteriores. El programa ha dado como resultado los mostrados en la Tabla 3.

Tabla 3. Resultados del estudio R&R mediante el uso del Software Minitab.

<p><b>Within Appraisers</b></p> <p>Assessment Agreement</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Appraiser</th> <th># Inspected</th> <th># Matched</th> <th>Percent</th> <th>95% CI</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F1</td> <td>20</td> <td>20</td> <td><b>100.00</b></td> <td>(86.09, 100.00)</td> </tr> <tr> <td>Y2</td> <td>20</td> <td>20</td> <td><b>100.00</b></td> <td>(86.09, 100.00)</td> </tr> </tbody> </table> <p># Matched: Appraiser agrees with him/herself across trials.</p> <p>Fleiss' Kappa Statistics</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Appraiser</th> <th>Response</th> <th>Kappa</th> <th>SE Kappa</th> <th>Z</th> <th>P(vs &gt; 0)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F1</td> <td>A</td> <td><b>1 0.129099</b></td> <td>7.74597</td> <td>0.0000</td> <td></td> </tr> <tr> <td>R</td> <td></td> <td><b>1 0.129099</b></td> <td>7.74597</td> <td>0.0000</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Y1</td> <td>A</td> <td><b>1 0.129099</b></td> <td>7.74597</td> <td>0.0000</td> <td></td> </tr> <tr> <td>R</td> <td></td> <td><b>1 0.129099</b></td> <td>7.74597</td> <td>0.0000</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p><b>Each Appraiser vs Standard</b></p> <p>Assessment Agreement</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Appraiser</th> <th># Inspected</th> <th># Matched</th> <th>Percent</th> <th>95% CI</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F1</td> <td>20</td> <td>20</td> <td><b>100.00</b></td> <td>(86.09, 100.00)</td> </tr> <tr> <td>Y2</td> <td>20</td> <td>20</td> <td><b>100.00</b></td> <td>(86.09, 100.00)</td> </tr> </tbody> </table> <p># Matched: Appraiser's assessment across trials agrees with the known standard.</p>					Appraiser	# Inspected	# Matched	Percent	95% CI	F1	20	20	<b>100.00</b>	(86.09, 100.00)	Y2	20	20	<b>100.00</b>	(86.09, 100.00)	Appraiser	Response	Kappa	SE Kappa	Z	P(vs > 0)	F1	A	<b>1 0.129099</b>	7.74597	0.0000		R		<b>1 0.129099</b>	7.74597	0.0000		Y1	A	<b>1 0.129099</b>	7.74597	0.0000		R		<b>1 0.129099</b>	7.74597	0.0000		Appraiser	# Inspected	# Matched	Percent	95% CI	F1	20	20	<b>100.00</b>	(86.09, 100.00)	Y2	20	20	<b>100.00</b>	(86.09, 100.00)	<p><b>Between Appraisers</b></p> <p>Assessment Agreement</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th># Inspected</th> <th># Matched</th> <th>Percent</th> <th>95% CI</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>20</td> <td>20</td> <td><b>100.00</b></td> <td>(86.09, 100.00)</td> </tr> </tbody> </table> <p># Matched: All appraisers' assessments agree with each other.</p> <p>Fleiss' Kappa Statistics</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Response</th> <th>Kappa</th> <th>SE Kappa</th> <th>Z</th> <th>P(vs &gt; 0)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>1 0.0577350</td> <td>17.3205</td> <td>0.0000</td> <td></td> </tr> <tr> <td>R</td> <td>1 0.0577350</td> <td>17.3205</td> <td>0.0000</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p><b>All Appraisers vs Standard</b></p> <p>Assessment Agreement</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th># Inspected</th> <th># Matched</th> <th>Percent</th> <th>95% CI</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>20</td> <td>20</td> <td><b>100.00</b></td> <td>(86.09, 100.00)</td> </tr> </tbody> </table> <p># Matched: All appraisers' assessments agree with the known standard.</p> <p>Fleiss' Kappa Statistics</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Response</th> <th>Kappa</th> <th>SE Kappa</th> <th>Z</th> <th>P(vs &gt; 0)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td><b>10.0912871</b></td> <td>10.9545</td> <td>0.0000</td> <td></td> </tr> <tr> <td>R</td> <td><b>10.0912871</b></td> <td>10.9545</td> <td>0.0000</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					# Inspected	# Matched	Percent	95% CI	20	20	<b>100.00</b>	(86.09, 100.00)	Response	Kappa	SE Kappa	Z	P(vs > 0)	A	1 0.0577350	17.3205	0.0000		R	1 0.0577350	17.3205	0.0000		# Inspected	# Matched	Percent	95% CI	20	20	<b>100.00</b>	(86.09, 100.00)	Response	Kappa	SE Kappa	Z	P(vs > 0)	A	<b>10.0912871</b>	10.9545	0.0000		R	<b>10.0912871</b>	10.9545	0.0000	
Appraiser	# Inspected	# Matched	Percent	95% CI																																																																																																															
F1	20	20	<b>100.00</b>	(86.09, 100.00)																																																																																																															
Y2	20	20	<b>100.00</b>	(86.09, 100.00)																																																																																																															
Appraiser	Response	Kappa	SE Kappa	Z	P(vs > 0)																																																																																																														
F1	A	<b>1 0.129099</b>	7.74597	0.0000																																																																																																															
R		<b>1 0.129099</b>	7.74597	0.0000																																																																																																															
Y1	A	<b>1 0.129099</b>	7.74597	0.0000																																																																																																															
R		<b>1 0.129099</b>	7.74597	0.0000																																																																																																															
Appraiser	# Inspected	# Matched	Percent	95% CI																																																																																																															
F1	20	20	<b>100.00</b>	(86.09, 100.00)																																																																																																															
Y2	20	20	<b>100.00</b>	(86.09, 100.00)																																																																																																															
# Inspected	# Matched	Percent	95% CI																																																																																																																
20	20	<b>100.00</b>	(86.09, 100.00)																																																																																																																
Response	Kappa	SE Kappa	Z	P(vs > 0)																																																																																																															
A	1 0.0577350	17.3205	0.0000																																																																																																																
R	1 0.0577350	17.3205	0.0000																																																																																																																
# Inspected	# Matched	Percent	95% CI																																																																																																																
20	20	<b>100.00</b>	(86.09, 100.00)																																																																																																																
Response	Kappa	SE Kappa	Z	P(vs > 0)																																																																																																															
A	<b>10.0912871</b>	10.9545	0.0000																																																																																																																
R	<b>10.0912871</b>	10.9545	0.0000																																																																																																																

Fuente: Elaboración propia (2014).

Los resultados muestran que el análisis de repetitividad y reproducibilidad al 100% por lo que el dispositivo funciona en forma efectiva y es aceptado. Por lo tanto, el dispositivo es confiable para operar y asegura que el operador coloque correctamente los ensambles y que este detectará cuando el operador realice un mal ensamble, indicándole el error para corregirlo.

**8.-Reconocer el trabajo del equipo:** Como punto final de los pasos para la resolución de problemas, se encuentra el reconocimiento y la gratitud al equipo por la participación y el éxito de la implementación de la mejora de la línea de producción, dando un pequeño convivio grupal celebrando dicho éxito. Reconociendo las actividades y responsabilidades del grupo, así como su disponibilidad para el mejoramiento del proceso y el compromiso con la empresa en mejorar día a día.

### **Discusión**

Para toda empresa manufacturera es de vital importancia evitar las quejas de clientes, pues el trabajo bien hecho habla por sí mismo de una organización comprometida con la calidad, y una pieza hecha con calidad es vital para el crecimiento de la empresa y para ganar nuevos clientes y mantener satisfechos a los actuales. Para poder realizar todo lo anterior es importante hacer más robustos los sistemas de producción para detectar y eliminar defectos, para ello es necesario implementar nuevas tecnologías como lo son dispositivos a prueba de error y sobre todo aplicar metodología de solución de problemas efectivos.

Importante buscar la reducción de costos en las empresas, los cuales fortalecen su competitividad. Reducir o eliminar defectos que generen insatisfacción con el cliente, sin duda fortalecen la buena relación y la comunicación para el trabajo en equipo. La validación de estos dispositivos aseguran el buen funcionamiento de los equipos y lo más importante, que la inversión es realmente rentable.

Una vez instalado el dispositivo se logró eliminar el modo de falla de cables invertidos y duplicados y por ende, eliminar el scrap (desperdicio) que este defecto provocaba. Se logró generar un sustento estadístico para asegurar que el dispositivo verdaderamente funciona y que el objetivo planteado al inicio del proyecto se ha cumplido. Es importante señalar que este tipo de mejoras deben ser proliferadas a otras áreas de la empresa por lo que se debe detectar los procesos que se encuentren bajo este riesgo y eliminar las probabilidades de defectos.

## Referencias

- Alcalde San Miguel, Calidad, edición 2009, Editorial Paraninfo S.A.
- Caso A. (2003). Sistemas de incentivos a la producción. Segunda Edición. Editorial fundación Confemetal. España.
- Gutiérrez (2013). Calidad Total y Productividad. Tercera Edición. Editorial Mc Graw-Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V. México.
- Gutiérrez y de la Vara (2013), Control Estadístico de la Calidad y seis sigma. Tercera Edición. Editorial Mc Graw-Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V. México.
- Hernández H. (2014). Procedimiento para realizar un estudio R&R. Recuperado el 16 de Febrero del 2014 en la página web: [http://www.icicm.com/files/R\\_R2.doc](http://www.icicm.com/files/R_R2.doc)
- López I., Iván S., Sánchez F., García G. (2014). Implementación del Método Anti errores: Poka Yoke. Recuperado el 22 de Mayo de 2014 en la página web: [http://www.edutecne.utn.edu.ar/coini\\_2013/trabajos/COA12\\_TC.pdf](http://www.edutecne.utn.edu.ar/coini_2013/trabajos/COA12_TC.pdf)
- Sistemas, Aplicaciones y Productos SAP (2014). Proceso de inspección. Recuperado el 21 de Enero de 2014 en la página web: [http://help.sap.com/saphelp\\_byd1308/es/ktp/Software-Components/01200615320100003379/WEKTRA\\_for\\_Work\\_Centers/SCM/Ess/ESS\\_QA/Ess\\_QA\\_InspectionProcess.html](http://help.sap.com/saphelp_byd1308/es/ktp/Software-Components/01200615320100003379/WEKTRA_for_Work_Centers/SCM/Ess/ESS_QA/Ess_QA_InspectionProcess.html)
- Socconini (2008). Lean Manufacturing Paso a paso. Norma Editores S.A. de C.V. México.
- TE Connectivity (2014). Historia de Tyco – ICT. Recuperado el 20 de Mayo de 2014 en la página web: (<http://www.ictprocurement.com/news/security/tyco-completes-acquisition-of-exacq-technologies.html>).
- Vilar B José F Control Estadístico de los Procesos, Edición 2005, Editorial Fundación Confemetal Madrid.
- Villaseñor A. (2008). Conceptos y reglas de Lean Manufacturing. Segunda Edición. Editorial Limusa S.A. de C.V. México.

## **Capítulo VI. Percepción de los servicios de áreas certificadas en ISO9001:2008 en ITSON Navojoa**

Yesenia Icela Gaxiola Pérez, Diana Raquel Gracia Coronado, Allen Cristóbal Mac Callum Niebla, Gilda María Martínez Solano y Humberto Aceves Gutiérrez  
Instituto Tecnológico de Sonora  
Unidad Navojoa  
yeseniagaxiolaperez@hotmail.com

### **Resumen**

El trabajo tiene como finalidad presentar la percepción de los servicios desde el punto de vista del usuario final de diferentes áreas que cuentan con un sistema de gestión de la calidad bajo el modelo internacional ISO 9001:2008 del Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON) Unidad Navojoa. La determinación de la satisfacción de los usuarios de los servicios de la institución específicamente del Programa Educativo de Ingeniería Industrial y de Sistemas, fue evaluada a través de un instrumento de 14 preguntas utilizando escala Likert y una de comentarios generales; dentro de las áreas evaluadas se encuentra registro escolar, laboratorios, servicios generales, biblioteca, además del área académica que aún no se cuenta con un sistema de gestión certificado. Basado en los resultados, desde la perspectiva de los alumnos se consideran áreas de oportunidad en diferentes áreas evaluadas principalmente en registro escolar, servicios de cómputo, laboratorios y cafetería.

**Palabras Claves:** Usuario final, Percepción, Sistemas de Gestión de la Calidad, Escala Likert.

### **Abstract**

This paper aims to present the perception of services from the point of view of the end user in different areas that have a quality management system under the international model ISO 9001:2008 of the Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON) Campus Navojoa. The satisfaction determination of the users of the services of the institution, specifically for the educational program of Industrial Engineering and systems, was evaluated through an instrument of 14 items using a Likert scale and another one of general comments; within the evaluated areas are school registration, general services, laboratories, library, and the academic areas that still do not have a certified management system. Based on the results, according to the perspective of students some areas of opportunity are to be considered in different evaluated departments of the institution, such as in school registration, computing services, laboratories and cafeteria.

**Keywords:** Perception, end-user, Likert scale, systems of quality management.

## **Introducción**

Las compañías más exitosas en la arena global basan sus estrategias de desarrollo en la atención de la calidad, además de la productividad y la competitividad de calidad por su papel detonador es el brazo de palanca para elevar la productividad y la competitividad, lo que coadyuva a que las firmas se afiancen como corporaciones sólidas y sus operaciones resulten rentables (Conacyt, 2010).

El sistema de gestión de calidad ISO-9000, diseñado por la Organización Internacional de Normalización (ISO) es reconocido como una de las mejores prácticas de gestión de la calidad en las empresas. Las normas ISO-9000 se han convertido en un esquema globalmente reconocido para demostrar a priori, ante cualquier interesado, la confiabilidad de los bienes y servicios que ofrece un establecimiento productivo (Conacyt, 2009).

Ahora bien, este sistema de gestión de la calidad ofrece a las organizaciones un modelo estructurado de gestión con un enfoque claro hacia la mejora y satisfacción de sus clientes, este procedimiento auxilia a las corporaciones a lograr el cumplimiento de sus objetivos. Este sistema cuenta con reconocimiento universal y emplea como plataforma normas específicas que utilizadas de forma adecuada contribuyen a la fortaleza de las tareas de la calidad en las firmas productoras de bienes y servicios (Conacyt, 2009).

Existen pocos estudios que investiguen acerca de cómo ha impactado la norma ISO en el sector educativo, cual ha sido el comportamiento de la organización, si ha afectado su cultura organizacional, si ha mejorado la interacción de los directivos con los trabajadores y con los docentes, si las instituciones educativas son eficaces y eficientes en el manejo de recursos administrativos, humanos, financieros y de servicio, ha sido benéfico la integración de equipos de trabajo para el logro de objetivos y metas fijados por la norma, además de lo administrativo como ha impactado en la enseñanza de los alumnos, ha mejorado la calidad de la enseñanza hacia el alumno, si ha eficientado su proceso de aprendizaje y de los servicios que se le ofrecen (Torres, O. & Abreo, J. 2011).

La gestión de la calidad se inserta en la cultura de las organizaciones como un nuevo paradigma cuyos últimos avances se enfocan en la gestión total de la calidad y el aseguramiento del cumplimiento de los requisitos de las partes interesadas. Este movimiento se aplica originalmente en las empresas industriales, respondiendo a las necesidades de la estandarización derivadas del proceso de globalización imperante en el mundo de los negocios. A medida que se difunden sus prácticas y beneficios asociados, los modelos que integran este concepto se introducen lentamente en las áreas de servicios públicos y privados.

El concepto de aseguramiento de la calidad originalmente se basaba en un conjunto de acciones que se planificaban de manera sistemática para dar conformidad a la producción de bienes a través de un sistema de auditorías internas y externa (Fantova, 2005). Un concepto más amplio, expresado en la norma ISO 9000:2005, considera al aseguramiento como un conjunto de acciones para proporcionar confianza de que un producto satisface los requisitos establecidos, lo que implica una serie de actividades que superan las inherentes a una auditoría.

Desde la perspectiva de la educación se tienen diferentes objetivos de calidad, que se pueden organizar en tres grandes grupos: (1) sistemas de gestión de calidad enfocado en el aseguramiento de los procesos administrativos y educativos, (2) sistemas referidos a las organizaciones y los centros educativos y (3) sistemas que se refieren a las personas, a los aprendizajes y a las competencias que ellas logran. En diversas situaciones se refiere a la calidad educativa en cualquiera de las acepciones sin especificarlo, con el riesgo de reducir la calidad educativa a una de sus dimensiones (Lasida et al, 2008).

En ITSON Unidad Navojoa se tienen diversas áreas certificadas, por mencionar algunos; biblioteca, registro escolar, vinculación y servicios audiovisuales. No obstante, en algunas áreas de servicio no existe la evidencia objetiva de la documentación de registros. Este estudio se llevó a cabo con los alumnos del Programa Educativo de Ingeniería Industrial y de Sistemas, aplicando la encuesta a el 10% de su matrícula (tamaño de muestra: 42 alumnos), se evaluaron tanto las áreas de servicios que tienen procesos certificados, como las áreas no certificadas contempladas para alinearse al sistema de gestión de calidad.

Propósito del trabajo

Evaluar la percepción de los alumnos de ingeniería industrial con respecto a los servicios en áreas certificadas y no certificadas pero que buscan alinearse a la norma ISO 9001:2008 en ITSON Unidad Navojoa, mediante la aplicación de un instrumento de evaluación.

### **Metodología**

Para el desarrollo de este trabajo se ha realizado una encuesta tipo Likert (método de evaluaciones sumarias) tomando una muestra del 10% al azar de la totalidad de los alumnos de la carrera de Ingeniería Industrial y de Sistemas del ITSON, Unidad Navojoa, con la finalidad de conocer su percepción de los servicios en las áreas certificadas y no certificadas por la norma ISO 9001:2008, así también, este estudio es un requerimiento del Consejo de Acreditación de la Enseñanza en Ingeniería, A. C., (CACEI).

El primer paso consistió en elaborar una serie de preguntas relacionadas al objeto de estudio. Para la recolección de datos se determinó la utilización de la escala tipo Likert con las siguientes alternativas:

1. Muy insatisfecho
2. Insatisfecho
3. Poco insatisfecho
4. Satisfecho
5. Muy satisfecho

Para la aplicación de esta encuesta se utilizó el medio electrónico, enviando la liga que llevo al alumno al instrumento de evaluación el cual respondió las opciones.

Posteriormente se asignaron valores a las respuestas para obtener las puntuaciones en la escala, para medir cada fase. La finalidad es agrupar los datos numéricamente que se enuncian en forma verbal, para poder luego maniobrar con ellos, como si se tratará de datos cuantitativos para poder analizarlos correctamente.

Complementando la información, se aplicó la encuesta, que aportó la evidencia objetiva necesaria para la determinación de la percepción.



## Resultados y Discusión

### Resultados de evaluación respecto a la Satisfacción de los Usuarios de Servicios del ITSON

#### Unidad Navjoa. PE de IIS

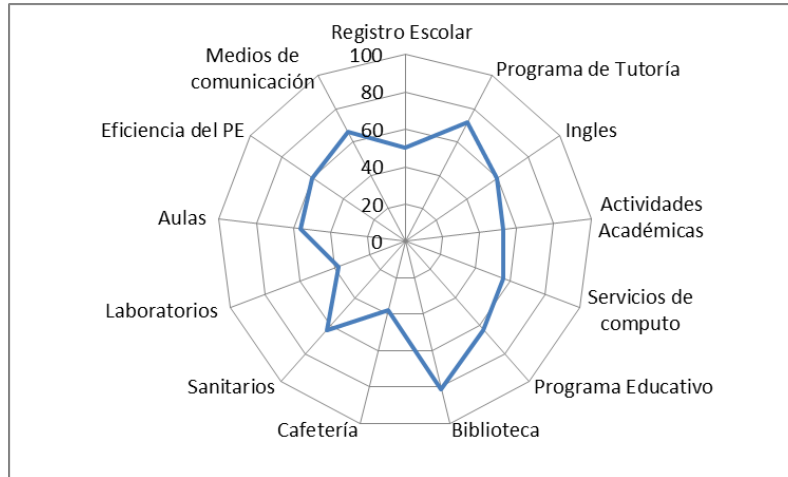


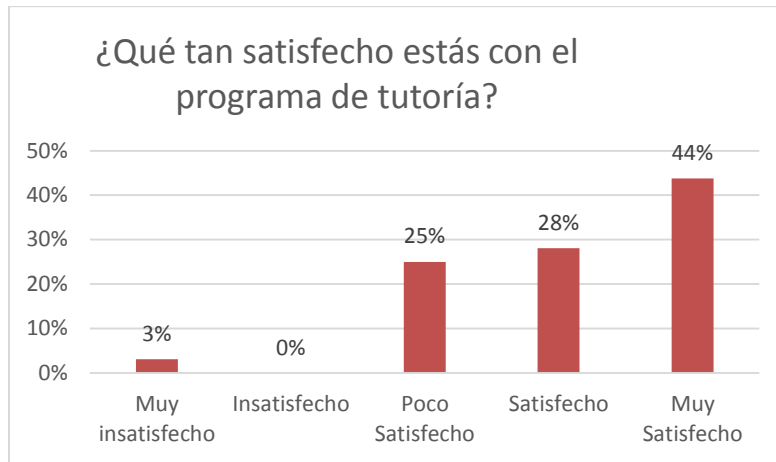
Figura 1. Gráfica Radar de Satisfacción.

Tabla 1. Satisfacción del cliente en el área de registro escolar.



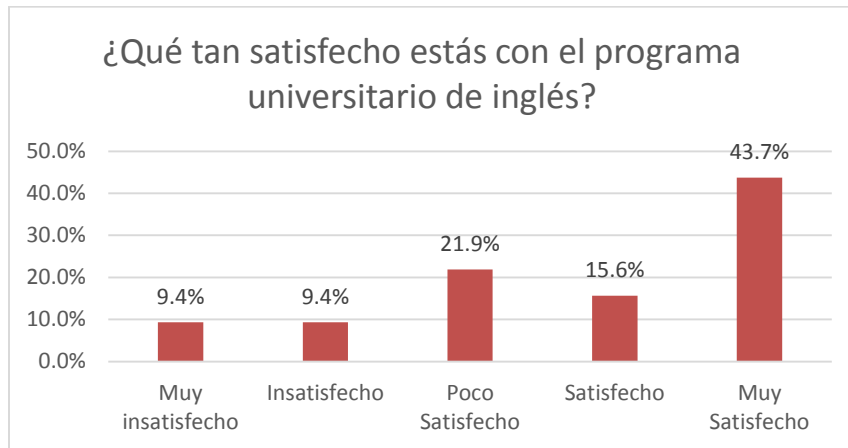
El objetivo de registro escolar de ITSON es informar y realizar todos los trámites relativos a inscripción, revalidación de materias, solicitud de constancias, trámite de credenciales, título y cédula profesional. Además tiene la opción de acceder a los servicios en forma personal o a través de su ventanilla virtual. En la gráfica se observa que el 50% de los usuarios perciben el servicio como insatisfecho o poco satisfecho. El 34% percibe el servicio como satisfecho y el 16% muy satisfecho (área certificada).

Tabla 2. Satisfacción del cliente del programa de tutorías.



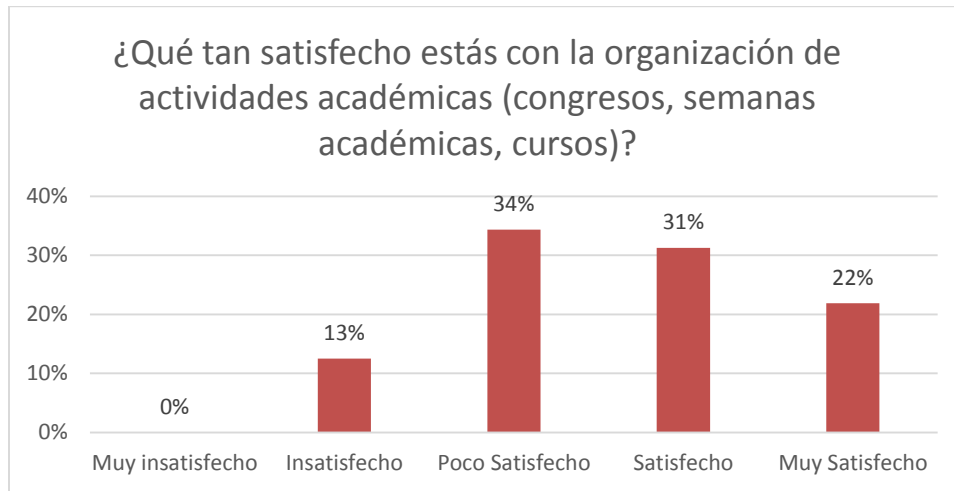
Este programa se encarga de orientar a los alumnos en las actividades escolares, así como las personales. En la gráfica se observa que el 28% de los usuarios perciben el servicio como muy insatisfecho o poco satisfecho, el 72% percibe el servicio como satisfecho o muy satisfecho.

Tabla 3. Satisfacción del cliente del programa universitario de inglés.



Es el programa donde el alumno recibe información, asesoría y enseñanza sobre los cursos de la lengua extranjera. En la gráfica se puede observar que el 40.7 % se encuentra poco satisfecho, insatisfecho o muy insatisfecho; El 59.3% se encuentra satisfecho o muy satisfecho.

Tabla 4. Satisfacción del cliente con la organización de actividades académicas.



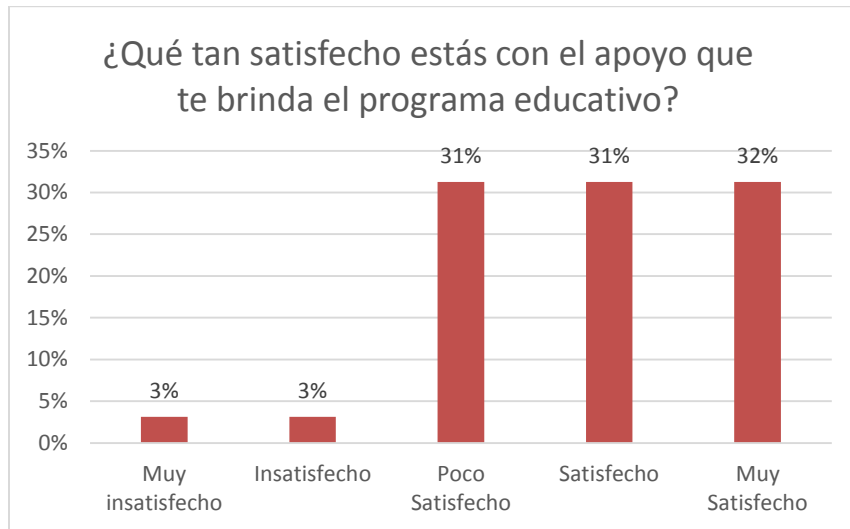
El objetivo principal de la organización de actividades académicas es involucrar y actualizar a los alumnos acerca de las tendencias globales en temas específicos de la ingeniería y unir la brecha entre lo académico y lo práctico. En la gráfica se puede observar que el 47 % se encuentra poco satisfecho o insatisfecho; El 53% se encuentra satisfecho o muy satisfecho.

Tabla 5. Satisfacción del cliente con los servicios de cómputo.



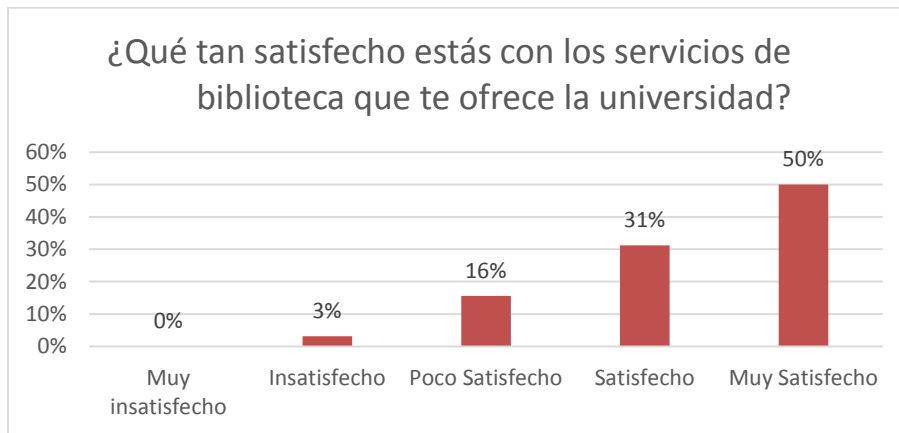
El departamento de servicio de cómputo es el encargado de brindar apoyo en tecnología a los alumnos. En la gráfica se puede observar que el 44 % se encuentra poco satisfecho o insatisfecho; El 56% se encuentra satisfecho o muy satisfecho.

Tabla 6. Satisfacción del cliente con respecto al programa educativo.



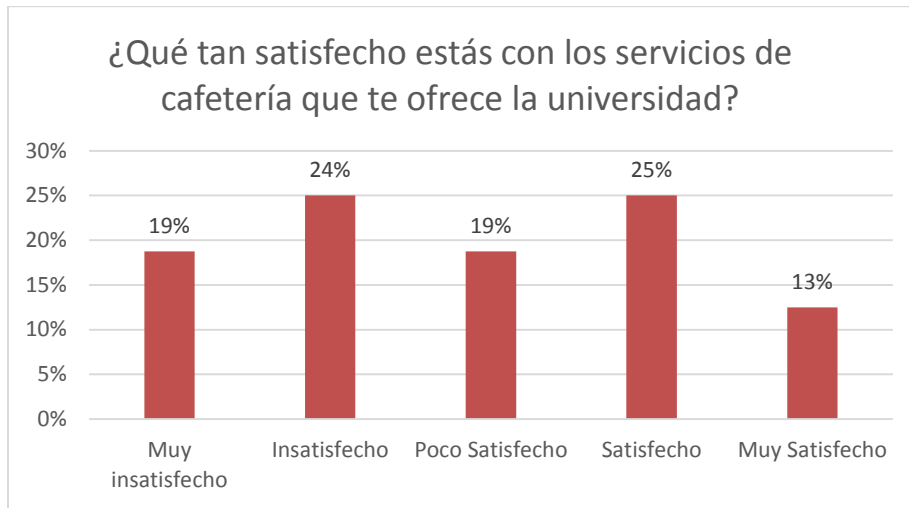
El objetivo del programa educativo es brindar apoyo a los alumnos, así como coordinar actividades académicas apegadas al modelo educativo institucional, a fin de formar profesionales que posean el perfil del egresado establecido por el plan de estudios. En la gráfica se puede observar que el 37 % se encuentra poco satisfecho o insatisfecho; El 63% se encuentra satisfecho o muy satisfecho.

Tabla 7. Satisfacción del cliente con los servicios de biblioteca.



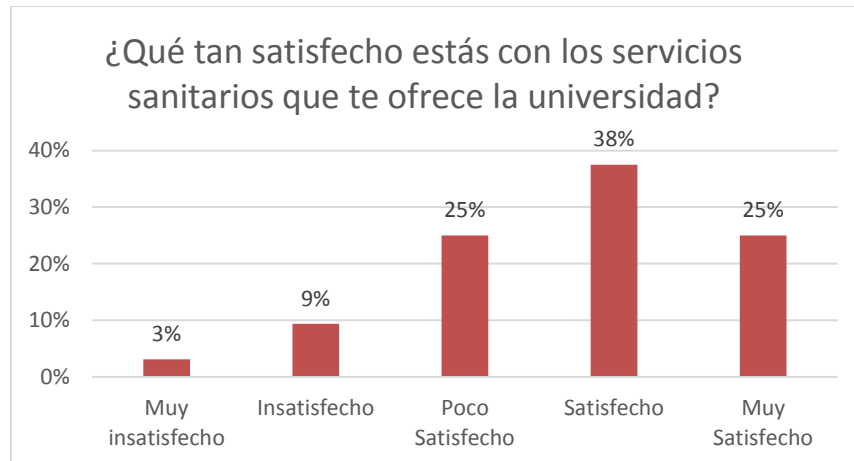
El propósito de biblioteca, es promover y extender el conocimiento a través de la disposición de recursos y servicios de información actualizados y suficientes mediante tecnologías de internet. En la gráfica se puede observar que el 19% se encuentra poco satisfecho o insatisfecho; El 81% se encuentra satisfecho o muy satisfecho (área certificada).

Tabla 8. Satisfacción del cliente con los servicios de cafetería.



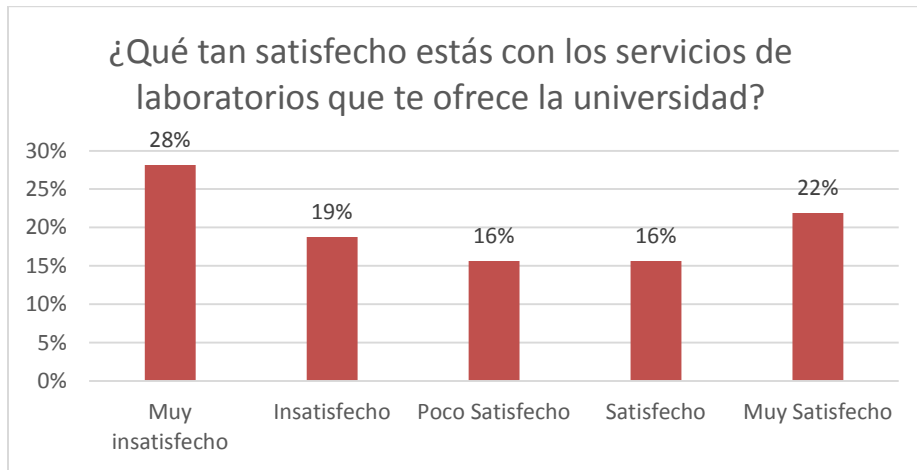
El objetivo de cafetería es ofrecer una gran diversidad de productos para el consumo como desayunos, comida del día, bebidas y botanas. En la gráfica se puede observar que el 62 % se encuentra poco satisfecho, insatisfecho o muy insatisfecho; El 38% se encuentra satisfecho o muy satisfecho.

Tabla 9. Satisfacción del cliente con respecto a los servicios sanitarios.



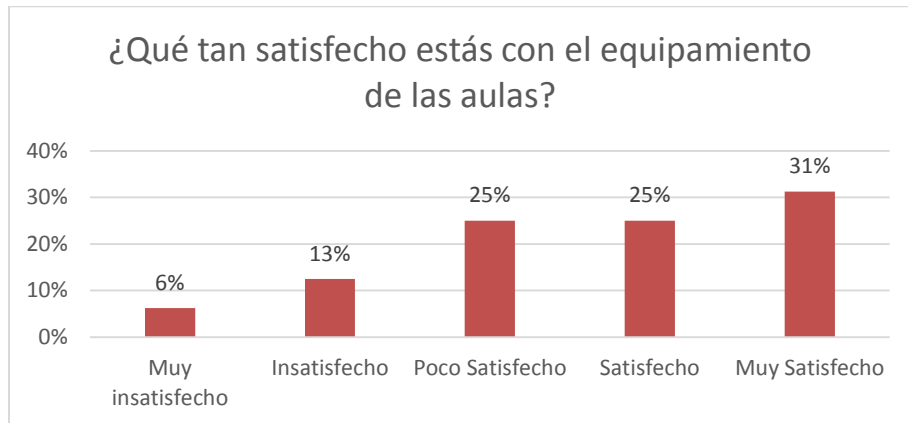
Los resultados de la gráfica del servicio de sanitarios que ofrece la universidad fue 37 % se encuentra poco satisfecho, insatisfecho o muy insatisfecho; El 63% se encuentra satisfecho o muy satisfecho.

Tabla 10. Satisfacción del cliente con respecto a los servicios de laboratorios.



Una de las principales funciones del área de laboratorios es contribuir con el desempeño seguro y exitoso de las funciones sustantivas de ITSON, además de operar bajo un enfoque de mejora continua en los procesos, ofrece a la comunidad universitaria los servicios de laboratorio necesarios para su formación académica. En la gráfica se puede observar que el 63 % se encuentra poco satisfecho, insatisfecho o muy insatisfecho; El 38% se encuentra satisfecho o muy satisfecho.

Tabla 11. Satisfacción del cliente del equipamiento de las aulas.



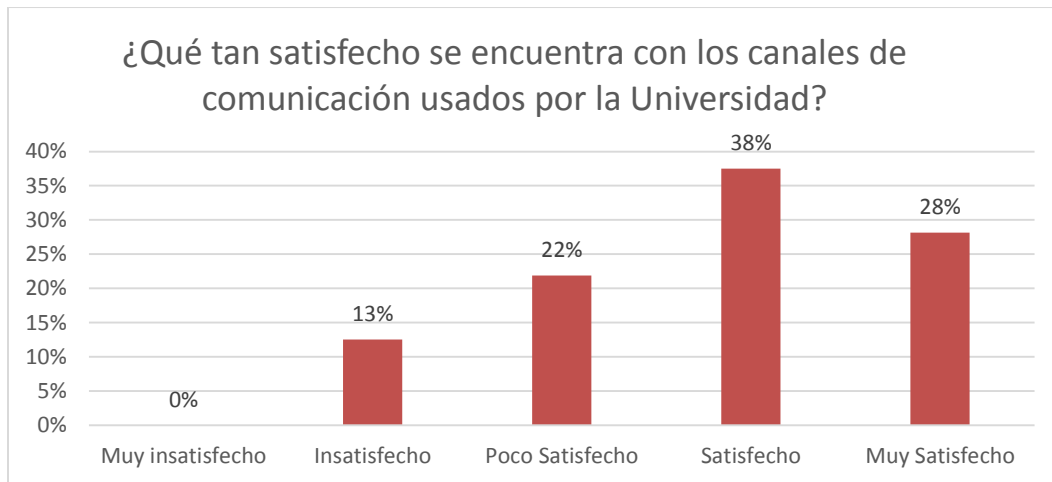
El resultado de la gráfica de satisfacción del equipamiento de aulas es el 44 % se encuentra poco satisfecho, insatisfecho o muy insatisfecho; El 56% se encuentra satisfecho o muy satisfecho.

Tabla 12. Satisfacción del cliente respecto al PE para responder a las necesidades del usuario.



El grado de satisfacción respecto a la eficiencia del Programa Educativo para responder a las necesidades y problemas de los usuarios es el 40% se encuentra poco satisfecho, insatisfecho o muy insatisfecho; El 60% se encuentra satisfecho o muy satisfecho.

Tabla 13. Satisfacción del cliente con los canales de comunicación del instituto.



Respecto la satisfacción de los canales de comunicación ofrecidos en la universidad el resultado fue el 35% se encuentra poco satisfecho, insatisfecho o muy insatisfecho; El 66% se encuentra satisfecho o muy satisfecho.

Tabla 14. Satisfacción del cliente con los servicios que presta la institución.



El resultado obtenido del servicio abarcando todas las áreas del ITSON es 40% se encuentra poco satisfecho o insatisfecho; El 59% se encuentra satisfecho o muy satisfecho.

### Conclusión

Los resultados obtenidos en la percepción de los servicios en áreas certificadas y no certificadas, pero que buscan alinearse a la norma ISO 9001:2008 en ITSON Unidad Navojoa, da como resultado que los estudiantes de la carrera de ingeniería industrial y de sistemas tienen una percepción de los servicios del 59% del bloque satisfecho – muy satisfecho.

Se observa que el área que mejor servicio ofrece es la biblioteca con una percepción de satisfacción del 81%, en cambio los servicios con menor desempeño son los laboratorios (63%), cafetería (63%), registro escolar (50%), las actividades académicas (47%), las áreas de cómputo y aulas (44%) en el bloque de poco satisfecho – muy insatisfecho.

La satisfacción del estudiante refleja su conformidad con los servicios que obtiene o bien en la percepción de la calidad que ellos reciben de la institución, esta calidad no se define por los recursos que reciben las áreas, si no por los servicios objeto de esta investigación, pues bien se puede apreciar que biblioteca es la que obtiene el mayor grado de satisfacción mientras registro escolar es



la que tiene menos grado de satisfacción de las áreas certificadas en la Norma ISO 9001:2008, se obtiene una baja calificación debido a que las personas del área de registro escolar no siguen las instrucciones de trabajo, esto se derivado de los comentarios realizados por algunos alumnos que evaluaron sus servicios.

En general, la percepción de los servicios en áreas certificadas por la norma ISO 9001:2008 en ITSON Unidad Navojoa, de los alumnos de Ingeniería Industrial y de Sistemas es del 41% del bloque de poco satisfecho-muy insatisfecho, por lo que se recomienda analizar los resultados para determinar las causas que llevan a este, como revisar los programas de capacitación de los colaboradores, determinar las competencias necesarias para desempeñar el puesto requerido (perfiles de puesto) y estandarizar canales de comunicación entre las áreas de servicio de la institución.

### **Referencias**

- Aguerrondo, I. 2014. La calidad de la educación: ejes para su definición y evaluación. Calidad y equidad en la educación. Buenos Aires, Argentina. Pp 1-10 Ver <http://www.oei.es/calidad2/aguerrondo.htm>
- Bustamante, D. 2013. La calidad de las instituciones educativas. Ibertic. Madrid, España. Ver <http://redesoei.ning.com/profiles/blogs/la-calidad-de-las-instituciones-educativas>
- Conacyt. 2009. Informe General del Estado de la Ciencia y la Tecnología, 2009. Pag. 170. Ver <http://www.conacyt.gob.mx/siicyt/index.php/publicaciones/informe-general-del-estado-de-la-ciencia-y-la-tecnologia-2009/2063-apendice-2009/file>
- Conacyt. 2010. Sistema Integrado de Información sobre Investigación Científica, Desarrollo Tecnológico e Innovación Informe gubernamental. 2010. Pp 217-218. Ver [http://www.siicyt.gob.mx/siicyt/docs/Estadisticas3/Informe2010/7\\_INFORME\\_2010\\_CAP\\_VI\\_APENDICE.pdf](http://www.siicyt.gob.mx/siicyt/docs/Estadisticas3/Informe2010/7_INFORME_2010_CAP_VI_APENDICE.pdf)
- Díaz, J. 2013. Calidad educativa: un análisis sobre la acomodación de los sistemas de gestión de la calidad empresarial a la valoración en educación, Tendencias Pedagógicas No 21 2013, pp 178-180. Ver [http://www.tendenciaspedagogicas.com/Articulos/2013\\_21\\_13.pdf](http://www.tendenciaspedagogicas.com/Articulos/2013_21_13.pdf).

- Fantova, F. 2005. "Nuevos Modelos en Gestión Social: Calidad y Excelencia en las organizaciones sociales" Congreso Internacional de Calidad de Vida de Personas con discapacidad (octubre de 2005). Ver [http://www.fantova.net/restringido/documentos/mis/Gesti%C3%B3n/Nuevos%20modelos%20en%20gesti%C3%B3n%20social%20\(2005\).pdf](http://www.fantova.net/restringido/documentos/mis/Gesti%C3%B3n/Nuevos%20modelos%20en%20gesti%C3%B3n%20social%20(2005).pdf)
- Lasida, Javier; Podestá, Mora y Moya Jimena. 2008. "La calidad educativa, sistemas y potencialidades". Revista Páginas de Educación -Facultad de Ciencias Humanas de la Universidad Católica de Uruguay- Revista Nº 1 (Año 2008)
- Puente, M. & Bernal, C. 2013. Impacto de la ISO9001:2008, Universidad Nacional de Misiones, Facultad de Ingeniería, Pp 1-9. Ver [http://www.tendenciaspedagogicas.com/Articulos/2013\\_21\\_13.pdf](http://www.tendenciaspedagogicas.com/Articulos/2013_21_13.pdf)
- Torres, O. & Abreo, J. 2011. Análisis de los antecedentes de los factores humanos que influyen en la administración de las Instituciones Educativas. Universidad Autónoma de Nuevo León Pp. 253-271. ISSN: 1870-557X Ver [http://www.spentamexico.org/v6-n2/6\(2\)253-273.pdf](http://www.spentamexico.org/v6-n2/6(2)253-273.pdf)

## **Capítulo VII. Documentación de instructivos de trabajo para un sistema integrado de gestión en una empresa minera**

### **Documentation work instructions for an integrated management system in a mining company**

Rafael González I., Ivan Ochoa Vazquez, Jorge Guadalupe Mendoza León, Luis Carlos Montiel Rodríguez, Departamento de IIS, Instituto Tecnológico de Sonora, Navojoa, Sonora, México.

#### **Resumen**

El presente documento tiene como objetivo documentar los elementos de las normas de calidad, gestión de calidad, seguridad y salud en el área de Lixiviación, donde se detectaron demoras y re trabajos ocasionados por falta de especificaciones del proceso en los operadores. La empresa minera produce y comercializa minerales y cátodos de cobre de Grado A, la cual opera con un proceso de extracción por medio del proceso de minado a cielo abierto para extraer diferentes minerales. Al ser una empresa globalizada debido a que exporta al extranjero, por lo cual se está buscando una certificación a través de un Sistema Integrado de Gestión que está basado en las normas ISO 9001: 2008, ISO 14001: 2004 y OHSAS 18001: 2007, buscando desarrollar diferenciadores competitivos además de incrementar la producción y eficiencia del proceso de Lixiviación.

Palabras claves: Sistema Integrado de Gestión, ISO, OHSAS, Lixiviación.

#### **Abstract**

This paper aims to document the elements of quality standards, quality management, safety and health Leaching area where delays and rework due to missing specification process operators were detected. The mining company produces and sells minerals and copper cathode Grade A, which operates with a process of extraction by open mining process to extract different minerals. Being a global company because exported overseas, so are looking for a certification through an Integrated Management System that is based on ISO 9001: 2008, ISO 14001: 2004 and OHSAS 18001: 2007 looking to develop competitive differentiators, in addition to increasing the production and efficiency of the leaching process

Keys Words: Integrated Management System, ISO, OSHA, Leaching

## Introducción

La documentación es una actividad que se proyecta y se destina a la satisfacción de necesidades que pudiesen aparecer en el futuro. Las personas que buscan información fiable necesitarán documentos a los cuales referirse, por tal motivo, si tal información se encuentra documentada, ésta se puede utilizar varias veces, y al mismo tiempo previniendo la duplicidad de información y un aspecto que resulta como beneficio de la documentación, y podría decirse que uno de los más importantes, es la estandarización.

Guzmán y Verstappen (2002), dicen que el término “documentación” es ampliamente utilizado, pues tiene diferentes significados dependiendo del contexto en que lo utilicen. En algunas regiones del mundo, la sola mención de la palabra “documentación” conduce directamente a la idea de una colección de documentos. Este significado tiende a darle más importancia a la colección propiamente dicha de los documentos que se poseen. El término es utilizado en este sentido. En otras regiones del mundo, la palabra “documentación” significa primero, el acto de registrar los resultados de una investigación ya sea oficial o no, de una investigación científica o de una actividad similar. En el transcurso de este proceso se crean documentos. La documentación es un proceso compuesto de varias actividades, a saber:

- a) Determinar qué información es necesaria e identificar los medios para seguirla.
- b) Registrar la información descubierta y almacenarla en los contenidos apropiados (llamados documentos) o reunir los documentos ya existentes que contienen la información necesaria.
- c) Organizar los documentos para hacerlos más accesibles.
- d) Transmitir realmente los documentos al usuario que necesita la información.

Un instructivo es un documento que describe detalladamente la forma “cómo” debe ejecutarse una actividad o tarea, para asegurar su realización. Tanto los procedimientos como los instructivos deben especificar las actividades en términos de materiales, equipos, documentos a utilizar, control de las actividades, formatos a utilizar y registros que deben originar. De acuerdo a Martínez de la Cruz (2012), propone que para la elaboración precisa de un instructivo de trabajo, al menos se deben considerar integrar al él los siguientes aspectos esenciales:

- Objetivo: determinación de la actividad a realizar y los objetivos buscados.

- Definición: explicación del parámetro a medir.
- Principio del método: explicación teórica de la técnica a realizar.
- Equipos y materiales: se enumeran dentro del mismo instructivo de trabajo todos los equipos y materiales requeridos para llevar a cabo cada una de las pruebas que conforman las actividades del laboratorio de control de calidad.
- Procedimiento: descripción de cada uno de los pasos que se deben realizar de manera secuencial en cada análisis.
- Documento o registro: dentro de las instrucciones de trabajo se nombrarán los diferentes documentos donde se realizan las anotaciones de los valores de las variables controladas. Estos están formados por la siguiente información:
  - Nombre de la prueba y el producto al que se va a destina.
  - Nivel de control: Prueba, variable o unidad de medida, valores máximos y mínimos.
  - Frecuencia: Periodicidad con que se toma la variable de control.
  - Responsable Persona encargada de realizarla medición.
- Bibliografía: hace parte del fundamento de cada prueba realizada.

Es en el punto 4 de la Secretaria Internacional ISO 9001 (2014), donde se establece que la organización debe establecer, documentar, implementar y mantener un SGC y mejorar continuamente su eficacia.

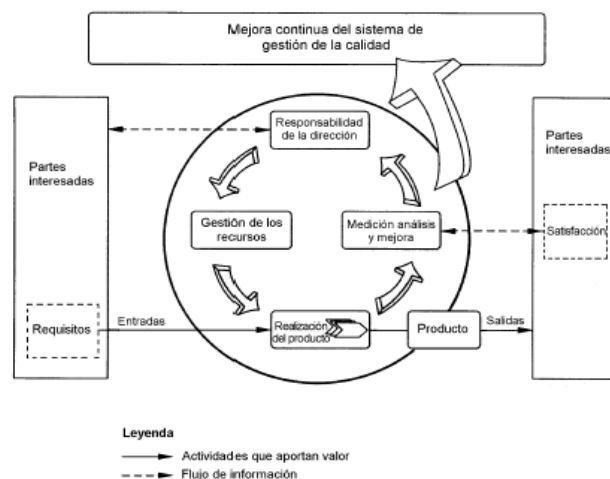


Figura 1. Diagrama de Mejora Continua.

Fuente: [www.iso.org](http://www.iso.org)

El punto 4.2 Requisitos de la documentación muestra en su apartado 4.2.1 Generalidades, la documentación que la organización debe incluir. A continuación se presenta:

- Política y objetivos de la calidad documentados.
- Manual de la calidad.
- Procedimientos documentados en la norma. Los procedimientos son: control de documentos, control de registros, etc.
- Documentos. Los siguientes son ejemplos de documentos: mapas de procesos, instrucciones de trabajo, oficios y otros documentos de comunicación interna, organigramas, etc.

Los aspectos antes mencionados juegan un importante papel dentro de la documentación de los instructivos de trabajo, puesto que al tomarlos en cuenta se podrá tener una mejor comprensión sobre todo lo relacionado con el instructivo que se requiera realizar.

La calidad constituye el conjunto de cualidades que representan a una persona o cosa; es un juicio de valor subjetivo que describe cualidades intrínsecas de un elemento, aunque suele decirse que es un concepto moderno, el hombre siempre ha tenido, un concepto intuitivo de la calidad en razón o búsqueda y el afán del perfeccionamiento como constantes del hombre a través de la historia.

Desde el inicio de la industria, la calidad se planteó como forma de medir las características del producto en relación con las funciones para las que fue fabricado; de esta forma evolucionaron su concepción y su definición fue adoptada como punto central de un modelo de administración. Desde el significado inicial de calidad, como atributos de una cosa, producto o servicio, hasta el actual aplicado a todas las actividades de una organización, por tanto a su gestión.

Nava (2005), afirma que desde el inicio de la industria, la calidad se planteó como forma de medir las características del producto en relación con las funciones para las que fue fabricado; de esta forma evolucionaron su concepción y su definición fue adoptada como punto central de un modelo de administración.

Según Deming (1989) define a la calidad de los productos como predecible de uniformidad que proporciona fiabilidad a bajo costo en el mercado, lo que resumió en la frase: “hacer las cosas bien a la primera y siempre”. Y también, hace mención de Kaoru Ishikawa quién señala que la calidad constituye una función integral de toda organización, es el resultado de un control de todo individuo y de cada división que conforman la empresa, puesto que se tiene que practicar para que se pueda definir.

La norma ISO 9001:2008 elaborada por la Organización Internacional para la Estandarización (ISO), especifica los requisitos para un Sistema de gestión de la calidad (SGC) que pueden utilizarse para su aplicación interna por las organizaciones, sin importar si el producto o servicio lo brinda una organización pública o empresa privada, cualquiera que sea su tamaño, para su certificación o con fines contractuales.

Los requisitos de esta norma, son de un conjunto de normas y estándares internacionales que se interrelacionan entre sí, para hacer cumplir los requisitos de calidad que una empresa requiere, integrando los procedimientos gerenciales y operativos de forma documentada, para orientar a la organización, garantizando la satisfacción del cliente. Ya que las actividades dentro del sistema se lleva a cabo de forma coordinada, para lograr la calidad de los productos o servicios ofrecidos.

Un Sistema de Gestión de la Calidad, es un conjunto de normas y estándares internacionales que se interrelacionan entre sí para hacer cumplir los requisitos de calidad que una empresa requiere, integrando los procedimientos gerenciales y operativos de forma documentada, para orientar a la organización, garantizando la satisfacción del cliente. Ya que las actividades dentro del sistema se lleva a cabo de forma coordinada, para lograr la calidad de los productos o servicios ofrecidos.

Según la Secretaria Central ISO 9000 (2014), El Sistema de Gestión de la Calidad, son un Conjunto de elementos mutuamente relacionados que interactúan, para establecer los objetivos y la política con la que podemos lograr dichos objetivos, y así dirigir y controlar una organización con respecto al grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos.

La organización debe establecer, documentar, implementar y mantener un sistema de gestión de la calidad y mejorar continuamente su eficacia de acuerdo con los requisitos de esta Norma Internacional.

La organización debe:

- a) determinar los procesos necesarios para el sistema de gestión de la calidad y su aplicación a través de la organización,
- b) determinar la secuencia e interacción de estos procesos,
- c) determinar los criterios y los métodos necesarios para asegurarse de que tanto la operación como el control de estos procesos sean eficaces,
- d) asegurarse de la disponibilidad de recursos e información necesarios para apoyar la operación y el seguimiento de estos procesos,
- e) realizar el seguimiento, la medición cuando sea aplicable y el análisis de estos procesos,
- f) implementar las acciones necesarias para alcanzar los resultados planificados y la mejora continua de estos procesos.

La organización debe gestionar estos procesos de acuerdo con los requisitos de esta Norma Internacional.

Organizaciones de todo tipo están cada vez más interesadas en alcanzar y demostrar un sólido desempeño de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) mediante el control de sus riesgos para la SST, acorde con su política y objetivos de SST. Lo hacen en el contexto de una legislación cada vez más exigente, del desarrollo de políticas económicas y otras medidas para fomentar las buenas prácticas de SST, y de un aumento de la preocupación expresada por las partes interesadas en materia de SST.

Muchas organizaciones han emprendido “revisiones” o “auditorías” de SST para evaluar su desempeño de la SST. Sin embargo, esas “revisiones” y “auditorías”, por si mismas, pueden no ser suficientes para proporcionar a una organización la seguridad de que su desempeño no sólo cumple, sino que continuará cumpliendo los requisitos legales y de su política. Para ser eficaces, necesitan



estar desarrolladas dentro de un sistema de gestión estructurado que esté integrado en la organización.

Para toda organización, los recursos humanos juegan un papel muy importante y sobre todo la salud y seguridad de los mismos dentro de la empresa. Por lo que existen esta clase de herramientas como lo es la OHSAS 18001:2007, que contiene especificaciones y estándares internacionalmente aceptados que buscan a través de una gestión sistemática y estructurada asegurar el mejoramiento de la salud y seguridad en el lugar de trabajo.

Este estándar de la serie de evaluación de la Seguridad y Salud Ocupacional en el Trabajo (OHSAS) especifica los requisitos para un sistema de gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SST), destinados a permitir que una organización controle sus riesgos para la SST y mejore su desempeño de la SST. No establece criterios de desempeño de la SST ni proporciona especificaciones detalladas para el diseño de un sistema de gestión.

Este estándar OHSAS se aplica a cualquier organización que desee:

- Establecer un sistema de gestión de la SST para eliminar o minimizar los riesgos al personal y otras partes interesadas que podrían estar expuestas a peligros para la SST asociados con sus actividades;
- Implementar, mantener y mejorar de manera continua un sistema de gestión de la SST;
- Asegurarse de su conformidad con su política de SST establecida;
- Demostrar la conformidad con este estándar OHSAS por:
  - la realización de una nueva autoevaluación y auto declaración; o
  - la búsqueda de confirmación de dicha conformidad por las partes interesadas de la organización, tales como clientes; o
  - la búsqueda de confirmación de su auto declaración por una parte externa a la organización; o
  - la búsqueda de la certificación/registro de un sistema de gestión de la SST por una organización externa.

Miranda y Michelena (2010), encontraron que desde hace varios años se ha venido trabajando los sistemas de gestión de calidad, del medio ambiente, de seguridad y salud en los centros de trabajo de forma independiente, pero a partir de estudios realizados se ha evidenciado que con esta variante existe duplicidad en la información, los costos son mayores y el tiempo para gestionar es mayor. Por tal motivo, surgió la idea de integrar todos estos sistemas en uno solo, lo que viabilizó la gestión, es decir, se hizo más eficiente y eficaz. Para la integración de los sistemas se ha empleado la NC ISO 9001: 2001 de sistema de gestión de calidad (actualmente en su versión 2008) como modelo base, ya que su estructura es compatible con la NC ISO 14001: 2004 de sistema de gestión ambiental y la NC 18001: 2005 de seguridad y salud del trabajo, y sus puntos comunes facilitan y simplifican la implantación. Con el fin de incrementar la satisfacción de los clientes y poder identificar y evaluar los riesgos, tanto ambientales, como de seguridad y salud del trabajo. Como solución a la problemática identificada en la empresa con el diagnóstico realizado, la dirección decidió rediseñar los procesos de forma integrada (Calidad, Medio Ambiente y Seguridad y Salud del Trabajo).

Mientras que Fraguera, Carral, Iglesias, Castro y Rodríguez (2011), aseguran que la Integración de los sistemas de gestión es una necesidad de una nueva cultura empresarial menciona que se necesita que las empresas cuenten con sistemas de gestión que permitan controlar de manera sistemática, las actividades y procesos de la empresa, con la participación de todos sus trabajadores, con el fin de lograr los resultados planeados. En estos modelos de gestión, no basta con tener solamente los parámetros económicos y productividad; sino que hay que tener en cuenta también, la satisfacción de los trabajadores, de los clientes, y del entorno social en el que se desarrolla su actividad. Ya que las actuales exigencias en materia de seguridad y salud en el trabajo, de la calidad y medioambientales, deben ocupar posiciones relevantes y de mejora continua.

Según Abril, Enríquez y Sánchez (2006), las analogías entre las tres normas son, sin duda, más importantes y numerosas que las diferencias. Tengamos en cuenta que partiendo de las primeras versiones de las ISO 900 se han elaborado las demás, teniendo cada vez más presente el concepto de integración de los sistemas. De hecho, las nuevas versiones que han ido publicándose tanto de las ISO 9000, como de las ISO 14000, no hacen sino facilitar y propiciar la integración.

Pero, ¿Cómo es esto posible? ¿Supone trabajar por partida triple o la implantación de una norma me facilita la de otra?

La respuesta a esta pregunta es que, efectivamente, los sistemas de Gestión de calidad, medio ambiente y seguridad en el trabajo son lo suficientemente parecidos como para que puedan integrarse unas a las otras.

Los tres sistemas tienen en común tres principios básicos:

- **Requieren una mejora continua.** Los tres sistemas de gestión buscan que la empresa en ningún momento deje de tratar de mejorar.
- **Se basan en la idea de prevención.** Desde la inclusión de los riesgos laborales, hasta la actuación preventiva para obtener la calidad, pasando por evitar la contaminación, estas tres normas se fundamentan en un principio básico de prevención.
- **Implican un aumento de la eficacia y de la eficiencia.** La tendencia de cada una de estas normas es la de lograr una optimización de los recursos empleados en la empresa, aunque cada una se refiere a recursos de distinta índole (Recursos humanos, materias primas, tiempo, dinero).

La empresa bajo estudio se dedica principalmente a la extracción, purificación y procesamiento de un mineral, implica que en el sistema están involucrados: personal, medio ambiente y, procedimientos; por lo cual la organización se ve comprometida a implementar medidas en la preservación del medio ambiente, calidad en sus procesos, salud y seguridad tanto para empleados como para procesos, lo cual si se establece de manera armoniosa, solo redundará en una mayor ventaja competitiva.

De lo antes expuesto, se deriva la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuáles son las ventajas competitivas que se obtendrán al documentar los instructivos de trabajo de un Sistema Integrado de Gestión, para la preservación del medio ambiente, la calidad de los procesos y la seguridad y salud de la organización?

En toda organización donde se opte por implementar un sistema de gestión integrado, se tendrá que involucrar una serie de pasos secuenciados, hasta lograr la operatividad del sistema, ya que no solo se beneficiara al proceso, de esto también dependerá de la interconexión con el bienestar del entorno, y la salud del empleado, lo cual debe integrarse para ser uno solo, por lo que resulta sumamente importante garantizar que el modelo elegido, se adapte correctamente a las condiciones de operación de cada área, y a la diversidad, y complejidad de las operaciones; de tal modo que se facilite el aprovechamiento y la optimización de los recursos. Puesto que la empresa requiere minimizar la duplicidad de la información, optimizar los esfuerzos de verificación y facilitar la adopción de nuevos sistemas que se pudiesen requerir implantar en un futuro.

### **Material y Métodos**

El presente proyecto se realizó en una mina del sur de sonora, que es una empresa que produce y comercializa minerales y cátodos de cobre de Grado A, la cual opera con un proceso de extracción del mineral llamado “cielo abierto”, para el cual se debe contar, con al menos, los siguientes estudios:

- Geotécnicos: de mecánica de rocas o de mecánica de suelos;
- Geológicos, para localizar las fallas y los tipos de rocas, y
- Hidrológicos, para evaluar los riesgos de inundación, junto con los procedimientos para su control.

La documentación de instructivos de trabajo se realiza considerando el Sistema de Gestión de Calidad contenido en la NOM-ISO-9001-2008, el Sistema de Gestión Ambiental contenido en la NOM-ISO-14001-2004 y el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional contenido en la NOM-ISO-18001-2007, enfocado al área de Lixiviación, el cual se realiza en la zona llamada “patios”, dicha área se refiere a la zona donde las rocas procesadas en el área de trituración son depositadas para recibir el tratamiento del agente oxidante para extraer el mineral.

Se analizará los recursos involucrados directamente con el proceso, además se estructurara el proceso en elementos, así como la información que se genera en el mismo para la toma de decisiones e involucrando el personal para documentar el proceso y poder cubrir todas las posibles

aristas del proceso de Lixiviación y así empezar a estandarizar el proceso y para poder hacer más eficiente en otro momento, lo más importante es el ejercicio de desarrollar conocimiento dentro de la empresa y empezar a detonar la innovación dentro de la empresa y así desarrollar ventajas competitivas dentro de su mercado y la vez procurando el desarrollo sustentable en los procesos.

A continuación se detalla el procedimiento que se llevó a cabo:

1. Primeramente, se debe solicitar la autorización del Gerente del Área donde se realiza la investigación, con el fin de tener el conocimiento de la ubicación y el número de personas que involucradas durante el recorrido, buscando prevenir posibles riesgos hacia la salud y dar respuesta inmediata si un accidente ocurriera en el proceso de reconocimiento.
2. Una vez que el permiso se autorizó, se procede a acudir al área de operación a realizar el reconocimiento del proceso, cuidando todos los reglamentos de seguridad que el área obliga a cumplir.
3. Para comenzar con la documentación de los instructivos de trabajo, se deben recabar los datos relevantes que se necesitarán para ser integrados al instructivo, dicha información se recaba realizando encuestas directamente con los operadores del proceso, la cual se debe registrar con ayuda de cuadernos, también, teléfonos celulares para facilitar el registro de la información y generar evidencia y ayuda visual para la elaboración de los instructivos.
4. Elaborar un procedimiento sobre las actividades que se realizan en el proceso de producción, el cual contenga cada uno de los pasos que se deben seguir para llegar al objetivo final del proceso, con el fin de generar una base de apoyo para el momento de realizar el instructivo.
5. Elaborar un formato para los instructivos de trabajo, incluyendo todos los aspectos definidos en el Capítulo II en el apartado 2.1.5.1 que describe la manera en la que se recomienda la Estructura de un Instructivo.
6. Para comenzar la elaboración del instructivo de trabajo, se debe tomar el formato diseñado para los instructivos y llenar los campos del formato conforme al proceso al que se requiere realizar el instructivo, tales como: objetivo, alcance, etc. Y adaptar el procedimiento que se ha elaborado anteriormente a dicho formato, tomando en consideración el Sistema Integrado de Gestión (NOM-ISO-9001-2008, NOM-ISO-14001-2004 y NOM-ISO-18001-2007) y la

legislación aplicable, que se refiere a Normas o lineamientos legales que en el proceso se requieran.

7. Una vez que el instructivo se ha elaborado, lo siguiente es la revisión por la Alta Dirección, para lo cual se debe imprimir o enviar por medios magnéticos para hacer llegar el instructivo a ésta, con la finalidad de que la Alta Dirección lo autorice como apto para poder aplicarlo en el área determinada del instructivo.
8. Una vez que se haya revisado y aprobado el instructivo por la Alta Dirección, se debe comunicar por medios electrónicos o físicos a los supervisores del área, y estos a su vez, comunicárselo a los mismos trabajadores del área para que tengan el conocimiento de la operatividad del instructivo. La manera en la que se asegurará de que estos instructivos se están utilizando será mediante auditorías internas.

Los materiales utilizados en el presente proyecto fueron esenciales para la documentación del instructivo de trabajo, pues facilitaron la elaboración y distribución del mismo.

Para la elaboración del instructivo se utilizaron los siguientes materiales:

- Computadora: utilizada para la captura de información, elaboración y comunicación de los instructivos de trabajo.
- Formato Electrónico: creado para estandarizar la estructura del instructivo en cuestión y futuros procedimientos.
- Manual de Procedimiento (Manual SIG): utilizado para la consulta sobre las normativas de la empresa conforme al formato realizado.
- Legislación: requeridas para consultoría sobre lineamientos legales que se toman en cuenta al momento de elaborar el instructivo.
- Normas ISO: utilizadas como base esencial para la creación del proyecto, puesto que con ellas se buscó los lineamientos aplicables para cada actividad o proceso.
- Cámara Fotográfica: necesaria para la captura de imágenes para integrarlas al instructivo como ayuda visual y como evidencia de las actividades que se están realizando en el área.

## Resultados

La introducción de nuevas y novedosas ideas dentro de una organización es un paso que muchas empresas no corren el riesgo de llevar a cabo, lo que estas empresas temen es al fracaso y pérdida de recursos que se invierten para lograr estos cambios, si los objetivos no son alcanzados. La dirección en la que orienta el SIG a la organización es un aspecto importante al haber tomado la decisión de llevar a cabo la implementación de este sistema, puesto que logró incorporar los lineamientos de las normas ISO 9001:2008, ISO 14001:2004 y OHSAS 18001:2007 como un sólo sistema en el cual enfatizó sobre el compromiso de la empresa, el liderazgo de la gerencia y la participación de todos los integrantes del sistema para llegar al objetivo del SIG, que es la documentación de instructivos de trabajo, integrando en su contenido las dichas normas mencionadas anteriormente. También, busca con la documentación de estos, generar una conciencia integral entre el personal y lograr lo que toda empresa desea, que es entregar al cliente la eficacia del 100% de los requerimientos que estos solicitan.

La documentación de los instructivos de trabajo que se realizaron para el área de Lixiviación, logró cumplir con las expectativas que se esperaban, que era principalmente estandarizar el proceso de producción y así elevar los resultados de conformidad respecto a la calidad del producto que se entrega al cliente. A pesar de que se detectaron algunos inconvenientes respecto a los trabajadores que presentan dificultades para la lectura, se logró incorporar un apartado diseñado especialmente para ellos, mediante ayuda visual, apartado que se integró formándolo con imágenes y fotografías claras sobre cada actividad que los empleados realizan, así se llegó al objetivo de documentar estos instructivos adaptados a las necesidades de cada empleado y lograr su completa comprensión y funcionamiento.

Complementando la estructura de los instructivos de trabajo, el Sistema Integrado de Gestión integra un apartado en el cual se deben identificar la manera en la que la actividad será medida en sus resultados obtenidos en la implementación del instructivo de trabajo, este apartado llamado indicadores, el cual obliga a la empresa a establecer un parámetro de medición, el cual aporta los resultados necesarios para controlar de manera eficiente el proceso de producción y así tener una

mejor visión sobre los avances o problemas que se pudieran presentar y precisamente poder controlarlos con la ayuda de estos parámetros de medición.

Es importante mencionar que la documentación de instructivos no solamente se trató de realizarlos y documentarlos, también, se determinaron responsabilidades, esto se refiere al establecimiento de un responsable para cada actividad, esto beneficiará a la empresa al momento de la investigación de accidentes o incidentes que ocurran dentro del proceso en cuestión, al determinar a un responsable, el encargado de la investigación del suceso podrá optimizar este proceso al poder identificar al responsable de la actividad en la que se ha presentado el acontecimiento y dar solución más rápidamente.

### **Discusión**

Finalmente, y uno de los resultados más importantes que se obtuvieron, cumpliendo con los objetivos del Sistema Integrado de Gestión es la realización de los instructivos integrando a éstos, los requerimientos de seguridad e higiene que el proceso de producción requiere para cumplir con la legislación aplicable y la normatividad referenciada por la norma OHSAS 18001:2007, tomando aspectos importantes de seguridad como lo son condiciones del ambiente de trabajo, las cuales se establecen de manera que éstas sean óptimas y seguras para los trabajadores, determinando el tipo de herramientas, maquinaria y equipo de protección personal obligatorio que el trabajador debe utilizar para maniobrar durante el proceso de producción.

Recordando que el principal objetivo del Sistema Integrado de Gestión es la realización de instructivos de trabajo integrando a éstos aspectos de calidad, seguridad e higiene y los aspectos del cuidado del medio ambiente, se tomó este último aspecto como parte importante para la realización de los instructivos, se logró integrar los lineamientos para el cuidado del medio ambiente tal como lo dicta la norma NOM ISO 14001:2004, tomada como referencia en cada una de las actividades del proceso, con el fin de reducir o evitar totalmente la contaminación del medio con los residuos o materiales que se manejan en las actividades.

La calidad en los procesos es uno de los aspectos más importantes dentro de una empresa, esto significa que si el proceso se realiza con calidad, el producto final que será entregado a los clientes



cumplirá con las especificaciones indicadas por sus necesidades, y la estructura que se logró crear para los instructivos de trabajo fue un enfoque importante para asegurar que el proceso de producción sea de calidad, con la ayuda de la NOM ISO 9001:2008, la cual fue referenciada para un componente importante que contiene dentro de ella, que es el enfoque al cliente, el cual, el Sistema Integrado de Gestión buscó enfatizar para llegar a tener un proceso de producción que pueda satisfacer el 100% de las necesidades de los clientes, incorporando al instructivo de trabajo las indicaciones y lineamientos específicos que el producto debe tener para considerarse apto para ser entregado al cliente final.

### **Conclusiones**

El concepto del Sistema Integrado de Gestión, abarcado por las normas ISO 9001:2008, la ISO 14001:2004 y las OHSAS 18001:2007, garantiza a la empresa la mejora en la calidad del producto, que beneficiaría al cliente final de la empresa, cumpliendo y logrando satisfacer sus necesidades, y así, poder crear una imagen competitiva ante el mercado como organización que tiene los sistemas y procesos de producción aptos para responder a demandas de producto futuras. Asegura el cuidado del medio ambiente que rodea a la empresa, fomentando tanto dentro como fuera de la organización a reforestar las áreas utilizadas, realizar paseos sobre las áreas que serán utilizadas para la recolección de plantas y animales que puedan ser dañados por el proceso, y poder establecer lineamientos en los instructivos de trabajo que exijan a las actividades reducir o evitar impactos ambientales que puedan afectar al medio ambiente. Y dicha documentación de instructivos funciona en pro de la seguridad y salud de los trabajadores, estableciendo los sistemas y restricciones de seguridad para que las actividades a realizar sean seguras y funcionales sin que sean un peligro para los trabajadores.

La documentación de los instructivos de trabajo propone la facilitación de las actividades, es decir, que el trabajador pueda consultar el documento y revisar cuales son los lineamientos, herramientas o equipos que se debe utilizar y así, asegurarse de que el proceso se realiza de manera segura y el producto será de calidad. El instructivo de trabajo también ayuda significativamente en la disminución de la variabilidad en las actividades, permitiendo que el proceso de producción se estandarice,

avance importante para la empresa conforme al producto final, el cual tendrá siempre las mismas propiedades y la misma calidad.

El área de trabajo que cuenta con información adecuada y que se encuentra disponible para todos los trabajadores genera ganancias de eficiencia, de tiempo y esfuerzo, como antes ya se ha mencionado, y los objetivos planteados en este trabajo fueron cumplidos en su totalidad, ya que se logró crear los instructivos de trabajo con los lineamientos legales y requerimientos específicos que marca la norma ISO 9001:2008.

### **Referencias**

- Abril C., Enríquez A., Sánchez J. (2006) Manual para la integración de sistemas de gestión: calidad, medio ambiente y prevención de riesgos laborales, Ed. FC Editorial
- Deming E. (1989) Calidad, Productividad y Competitividad, Ediciones Díaz de Santos
- Fraguela J., Carral L., Iglesias G., Castro A., Rodríguez M. (2011) La Integración de los Sistemas de Gestión, Necesidad de una nueva cultura empresarial, Ed. Dyna Vol. 78 no. 167
- Guzmán M., Verstappen B. (2002) Documentación y Vigilancia de los Derechos Humanos Volumen 2, Ed. Huridocs, Versoix, Suiza.
- Martínez de la Cruz, Y. S. (2012) Elaboración de un Instructivo de Trabajo para el Laboratorio de Calidad del Agua en Jumapam, Instituto Politécnico Nacional
- Miranda C., Michelena E. (2010) Problemas que afectan la implantación de un sistema integrado de gestión en una empresa plaguicidas, Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echeverría” Cujae, Ingeniería Industrial; Vol. 31 No. 2
- Nava V., Jiménez A, (2005) ISO 9000:2000: Estrategias para implantar la norma de calidad para la mejora continua, Ed. Limusa.
- Secretaria Central ISO (09 Agosto 2014) Obtenido en [www.iso.org](http://www.iso.org)

---

# **Tópico: Mantenimiento**

---

## **Capítulo VIII. Mantenimiento Preventivo a Equipos Electromecánicos y Médicos de Servicios Hospitalarios**

### **Preventive Maintenance Electromechanical Medical Equipment and Hospital Services**

Juan Antonio Murrieta Antúnez, Rubén Varela Campos, Mauricio López Acosta y Aarón Fernando Quirós Morales.

Departamento de Ingeniería Industrial. Instituto Tecnológico de Sonora, Navojoa, México.

Email:ruben.varela@itson.edu.mx

#### **Resumen**

En este artículo se conocerá la importancia y la aplicación del mantenimiento preventivo dentro de una empresa hospitalaria, donde se detectó una problemática al reparar los equipos debido a la falta de refacciones en el inventario, a la falta de planeación y de un registro formal de las refacciones que necesitan los equipos electromecánicos que prestan servicios médicos, por lo que se crearon las rutinas, se recolectaron características técnicas y se calendarizó lo necesario para una aplicación efectiva y eficiente, lo cual brindó resultados factibles. Se inició desde la recolección de datos, aplicando el Método de Razones de Riesgo para todos los equipos, su caracterización técnica y sus rutinas de mantenimiento individualizadas. Se finalizó con una clasificación del nivel de importancia para enfatizar la aplicación de este método en los equipos más críticos dentro del servicio que brinda la institución, con la finalidad de una perpetua, correcta e individualizada aplicación de este tipo de mantenimiento.

**Palabras clave:** Mantenimiento, riesgo, falla.

#### **Abstract**

In this article the importance and implementation of preventive maintenance in a hospital company, where a problem was detected while repairing equipment due to lack of spare parts inventory, lack of planning and of formal record of the parts will be known electromechanical equipment they need to provide medical services, so that routines were created, collected and technical characteristics necessary for effective and efficient implementation are calendary, which provided feasible results. Started from data collection, applying the method of Risk Ratios for all teams, technical characterization and individualized maintenance routines. It ended with a classification level of importance to emphasize the application of this method in the most critical equipment within the

service offered by the institution, for the purpose of a perpetual, individualized correct application of this type of maintenance.

*Keywords:* Maintenance, risk, failure.

## **Introducción**

El resultado de la aplicación de una metodología mediante el cual, con un programa de mantenimiento preventivo madurado, se le aplicó un programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad, con esto se modificó su programa de mantenimiento preventivo, simplificándolo y haciéndole aportes de mantenimiento predictivo y autónomo. El rediseño de la función ha logrado reducir la carga de trabajo de mantenimiento, sin reducir la disponibilidad de los equipos y en el peor de los casos conservando la confiabilidad (Montilla, Arroyave, & Carlos, 2007).

El Mantenimiento Preventivo puede ser aplicado considerando diversas estrategias. La elección de cada una de ellas va a depender del beneficio económico que se logre de su aplicación. Según Arata (2009) para el modelamiento y selección de una política de mantenimiento preventivo debe tenerse en cuenta las siguientes consideraciones:

- La tasa de falla del componente en cuestión debe ser creciente.
- El costo total de la intervención de emergencia debe ser superior al costo total de la intervención preventiva.
- Existen sólo dos estados posibles para componentes bajo análisis: funcionamiento o no funcionamiento.

Conforme a la problemática presentada actualmente se puede hacer la pregunta: ¿Qué medidas se pueden aplicar para mejorar la eficiencia del sistema de conservación que funciona actualmente en la Institución?

### **Objetivo**

Implementar un sistema que permita monitorear el mantenimiento de los equipos existentes para así tener una mejor administración, control e indicadores y con esto poder detectar equipos con fallas frecuentes, evitar daños mayores en máquinas, así como ahorrarle dinero a la empresa y tiempo

valioso que se necesitaría para salvar una vida, esto por medio de un mantenimiento preventivo que aplique a todos los equipos médicos y electromecánicos y beneficie a toda la empresa. El resultado del proceso de planificación (mantenimiento preventivo), la salida fundamental es una matriz de intervenciones de mantenimiento y suministro de piezas de repuesto, accesorios y material anual y mensual para cubrir las actividades programadas, (Cruz, 2010). Este proyecto se está realizando ya que se detectó un problema al reparar los equipos debido a la falta de refacciones en el inventario, a la falta de planeación y a un registro formal de las refacciones que necesitan los equipos electromecánicos, por lo que se va a optar por crear dichos registros, y así agilizar los pedidos de refacciones, la reparación de la falla y una mejor administración del inventario para optimizarlo, además de prevenir las fallas de los equipos y actuar antes de que ocurra la avería.

Las consecuencias de no utilizar un mantenimiento preventivo en todas las máquinas del Hospital son altos costos impactando directamente los gastos de la empresa además de disminuir la vida útil de la máquina así como su funcionalidad no será completa. Los beneficios del mantenimiento preventivo según Cruzan (2009), son:

- Extender la vida del equipo.
- Reducir costos.
- Ahorrar energía.
- Improvisa la experiencia de tus clientes.
- Hace tu trabajo más fácil.
- Eficiencia y Efectividad.

### **Método**

El sujeto bajo estudio es una empresa de servicios de salud, dentro del área de equipos electromecánicos y médicos, para el desarrollo de un programa de mantenimiento preventivo, por lo que es necesario contar con la participación del ingeniero del área de conservación y el técnico en equipos médicos para lograr obtener información de cómo se realiza actualmente, y así identificar las acciones de mantenimiento para cada uno de los equipos y la calendarización de ellos.

Con esto se pretende lograr una mejora en la efectividad y ejecución de los programas actuales de mantenimiento, a la vez que se priorizan y se agregan nuevas rutinas de prevención de los equipos para mantener en condiciones adecuadas el equipo. Para esta investigación es necesario contar con

el inventario real y actualizado de los equipos electromecánicos y médicos que están en funcionamiento con cada una de sus características así como los formatos de rutinas de mantenimiento, cronograma de actividades y calendario de actividades permanentes. A continuación se presenta el procedimiento llevado a cabo:

Paso 1: Evaluar la Razón de Riesgo de Cada Equipo. Se caracteriza el equipo de acuerdo con el nivel de riesgo, en las categorías: I, IIa, IIb, y III, en orden ascendente de riesgo usar tabla 2.

Tabla 2. Razón de Riesgo.

Riesgo	Alcance
Clase III	12
Clase IIb	7
Clase IIa	5
Clase I	3

Fuente: Galán y cols. (2008).

Paso 2: Evaluar la Razón de Consecuencia de Cada Equipo. Se evalúa la razón de consecuencia que está relacionada con el efecto que pudiera tener sobre el paciente u operadores, un mal funcionamiento del equipo usar tabla 3.

Tabla 3. Razón de Consecuencia.

Consecuencia	Alcance
Muerte	12
Daños o heridas	6
Maltrato	3
Incomodidad o insatisfacción	2
Tratamiento demorado	1
Sin consecuencias	0

Fuente: Galán y cols. (2008).

Paso 3: Evaluar la Razón de Mantenimiento de Cada Equipo. Se indican todos los aspectos que contribuyen a la necesidad de una intervención técnica al equipo usar tabla 4.

Tabla 4. Razón de Mantenimiento.

Aspectos	Alcance
El equipo requiere de ajustes electrónicos.	
El equipo requiere de ajustes mecánicos.	
Existen partes móviles.	
El equipo requiere de reemplazo de partes regularmente.	
El equipo requiere de intervención significativa del usuario.	
Existen requerimientos organizativos.	
El equipo requiere de limpieza regularmente.	

Fuente: Galán y cols. (2008).

Paso 4: Evaluar la Razón de Protección de Cada Equipo. Se evalúa la razón de protección que está relacionada con el incremento del nivel de riesgo de acuerdo con los factores de protección que no estén disponibles en el equipo, en los casos que sea aplicable usar tabla 5.

Tabla 5. Razón de Protección

Aspectos	Alcance
No están disponibles las alarmas del paciente.	
No existen alarmas funcionales.	
Las alarmas no son audibles, ni visibles.	
No existen mensajes, ni códigos de error.	
No existe un régimen continuo de chequeo del equipo.	
No existen mecanismos de seguridad ante fallas.	
No hay atención continua del operador.	
El equipo no se auto chequea al encenderse.	
El equipo no tiene auto chequeo manual.	

Fuente: Galán y cols. (2008).



Paso 5: Evaluar la Razón de Mortalidad de Cada Equipo. Se indica la presencia de contactos peligrosos que pudiera tener el equipo y que causaría riesgos directos e indirectos al operador o paciente. Se refiere a equipos tales como electro bisturí, desfibriladores, entre otros usar tabla 6.

Tabla 6. Razón de Mortalidad.

Aspectos	Alcance
Directos	5
Indirectos	3
Ninguno	0

Fuente: Galán y cols. (2008).

Paso 6: Evaluar la Razón de Uso de Cada Equipo. Se tipifica cuando el equipo es usado y cómo influye esto con una falla potencial usar tabla 7.

Tabla 7. Razón de Uso.

Uso	Alcance
Frecuente	5
Esporádico	3
Bajo	0

Fuente: Galán y cols. (2008).

Paso 7: Evaluar la Razón de Complejidad de Cada Equipo. Se expresa a criterio de los especialistas de electro medicina, de acuerdo con su mantenibilidad, diseño y grado de automatización usar tabla 8.

Tabla 8. Complejidad.

Clasificación	Alcance
Alta	10
Media	5
Baja	3

Fuente: Galán y cols. (2008).

Paso 8: Evaluar la Razón de Importancia Investigativa-Productiva de Cada Equipo. Se evalúa la relación con la afectación del proceso si se detiene el equipo usar tabla 9.

Tabla 9. Importancia Investigada y Productiva.

Clasificación	Alcance
Imprescindible	10
Limitante	5
No limitante	0

Fuente: Galán y cols. (2008).

Paso 9: Evaluar el Régimen de Operación de Cada Equipo. Se evalúa el régimen de operación relacionado con la continuidad en el funcionamiento del equipo durante un tiempo determinado usar tabla 10.

Tabla 10. Régimen de Operación.

Clasificación	Alcance
Continuo	10
Intermitente	5
No continuo	3

Fuente: Galán y cols. (2008).

Paso 10: Evaluar las Condiciones de Explotación de Cada Equipo. Se evaluarán las condiciones del lugar donde se encuentra ubicado el equipo, debe precisarse los requerimientos necesarios en cada sitio y posteriormente realizar la clasificación usar tabla 11.

Tabla 11. Condiciones de Explotación.

Clasificación	Alcance
Condiciones severas de explotación.	10
Condiciones ligeras de explotación.	5
Condiciones Óptimas.	0

Fuente: Galán y cols. (2008).

Paso 11: Evaluar la Operatividad de Cada Equipo. Se indicará la capacidad de trabajo que tiene el equipo durante un tiempo sin reportar averías usar tabla 12.

Tabla 12. Operatividad

Clasificación	Alcance
Baja Operatividad	5
Alta Operatividad	0

Fuente: Galán y cols. (2008).

Paso 12: Determinar el Nivel de Prioridad de Cada Equipo Evaluado. Se realizará la evaluación de los equipos por separado para cada uno de los parámetros antes mencionados. La determinación del nivel de prioridad (P) es el resultado de la sumatoria de cada uno de dichos parámetros por cada equipo médico, usar ecuación 2.

$$Px = RR + RC + RM + RP + MO + RU + C + IP + RO + CO + O \quad \text{Ec 2.}$$

Dónde: "x" es la variable que identifica el equipo médico. Una vez obtenido el puntaje, el equipo entra a una de las diferentes clases que definirá su nivel de importancia dentro de los niveles de criticidad definidos.

Paso 13: Formular Protocolos de Mantenimiento para Cada Equipo. Se realizarán varios formatos, incluyendo las características técnicas de cada equipo, así como las tareas que se deben de realizar de cada equipo en particular, esto con el fin de llevar un control y facilitar el mantenimiento oportuno con las actividades que realmente se necesitan usar tabla 14.

Tabla 14. Rutinas de Mantenimiento.

RUTINAS DE MANTENIMIENTO					
CODIGO	PROCEDIMIENTOS	OE	Frecuencia		
			a	b	c
10015 001 01	Cheque las condiciones del cordón de potencia si es eléctrica.	D	A	A	A
10015 001 02	Verifique la integridad mecánica y limpie los controles externos, botones, vidrios, platillos, etc., cuando el equipo los posea.	DO	A		
10015 001 03	Limpie el chasis externamente.	DO	A		
10015 001 04	Inspeccione la balanza con pesadas y verifique que funcione correctamente el asentamiento.		A		
10015 001 05	Chequee el nivel y soporte de la balanza.	AO	A		
10015 001 06	Verifique la precisión de la balanza estando en operación.		A		
10015 001 07	Ajuste la humedad, sensibilidad y cero de la balanza, si es aplicable al equipo; de acuerdo a las referencias dadas por los fabricantes.		A	A	A
10015 001 08	Pruebe la exactitud de la balanza, exactitud del rango óptico y precisión cuando sea aplicable.		A		
10015 001 09	Chequee la fuga de corriente eléctrica e integridad de polo a tierra cuando sea aplicable al equipo.		A		

D = Diario  
 S = Semanal  
 T = Trimestral  
 SM = Semestral  
 AO = Antes de Operarlo  
 DO = Después de Operarlo  
 a = Equipo de uso rutinario o para emergencia  
 b = Equipo en estado no operativo o almacenado por más de 30 días  
 c = Equipo en reserva, pero almacenado por más de 30 días y que no es de emergencia.

A = Anual  
 N = Indeterminado  
 OE = Operador de Equipo  
 TEM = Técnico Equipo Médico  
 DLO = Durante la Operación

Fuente: Galán y cols. (2008).

Paso 14: Realizar un Cronograma de Actividades Para su Control. Elaborar un calendario de mantenimiento para cada equipo y así monitorear las actividades realizadas y a realizarse de mantenimiento preventivo en los tiempos específicos usar tabla 15.

Tabla 15. Cronograma de Actividades.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS														
Objetivos específicos	1996												1997	
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB
Cambio de tubería de agua caliente	■													
Cambio de planta eléctrica de emergencia			■											
Sistematización del departamento							■							
Instalación de medidores de agua, electricidad por áreas de servicios.		■		■		■								

Fuente: Galán y cols. (2008).

Paso 15: Priorización. Una vez obtenido el resultado de evaluación, se procede a categorizar los niveles de importancia de cada equipo evaluado y con esto determinar la mejor forma de mantener la vida útil de todos los equipos usar tabla 16 para establecer rutinas constantes de mantenimiento.

Tabla 16. Calendario de Actividades Permanentes.

DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO CALENDARIO DE ACTIVIDADES PERMANENTES											
No.	ACTIVIDADES	D	S	Q	M	T	S	A	RESPONSABLE	OBSERVACION	
1	Pedido de materiales al almacén para la ejecución de diferentes trabajos.	X							Asistente		
2	Inspección a las áreas para establecer daños o averías y establecer prioridades.	X							Jefe Dpto. Asistente		
3	Informe novedades de personal.	X							Jefe Dpto.		
4	Informes gastos caja menor.	X	X						Asistente	Viernes	
5	Registro operación caldera.	X							Calderero	9:00	
6	Informe ingresos al almacén.	X							Almacenista		
7	Inspección selectiva de almacén.		X						Jefe Dpto.	Asistente	
8	Operación planta emergencia, ensayo y verificación.		X						Asistente electricista	Sábado	
9	Operación caldera no. 2 para garantizar su funcionamiento.			X					Asistente calderero	Sábado	
10	Operación general de plantas eléctricas y ensayos a máxima capacidad.				X				Asistente electricista calderero	Domingo	
11	Informes y estadísticas de trabajos.				X			X	Jefe Dpto.		
12	Informe consumo agua y energía.				X			X	Jefe Dpto.		
13	Informe de gestión del departamento.					X		X	Jefe Dpto.	Junio, Diciembre	
14	Ejecución presupuestal.					X		X	Jefe Dpto.		
15	Ejecución de objetivos.					X		X	Jefe Dpto.		
16	Elaboración presupuesto para la vigencia siguiente.							X	Jefe Dpto. asistente		
17	Calificación del personal del departamento (incluye entrevista).					X			Jefe Dpto.		

Fuente: Galán y cols. (2008).

## Resultados

### *Razones de Riesgo Evaluadas*

Se evaluaron los puntos del procedimiento que abarcan del paso 1 al 12 para cada uno de los equipos médicos, se definió un puntaje preliminar para cada equipo evaluado, donde al final la suma

general de todos los puntos indicó el nivel de criticidad y con ello su nivel de priorización para mantenimiento preventivo dentro de la institución.

Se ordenaron de mayor a menor para así poder determinar los equipos de riesgo alto y priorizar de manera más clara y objetiva. Al ordenarlos se obtuvo los siguientes resultados (ver Tabla 17).

Tabla 17. Evaluación de Riesgo a Equipos Médicos.

EQUIPO	RR	RC	RM	RP	MO	RU	C	IP	RO	CE	O	P
CARRO ROJO	12	12	10	7	3	5	10	10	10	5	0	84
EQUIPO DE ANESTECIA	12	12	14	0	5	5	10	10	10	0	0	78
VENTILADOR	12	12	12	0	5	5	10	10	10	0	0	76
DEFIBRILADOR	12	12	12	0	5	5	10	10	10	0	0	76
BOMBA DE INFUSION	12	12	12	0	5	5	10	10	10	0	0	76
TOCOCARDIOGRAFO	12	12	12	0	5	5	10	10	10	0	0	76
ELECTROCAUTERIO	12	6	10	6	5	5	10	10	10	0	0	74
MONITOR DE SIGNOS VITALES	12	12	10	0	3	5	10	10	10	0	0	72
CUNA TERMICA CON FOTOTERAPIA	12	12	8	1	5	5	5	10	10	0	0	68
INCUBADORA	12	12	8	0	5	5	5	10	10	0	0	67
COLPOSCOPIO	12	6	10	3	5	3	10	10	5	0	0	64
LAMPARA DE EMERGENCIA QUIRURGICA	12	12	6	5	3	3	3	10	10	0	0	64
ELECTROCARDIOGRAMA	12	12	8	1	5	5	5	5	10	0	0	63
MICROSCOPIO	7	6	10	7	5	3	10	10	5	0	0	63
EQUIPO DE ULTRASONIDO	7	12	10	1	5	3	10	5	5	0	5	63
EQUIPO DE RAYOS X	5	6	8	6	5	3	5	5	5	0	5	53
ASPIRADOR	5	3	6	6	5	5	3	5	10	0	0	48
LARINGOSCOPIO	7	2	10	6	0	3	10	5	5	0	0	48
DETECTOR DE PULSO FETAL	7	1	8	1	5	5	5	5	10	0	0	47
REVELADORA DE RAYOS X	5	1	12	2	0	3	3	5	5	0	5	41
ESPIROMETRO	3	1	8	5	5	3	5	0	5	0	5	40
LENSOMETRO	5	1	8	5	5	0	5	0	5	0	5	39
TONOMETRO DE APLANACION	3	1	6	6	5	3	5	0	5	0	5	39
CENTRIFUGA DE MESA	3	1	8	5	0	3	5	0	5	0	5	35
ESTERILIZADOR DE VAPOR	5	1	6	6	0	3	3	0	5	0	5	34

Fuente: Elaboración propia.

*Protocolos de Mantenimiento para cada Equipo.*

Al obtener los puntajes de las razones de riesgo evaluadas se pudo obtener una priorización justificada por el nivel de criticidad de cada equipo médico y se establecieron las características técnicas y rutinas de mantenimiento preventivo necesarias para su correcta operatividad, así como la de los equipos electromecánicos que siempre están operando y son considerados críticos (ver TABLA 18 y 19).

Tabla 18. Características Técnicas.

BOMBA DE INFUSIÓN			
MODELO: <u>Baxter</u>		Tipo: <u>Flogard 620</u>	
Voltaje: <u>127</u> voltios		Potencia: <u>250</u> vatios	Fases: <u>1</u> Ciclos: <u>60</u> Hz
Código: _____			
También llamado: Respirador artificial	Requerimientos de instalación: No requiere		
Ubicación: Urgencias Recuperación	Seguridad eléctrica: Requiere corriente eléctrica de 127 volts una fase con polo a tierra y 60 ciclos. Además de una batería autónoma.		
Definición: Es un pequeño dispositivo médico programable que funciona con una batería y administra medicación. Consta de 3 partes: una área de indicadores de estado y alarmas, un área de programación y display de volumen infundido y por último la unidad de bombeo.	Pruebas de funcionamiento: Prueba de encendido.		
Accesorios del equipo: Circuito al paciente Soporte			
Preparación para el transporte y almacenamiento: No aplica.			

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19. Rutinas de Mantenimiento.

RUTINAS DE MANTENIMIENTO DE LA BOMBA DE INFUSIÓN					
CODIGO	PROCEDIMIENTOS	OE	Frecuencia		
			TEM		
			a	b	c
012	CHECAR SOPORTE		S		
013	VERIFICAR ENCENDIDO		D		
014	CAMBIAR CIRCUITO AL PACIENTE	AO	D		
015	CHECAR CONEXIONES	AO	D		
016	LIMPIEZA GENERAL		T		

D = Diario	A = Anual
S = Semanal	N = Indeterminado
T = Trimestral	OE = Operador de Equipo
SM = Semestral	TEM = Técnico Equipo Médico
AO = Antes de Operarlo	DLO = Durante la Operación
DO = Después de Operarlo	
a = Equipo de uso rutinario o para emergencia	
b = Equipo en estado no operativo o almacenado por mas de 30 días	
c = Equipo en reserva, pero almacenado por mas de 30 días y que no es de emergencia.	

Fuente: Elaboración propia.

Cronograma de Actividades para su Control.

Se elaboró un cronograma de actividades que se realizan a lo largo del año para así llevar un control y que todos los procedimientos se encuentren documentados (ver Tabla 20).

Tabla 20. Cronograma de Actividades.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS													
Objetivos específicos	2014												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
Servicio a aires acondicionados de ventana	██████████												
Forrado de tubería de agua helada	██████████												
Servicio a manejadoras de aire acondicionado	██████████												
Servicio a caldera #1											██████████		
Servicio a caldera #2			██████████										

Priorización.

Se realizaron las rutinas de mantenimiento permanentes que se llevan a cabo de manera obligatoria a lo largo del año estableciendo cada que tanto tiempo se realizarán y con qué continuidad, así como los responsables de cada una. Estas rutinas favorecen la optimidad de las operaciones que realiza el departamento de conservación (ver Tabla 21).



Tabla 21. Calendario de Actividades Permanentes.

DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO CALENDARIO DE ACTIVIDADES PERMANENTES										
No.	ACTIVIDADES	D	S	Q	M	T	S	A	RESPONSABLE	OBSERVACION
1	Pedido de materiales al almacén para la ejecución de diferentes trabajos.	X							Asistente	
2	Inspección a las áreas para establecer daños o averías y establecer prioridades.	X							Jefe Dpto. Asistente	
3	Informe novedades de personal.	X							Jefe de Conservación	
4	Pedido de materiales al almacén para diferentes trabajos.	X							Técnico	
5	Registro operación caldera.	X							Técnico en fluidos y energéticos	
6	Informe ingresos al almacén.	X							Almacenista	
7	Inspección selectiva de almacén.		X						Almacenista	
8	Operación planta emergencia, ensayo y verificación.		X						Asistente electricista	
9	Operación caldera para garantizar su funcionamiento.	X							Asistente de Técnico en fluidos y energéticos	
10	Operación general de plantas eléctricas y ensayos a máxima capacidad.		X						Asistente electricista y Técnico en fluidos y energéticos	
11	Informes y estadísticas de trabajos.				X			X	Jefe de Conservación	
12	Informe consumo agua y energía.				X			X	Jefe de Conservación	
13	Informe de gestión del departamento.					X		X	Jefe de Conservación	
14	Ejecución presupuestal.				X			X	Jefe de Conservación	
15	Ejecución de objetivos.					X		X	Jefe de Conservación	
16	Elaboración presupuesto para la vigencia siguiente.							X	Jefe Dpto. asistente	
17	Calificación del personal del departamento.						X		Jefe de Conservación	
18	Inspección a las áreas para establecer daños o averías.	X							Jefe de Conservación	
19	Reparación de averías de equipos médicos.	X							Técnico de Equipos Médicos	
20	Reemplazo de iluminación de Hospital.	X							Técnico Electricista	
21	Instalación de medidores de agua, electricidad por áreas de servicios							X	Plomero y Técnico electricista	

Fuente: Elaboración propia.

## Discusión

La aplicación del mantenimiento preventivo y su integración en los procedimientos actuales, establecen una clara mejora general en los equipos, ya que se realizó una plena documentación de características individuales de los equipos en servicio y sobre todo, la calendarización de actividades a futuro logrando documentar y establecer la criticidad de cada equipo y sus periodos de servicio, también se establecieron rutinas de mantenimiento preventivo con el procedimiento de revisión correcto e individualizado, los números y cantidad de partes a requerir.

Además se creó un calendario de actividades anuales para el departamento de conservación, y un cronograma de actividades permanentes, por lo que sólo queda del departamento de conservación seguir aplicando y mejorando dicha información para así tener un mejor funcionamiento y eficiencia de todos los equipos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aguilá, J., & Monguet, J. M. (2011). ¿Por qué algunas empresas tienen éxito y otras no?: Casos de éxito, ideas clave y herramientas para innovar. Grupo Planeta Spain.
- Amendola, L. J. (2006). Gestión de proyectos de activos industriales. Valencia: Ed. Univ. Politéc.
- Andreani, A. A. (2005). Organización Liviana y Gestión Participativa. RIL Editores.
- Arata, A. (2009). Ingeniería y gestión de la confiabilidad operacional en plantas industriales. Aplicación de la Plataforma R-MES. RIL Editores.
- Arbós, L. C. (2012). Procesos en flujo Pull y gestión Lean. Sistema Kanban: Organización de la producción y dirección de operaciones. Ediciones Díaz de Santos.
- August, J. (2004). RCM Guidebook: Building a Reliable Plant Maintenance Program. Pennwell Books.
- Brito Ballina, M. L., Del Castillo Serpa, A. M., & Fraga Guerra, E. (2009). Análisis de Criticidad Personalizados. Ingeniería Mecánica, 1-12.
- Calle, I. F. (2013). Seguridad Funcional en Instalaciones de Proceso: Sistemas Instrumentados de Seguridad y Análisis. Ediciones Díaz de Santos.
- Colas, M. V. (2007). Implantación y Mantenimiento de aplicaciones ofimáticas y corporativas. Editorial Paraninfo.

- Cruz, A. M. (2010). Gestión tecnológica hospitalaria: un enfoque sistémico. Universidad del Rosario.
- Cruzan, R. (2009). Manager's Guide to Preventive Building Maintenance. The Fairmont Press, Inc.
- Fynn, C., Basson, M., Sinkoff, S., Moubray, A., & Nadeau, R. (2007). Applicability of Reliability-Centered Maintenance in the Water Industry. American Water Works Association.
- Galán, M. R., Pontón, L. G., & Malagon, G. (2008). Administración hospitalaria. Ed. Médica Panamericana.
- González Méndez, E., & Martínez Méndez, C. A. (2010). Cálculo de la criticidad en los subsistemas del segmento fijo en la PSTN de Cuba. Técnica De La Empresa De Telecomunicaciones De Cuba, S.A. , 57-61.
- Montecelos, J. T. (2005). Desarrollo de Instalaciones Electrotécnicas en los Edificios. Editorial Paraninfo.
- Montilla, C. A., Arroyave, J. F., & C. E. (2007). Caso de aplicación centrado en la confiabilidad RCM, previa existencia de mantenimiento preventivo. Scientia Et Technica.
- Nieves, A. A. (2011). Gestión del Mantenimiento de Instalaciones de Energía Eólica. Editorial Vértice.
- Rodríguez, E. (2010). Guía Esencial de Metodología en ventilación Mecánica No Invasiva. Ed. Médica Panamericana.
- Watterson, J. (2011). Diagnostic Skills. ShieldCrest.
- Wireman, T. (2004). Total Productive Maintenance. Industrial Press, Inc.

## **Capítulo IX. Mantenimiento productivo total para equipos de laboratorio de Institución de Educación Superior**

### **Total productive maintenance for laboratory equipment of Institution of Higher Education**

Antonio Marmolejo Díaz, Juan Josué Ezequiel Morales Cervantes, Luis Fernando Olachea Parra, Blanca Delia González Tirado, Miriam Guadalupe Baca Castro  
Departamento de Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico de Sonora. Empalme, Sonora México.  
josue.morales@itson.edu.mx

#### **Resumen**

En los laboratorios de ingeniería del Instituto Tecnológico de Sonora Unidad Guaymas, se detectaron fallas en equipos y máquinas que se utilizan para la realización de prácticas, por lo cual se planteó el objetivo de implementar un Sistema de Mantenimiento Productivo Total, para mejorar la calidad en el servicio brindado a sus clientes. Respecto al método utilizado para el logro del presente proyecto se puede mencionar que los pasos fueron: capacitar al personal del área en relación al Mantenimiento Productivo Total, identificar equipo y maquinaria, establecer políticas básicas y objetivos, diseñar el plan maestro de TPM, mejorar la efectividad del equipo, establecer un programa mantenimiento autónomo, preparar un calendario para el programa de mantenimiento, implementar el entrenamiento para la operación y las habilidades del mantenimiento y verificación de los resultados obtenidos a través de la implementación del Mantenimiento Productivo Total. Entre los resultados más importantes se pueden citar: reducción de averías en los equipos, reducción del tiempo de espera y de preparación de los equipos, control de la precisión de las herramientas y equipos, formación y entrenamiento del personal, así como implementación y seguimiento de un programa de 5 eses; lo anterior permitió mejorar el servicio brindado a maestros y alumnos, que se reflejó en una mejor evaluación del área en las encuestas periódicas de calidad en el servicio que aplica el Departamento de Laboratorios de la institución bajo estudio.

*Palabras clave: Efectividad de equipo, Mantenimiento autónomo, Calidad.*

#### **Abstract**

In the laboratories of engineering at Guaymas Sonora Institute of Technology Unit, faulty equipment and machines used for the experiments were detected, so the aim of implementing a Total Productive Maintenance System was proposed to improve the

quality the service provided to the customers. Regarding the method used to achieve this project can be mentioned that the steps were: train staff area in relation to Total Productive Maintenance, identify equipment and machinery, establish basic and objective policy design master of Total Productive Maintenance plan, improve the team effectiveness, establish an autonomous maintenance program, prepare a timetable for the maintenance program, implement training for operation and maintenance skills and Verification of the results obtained through the implementation of Total Productive Maintenance. Among the most important results can include: reducing equipment breakdowns, reduced waiting time and preparation equipment, precision control of tools and equipment, training and staff training, and implementation and monitoring of a program of 5 S's; This enabled better service offered flanged teachers and students, which was reflected in a better assessment of the area in periodic surveys of quality service applying Department of Laboratories of the institution under study.

*Keywords: Team effectiveness, Autonomous maintenance, Quality*

## **Introducción**

En el presente siglo las Instituciones de Educación Superior (IES) enfrentan el surgimiento y consolidación de importantes tendencias sociales, culturales, políticas y económicas, que redefinen su perfil, su organización y sus estructuras. En este sentido, según comenta Oliverio García (2012), para México es claro que las tareas que deben realizarse son múltiples y abarcan prácticamente la reestructuración de todas nuestras instituciones; en particular las de educación superior, pues en ellas descansa la enorme responsabilidad de participar proactivamente en la construcción de la sociedad del conocimiento.

Algo que también concierne a las IES, según comenta Duffuaa (2004) es que las organizaciones eficientes tienen un sistema de mantenimiento controlado, la reconversión de la actividad de mantenimiento debe verse, en primera instancia, como la adopción de un sistema que se adapte a las necesidades de cada empresa y particularmente a las características y el estado técnico del equipamiento instalado en ellas; esto también es algo que implica a las IES.

En la actualidad el mantenimiento ha ido adquiriendo una importancia creciente, los adelantos tecnológicos han impuesto un mayor grado de mecanización y automatización de la producción, lo que exige un incremento constante de la calidad; por otro lado, la

fuerte competencia comercial obliga a alcanzar un alto nivel de confiabilidad del sistema de producción o servicio, a fin de que este pueda responder adecuadamente a los requerimientos del mercado (Morrow, 1984). El mantenimiento pasa a ser así, una especie de sistema de producción o servicio alternativo, cuya gestión corre paralela a éste, consecuentemente, ambos sistemas deben ser objetos de similar atención, la evidencia empírica demuestra, no obstante, que la mayor atención se centra en la actividad productiva o de servicio propiamente dicha.

Los equipos con un mantenimiento adecuado realizan un trabajo de calidad, la cual es de gran importancia en toda organización, como menciona Gutiérrez Pulido (2010), “En la actualidad todos coincidimos en reconocer la necesidad de mejorar la calidad de los productos y servicios para poder ser competitivos y permanecer en el negocio. En lo que frecuentemente no se coincide es en la forma de lograrlo. Algunos piensan que la mejora se dará con el sólo hecho de exigir calidad en el trabajo que desempeña cada uno de los miembros de la organización, es decir, piensan que es cuestión de imponer disciplina a los trabajadores”.

En el área de mantenimiento existen diversas estrategias para la selección del sistema a aplicar en cada equipo; sin embargo, la mayoría de estas estrategias no tienen en cuenta la naturaleza del fallo; en contraste, este elemento es de vital importancia para un empleo óptimo de los recursos en el área analizada. Otros aspectos que comúnmente no se tienen en cuenta para la selección de las posibles estrategias de mantenimiento a utilizar en cada equipo son el nivel de riesgo que ofrece el fallo para los operarios o para el medio ambiente y las afectaciones de calidad para el proceso productivo o de servicio.

Son muchas las empresas que optan por realizar ajustes en sus métodos para la realización de mantenimiento en sus procesos con la finalidad de reducir costos, eficientar los procesos y lograr la satisfacción del cliente como lo comenta el Dr. Jack Roberts (Roberts, s/f) “Ford, Eastman Kodak, Dana Corp., Allen Bradley, Harley Davidson, son solamente unas pocas de las empresas que han implementado Mantenimiento Productivo Total (TPM) con éxito. Todas ellas reportan una mayor productividad gracias a esta disciplina. Kodak por ejemplo, reporta que con 5 millones de dólares de inversión, logró aumentar sus utilidades en \$16 millones de beneficio directamente derivado de implementar el TPM.

El presente estudio se realizó en el Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON) Unidad Guaymas, en donde la visión está enfocada a la sociedad, a generar contribuciones de alto valor agregado y economía del conocimiento; para lograr esto se requiere de una adecuada gestión de los procesos internos y estandarización de un sistema de calidad, asimismo el mantenimiento de las instalaciones es vital para generar los servicios con calidad que los clientes merecen.

Mencionando algunos antecedentes del ITSON, se puede mencionar que en 1984 comienza la construcción de su campus en Guaymas, en lo que hoy es su ubicación actual, se construye un edificio para nueve aulas, un edificio administrativo y uno de laboratorio con biblioteca y un área de computación. De 1990 a 1994, fue un período de crecimiento sin precedentes, modernizando y consolidando su infraestructura y proyectos académicos, preparando y colocando a esta Institución en niveles óptimos para continuar aportando mejores soluciones y alternativas a la sociedad en su desarrollo (ITSON, 2013).

Hoy en día su crecimiento coloca al ITSON como la principal institución de educación superior en el estado y su presencia en las ciudades de Navojoa, Obregón, Guaymas y Empalme ha contribuido con el desarrollo de estas regiones. La estructura de la Unidad Guaymas está compuesta por dos áreas la académica, con sus 8 programas académicos y la administrativa, y es en esta última área donde el Departamento de Laboratorios se ocupa de dar servicio y apoyo a los programas educativos de Ingeniería Industrial y de Sistemas (IIS), Licenciado en Psicología (LPS) y Licenciado en Administración de Empresas Turísticas (LAET); es decir a tres de las ocho carreras terminales en el campus que ofrece ITSON Unidad Guaymas.

El área de laboratorios fue seleccionada por la dirección del instituto para implementar mejoras, debido a la prioridad que se tiene por la acreditación de los programas de estudio, y una de las observaciones que hacen los organismos acreditadores es sobre la excelente condición que se debe guardar en los laboratorios de práctica, así como funcionalidad que deben guardar máquinas y equipos; y fue en este mismo sentido, la observación que presentó el Consejo de Acreditación de la Enseñanza en Ingeniería (CACEI) en la última revisión al programa de IIS de Unidad Guaymas, sobre la falta de un programa de mantenimiento. En la figura 1, se presenta el proceso para la atención y

préstamo de equipo y/o material, del área de laboratorio.

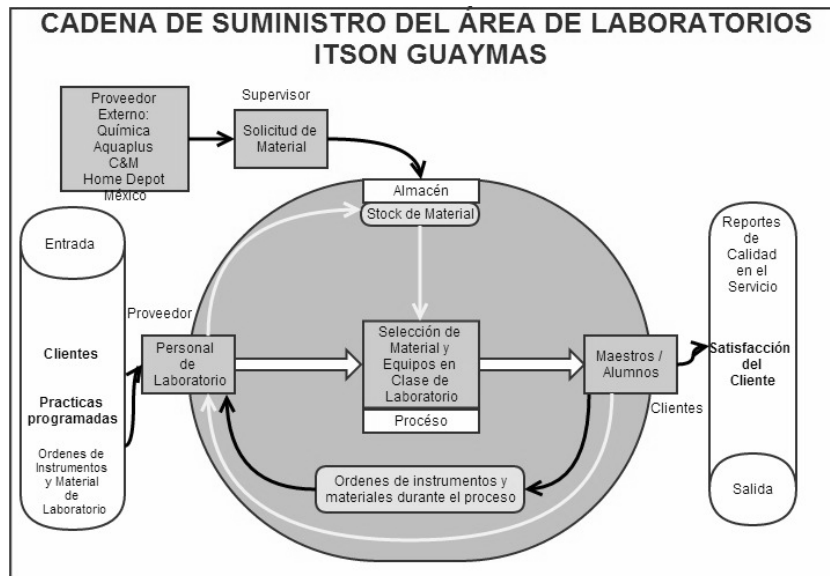


Figura 1. Proceso para la atención y préstamo de equipo y/o material.

Fuente: elaboración propia.

En la Figura 1, se ilustra el servicio de laboratorios partiendo de las solicitudes de materiales y equipo para el desarrollo de la práctica, una vez desarrollada la orden se procede a verificar que se cuente con los materiales, posteriormente se transporta el contenido de la orden al aula o instalación correspondiente.

En ITSON Unidad Guaymas se ofrecen ocho licenciaturas, siendo la de Ingeniero industrial y de Sistemas, el programa educativo que más utiliza la modalidad de enseñanza a través de la práctica de laboratorio como parte de la formación integral del alumno. El plan de estudios de este programa data del año 2009 y está compuesto por 56 materias, de las cuales ocho se imparten con tres horas de teoría y dos de laboratorio por semana; dichos cursos son: Mecánica General, Ingeniería de Materiales, Química, Electromagnetismo, Termodinámica, Procesos de Manufactura, Ergonomía, Estudio del Trabajo II.

Una de las principales funciones del área de laboratorios es contribuir con el desempeño seguro y exitoso de las funciones sustantivas de ITSON, además de operar bajo un enfoque de mejora continua en los procesos, ofreciendo a la comunidad universitaria los servicios de laboratorio necesarios para su formación académica. Respecto a la situación



actual que se presenta en el área de laboratorios se ha observado, que con el aumento de la matrícula en ITSON Unidad Guaymas, se ampliaron y equiparon con mayor cantidad de máquinas y equipos los laboratorios los cuales deben de contar con un mantenimiento preventivo que garantice el funcionamiento del equipo al 100% siempre que se necesite.

En ocasiones, los equipos y máquinas no se aprovechan en su totalidad, ya que éstos no se encuentran aptos para trabajar, como mencionan Niebel (2001): “Una revisión cuidadosa de muchos trabajos, con frecuencia revela posibilidades de utilizar una mayor parte de la calidad de la máquina”, y por no contar con los cuidados adecuados resulta en ocasiones complicado exigir una mayor intensidad de trabajo a los equipos, por tal motivo es conveniente brindarle el mantenimiento adecuado a las necesidades de operación del mismo.

Se han reportado fallas en los equipos por parte de maestros y alumnos como son las lecturas incorrectas de los multímetros, sonómetros y luxómetros, entre otras fallas que con el paso del tiempo se vuelven más constantes.

En la Figura 2, se presenta un registro que se utiliza en el departamento de laboratorios el cual muestra los equipos con más recurrencia en fallas, así como la descripción y frecuencia de la misma, este registro es de enero de 2013 a febrero de 2014.

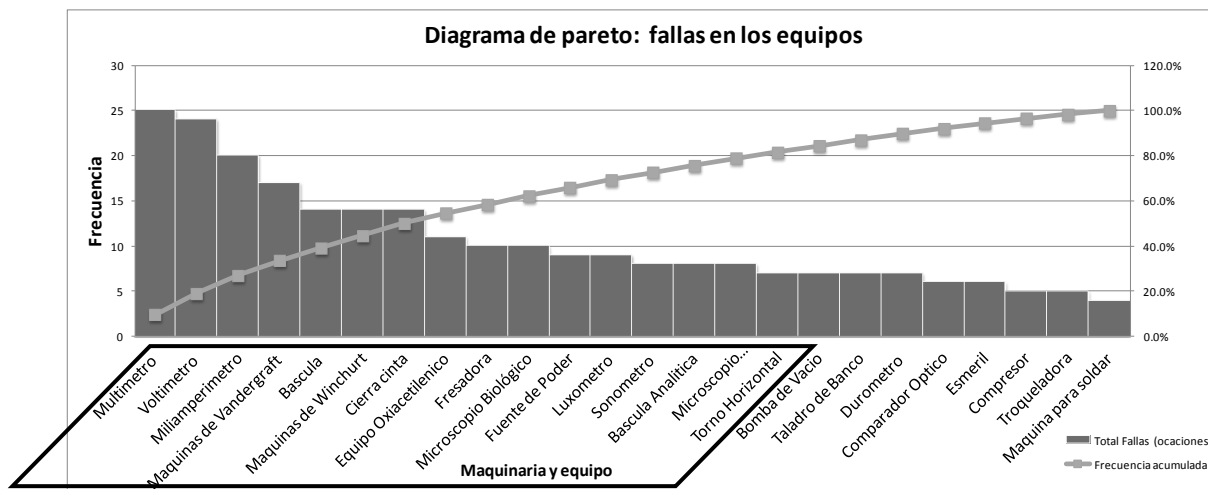


Figura 2. Diagrama de Pareto para principales fallas en equipos.

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la Figura 2, de 24 equipos considerados como los de mayor importancia se observa una presentación de fallas en la gran mayoría y no existen suficientes elementos para seleccionar explícitamente, los equipos que generaran el 80 %. La forma de operar del departamento es que una vez que ocurre una falla se genera una acción correctiva, esto provoca que la máquina o equipo deba requerir mantenimientos correctivos, más que preventivos y se acorte el periodo de vida, ya que Dounce (1989), menciona algo similar, a mayor mantenimiento correctivo, mayor probabilidad de menor tiempo de servicio.

Debido a lo importante que es tener programas de calidad acreditados y brindar un servicio con calidad, al tener equipos con fallas, esto se ve mermado y puede ser observado en las encuestas de calidad en el servicio que se realizan en el área de laboratorios, algo relacionado con el punto de vista de Keith Denton (1991), quien indica que “los proveedores eficaces saben que las actividades de servicio no sirven de nada si no satisfacen las necesidades de los clientes”.

### **Planteamiento del Problema**

En base a la información presentada, se han observado fallas con los equipos y máquinas que se utilizan para la realización de las prácticas y las cuales se manifiestan en todos los equipos en general, en algunos en mayor o menor grado, como son las lecturas incorrectas de los multímetros, sonómetros y luxómetros, entre otras fallas que con el paso del tiempo no se han logrado disminuir.

Por lo tanto se establece la siguiente pregunta de investigación, ¿Cuál es el plan de mantenimiento que permitirá disminuir las fallas de los equipos y máquinas del laboratorio que da soporte al programa de Ingeniería Industrial de ITSON Unidad Guaymas?

### **Objetivo**

Implementar un Plan de Mantenimiento Productivo Total en los equipos de laboratorio utilizados por el programa educativo de IIS, que permitan disminuir las fallas en los mismos y con ello mejorar la calidad en el servicio brindado.

## **Justificación**

Al implementar un Plan de Mantenimiento Preventivo y Correctivo para los equipos y máquinas en el laboratorio de ingeniería de ITSON Unidad Guaymas, se obtendrá una mejora en la calidad del servicio que brinda el laboratorio y por ende la acreditación del programa educativo ante organismos certificadores. Los beneficios técnicos obtenidos impactan en el periodo de vida de los equipos, ya que estos prolongan su vida útil; además, disminuyen la posibilidad de fallas y contratiempos innecesarios al momento de manipular los equipos. Además de que se no se contratará a más personal, sólo se eficientará el trabajo que realizan los ya contratados.

## **Material y Método**

### **Sujeto de estudio**

El sujeto de estudio es el recurso humano, tecnológico y material de los laboratorios que dan servicio al Programa Educativo de IIS del Instituto Tecnológico de Sonora Unidad Guaymas.

### **Material**

El material que se requiere para la realización del proyecto es principalmente:

- Los manuales de equipos con los que cuenta el laboratorio de ingeniería, para generar un registro actualizado, así como identificar las recomendaciones del fabricante para su mantenimiento.

### **Procedimiento**

A continuación se hace una descripción del procedimiento que se utilizó para implementar el plan de TPM, la metodología seleccionada es la de Nakajima (1988), debido a su reconocida funcionalidad y también se tomaron elementos de la de Shirose (1992), ya que ambas pueden conjugarse, aprovechando las fortalezas que cada una de ellas muestra. Los pasos son:

### **Capacitar al personal del área en relación al TPM**

Se programó, en función del horario de trabajo, un espacio para realizar por lo menos dos cursos de capacitación sobre lo que es el TPM a los integrantes del área de laboratorios, docentes, y proveedores del área, también se diseñó material visual para promover la implantación.

El objetivo de los cursos fue formar a los participantes en la evaluación de sus sistemas de mantenimiento actuales y en la construcción de nuevos que incrementen el aprovechamiento real del equipo y la calidad obtenida de estos, haciéndolos capaces de definir y documentar rutinas eficientes de Mantenimiento Autónomo y Preventivo, así como construir y administrar sistemas de medición para los equipos, y disminuir el costo asociado a mantenimiento correctivo.

### **Identificar equipo y máquinas**

Se identificaron y se generó un registro inventariado de las áreas en que se puede clasificar a las máquinas y equipo, señalando las principales características de cada uno de ellos, el proveedor, la ubicación y el responsable del servicio al equipo.

### **Establecer políticas básicas y objetivos**

En este punto se analizaron las condiciones existentes, previas a la implementación del TPM, respecto a los recursos, humanos, materiales y económicos, también se establecieron las metas y los resultados esperados posteriores a la implementación.

### **Diseñar el plan maestro de TPM**

Se utilizó el software Office Project, para establecer las actividades que realizarían los participantes, los productos esperados y las fechas de cumplimiento.

### **Mejorar la Efectividad del Equipo**

En este punto se establecieron las seis pérdidas de TPM y se buscó implementar acciones que las disminuyan. El primer paso es trasladar el contexto de las pérdidas que menciona Nakajima (1988) e interpretarlas a partir del área bajo estudio, en este caso el Laboratorio de Ingeniería Industrial; es decir, comprender claramente cuál es el significado de cada una de las pérdidas, en conjunto en equipo de trabajo de departamento elaboró un cuadro con la identificación y análisis de las mismas.

También se identificaron los equipos que más incurren en fallas, se generó un registro que mide la frecuencia y periodicidad. Con estos elementos, se procedió a realizar una reunión con los integrantes del equipo de trabajo, para buscar acciones que permitan mejorar la efectividad de los equipos.

### **Establecer un Programa Mantenimiento Autónomo**

Los técnicos conocieron sus equipos e identificaron las acciones de mantenimiento predictivo y preventivo adecuadas. Para este paso se llevó a cabo la filosofía de la cultura de las 5s para tener los equipos y materiales dispuestos para el mantenimiento de los mismos. También, se implementó un formato que puede ser usado en caso de un mantenimiento correctivo y que muestra las actividades adecuadas para la atención de los equipos de laboratorio de ingeniería.

En la parte superior del formato se encuentra la descripción del equipo al cual se le dará mantenimiento y en la parte inferior la secuencia de actividades a realizar para cumplir con el mantenimiento, seguido de dos columnas dónde se verificó el estado de actividades, así como una columna más para las observaciones detectadas en la ejecución del mantenimiento.

### **Preparar un calendario para el Programa de Mantenimiento**

Se definió por escrito, la maquinaria y equipos que recibirá mantenimiento durante un periodo de un año, fraccionando este documento en 52 semanas. Este documento cuenta con el siguiente detalle: En la parte superior derecha, las dos primeras columnas identifica el nombre del equipo a dar el mantenimiento, en otra la ubicación del mismo, y en las siguientes columnas se detalla semana a semana si se ejecutó el mantenimiento o no, con el símbolo de acierto o cruz, respectivamente.

### **Implementar el entrenamiento para la operación y las habilidades del mantenimiento**

Se diseñó e implementó un programa de capacitación en mantenimiento de equipos de laboratorio, para todo el personal del Departamento, de tal forma de asegurar la correcta aplicación de este, así como mejorar las habilidades del recurso humano.

### **Verificar los resultados obtenidos a través de la implementación de TPM**

Se realizaron reuniones trimestrales con la dirección y los integrantes de los equipos de trabajo, para revisar el cumplimiento del TPM, el alcance de los objetivos y el comportamiento de los indicadores de eficiencia, específicamente: Quejas de los clientes por fallas en los equipos, prácticas sin realizar por falla en equipos, mantenimientos realizados en tiempo y forma.

Se aplicó el formato de reporte de calidad del servicio y equipo en donde se le pregunta al usuario si tiene alguna observación con respecto del estado de funcionalidad y limpieza del equipo para obtener al final un reporte general con los indicadores de eficiencia del periodo en curso.

## **Resultados**

### Capacitación al personal del área en relación al TPM

Se realizó la difusión del proyecto a los integrantes de la organización, para comunicar que es el TPM y se establecieron siguientes objetivos: garantizar al 100% la calidad del servicio, garantizar el costo previsto en los órdenes de compra de repuestos, garantizar operatividad y eficiencia planeada del equipo. También se informó sobre la duración del proyecto y los alcances del mismo. Se brindó capacitación mediante dos reuniones de trabajo, el contenido se puede resumir de la siguiente forma:

- Introducción al Mantenimiento Productivo Total.
- Priorización de equipos críticos.
- Identificación de riesgos del equipo y esquemas de control.
- Matriz de alcance de mantenimiento actual y futura.
- Definición de rutinas de mantenimiento preventivo y autónomo.
- Seguimiento a acciones de mejora del equipo.
- Desarrollo de programas de mantenimiento.
- Regulaciones de seguridad y limpieza.
- Instructivos de operación del equipo.
- Planeación y calendarización del mantenimiento.
- Estandarización y capacitación al personal.

### Identificación del equipo y maquinaria

Se identificaron las áreas en que se puede clasificar la maquinaria y equipo, en este caso dependiendo de la especialización de los cursos académicos en los que se usa, y se definió dependiendo de la cantidad de personas, quienes darán los servicios a los equipos. Después de haber difundido el planteamiento del proyecto de mejora; se identificó y se clasificó a máquinas y equipo al cual se le dará el mantenimiento y asimismo al personal que está asignado a fungir en dicha actividad. Como se muestra en la Figura 3, es importante describir en la tabla, el detalle del equipo (nombre) al que se le

dará el mantenimiento, como también la ubicación física donde se encuentra el equipo y el responsable de darle el servicio, ya sea el técnico del área o el supervisor, ya que es amplio el inventario de equipo con el que se cuenta y es importante tenerlo identificado. A continuación se muestra a manera de ejemplo, una parte de los equipos con que se cuenta en los laboratorios.

<b>EQUIPO</b>	<b>UBICACIÓN</b>	<b>RESPONSABLE DEL SERVICIO DE EQUIPO</b>	<b>PROVEEDOR</b>
Máquina P/Soldar	LG0715	Técnico 1	A
Esmeril	LG0714	Técnico 2	B
Compresor	LG0713	Técnico 3	A
Báscula 1	Almacén General	Técnico 1	C

Figura 3. Equipos para mantenimiento y personal asignado.

Fuente: Elaboración propia.

#### Fijar políticas básicas y objetivos

En este punto se analizan las condiciones existentes, previas a la implementación del TPM, respecto a los recursos, humanos, materiales y económicos; de igual forma se establecen las metas y los resultados esperados posteriores a la implementación. Se redacta un informe con estos datos.

#### Políticas

- Los equipos que formen parte del programa de Mantenimiento Productivo Total, no deberán de presentar falla alguna en el momento de su operación.
- El personal que ejecuta el mantenimiento a los equipos, se encuentra comprometido para brindar un mantenimiento adecuado que asegure el buen funcionamiento de las máquinas y equipos.
- El personal que ejecuta el mantenimiento a los equipos, corroborará al inicio de cada periodo los requisitos por parte del cliente para la ejecución del TPM.
- En caso de presentar alguna falla los equipos en el momento de su manipulación, el personal responsable del mantenimiento deberá dar solución inmediata al problema suscitado.

- Se notificará con anticipación la avería de los equipos a los usuarios que estén programados para su uso.
- El personal responsable de salvaguardar los equipos y máquinas de los laboratorios de ingeniería, deberá notificar en la brevedad posible al técnico encargado del mantenimiento en caso de detectar alguna anomalía con el funcionamiento del equipo.
- Los usuarios que operan los equipos y máquinas son responsables del uso adecuado que asegure el buen funcionamiento y seguridad de los alumnos que interactúan en la realización de las prácticas de laboratorio.
- El usuario deberá notificar al personal del laboratorio cualquier anomalía detectada al momento de operar los equipos.
- Los usuarios y personal que operen los equipos deberán de utilizar el equipo de seguridad adecuado, el cual será proporcionado por el técnico de laboratorios al inicio de la práctica; de no ser así, se considerará como una violación a los lineamientos establecidos por el departamento de laboratorios y audiovisuales.
- El técnico de laboratorios deberá de entregar los equipos funcionales en cada práctica que se realiza, de igual forma el usuario deberá de entregar los equipos funcionales, de no ser así el usuario deberá de notificar al técnico de laboratorio la avería del equipo para programar su revisión.

#### Objetivos

- Dar mantenimiento preventivo a los equipos y máquinas de los laboratorios.
- Mejorar la calidad del servicio en los laboratorios de ingeniería.
- Asegurar el funcionamiento de los equipos y máquinas que formen parte del plan de TPM.

#### Diseñar el plan maestro de TPM

Se utilizó el software Office Project, para establecer las actividades que se realizarían, el responsable, los productos esperados, y las fechas de cumplimiento. Actualmente se utiliza el sistema Project en el cual se cuenta desagregado con 5 categorías las cuales son: Mantenimiento de Máquinas, Mantenimiento de Equipo de Metrología, Mantenimiento de Equipo Electromagnético, Mantenimiento de Equipo de Química, Mantenimiento de Equipo de Ingeniería de Métodos, y de ellas se desagregan las instrucciones de trabajo paso a paso, el tiempo y material a utilizar para la realización de cada actividad.



En la Figura 4, se muestra una sección del plan de Mantenimiento Productivo Total que se diseñó en el software Office Project, en él se muestra un listado de los equipos con los que se cuenta en el laboratorio de ingeniería, la fecha de comienzo y fin del mantenimiento, las actividades a ejecutar, el tiempo que demora cada actividad y la periodicidad con que se debe de ejecutar.

En la Figura 4 se muestra parte del equipo que se encuentra en el sistema Project.

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
<input checked="" type="checkbox"/> MTTO. DE EQUIPO Y MAQUINARIA DE LABORATORIOS ITSON GUAYMAS.m	19.1horas	mar 05/07/11	jue 07/07/11
Junta para Asignación de Tareas	20mins	mar 05/07/11	mar 05/07/11
<input checked="" type="checkbox"/> Mantenimiento de maquinaria	6.1horas	mar 05/07/11	mar 05/07/11
<input checked="" type="checkbox"/> Torno Horizontal	0.98horas	mar 05/07/11	mar 05/07/11
<input checked="" type="checkbox"/> Cierra Cinta	1.05horas	mar 05/07/11	mar 05/07/11
<input checked="" type="checkbox"/> Limpieza del filtro del gabinete eléctrico	0.22horas	mar 05/07/11	mar 05/07/11
<input checked="" type="checkbox"/> Fresadora modelo HARDHIGE	1.12horas	mar 05/07/11	mar 05/07/11
<input checked="" type="checkbox"/> Limpieza del filtro del gabinete eléctrico	0.22horas	mar 05/07/11	mar 05/07/11

Figura 4: Plan de Mantenimiento Productivo Total en Sistema Office.

Fuente: elaboración propia.

El diseñar el plan de mantenimiento en este programa permite al encargado de mantenimiento preventivo identificar con claridad las actividades que debe de llevar a cabo para dar un mantenimiento adecuado a cada uno de los equipos de los laboratorios de ingeniería, así como el periodo en el que corresponde brindar el mantenimiento, el cual se establece en base a los requerimientos de los usuarios por medio de un catálogo de clases que se analiza al inicio del semestre para poder definir las fechas en las que se les dará el mantenimiento a los equipos.

#### Mejorar la Efectividad del Equipo

En este punto se establecen las seis pérdidas de TPM y se busca implementar acciones que las disminuyan. El primer paso es trasladar el contexto de las pérdidas que menciona Nakajima (1991) e interpretarlas a partir del área bajo estudio que es el laboratorio de ingeniería industrial, es decir, comprender claramente que cual es el significado de cada una de las pérdidas. Por lo que se realizará un cuadro con la explicación de cada una de las pérdidas (ver Figura 5).

Nombre de la pérdida	Interpretación para el área de laboratorios
1. Fallas en el equipo	Al momento de manipular los equipos en la realización de la práctica no encienden o su funcionamiento no es el habitual, lo que ocasiona que la práctica no se desarrolle adecuadamente, o en el peor de los casos no se lleve a cabo.
2. Ajustes y cambios de configuración	Cuando los equipos de laboratorio fallan se deben de suplir por otro funcional, el tiempo que se invierte en hacer el cambio y los ajustes de calibración necesarios para su operación.
3. Equipo ocioso e interruptor	Cuando los equipos de laboratorio no recibieron los ajustes necesarios para que éste opere adecuadamente, presenta fallas en su funcionamiento ocasionando contratiempos en la realización de las prácticas.
4. Velocidades de operación reducidas	Cuando se cuentan con equipos suficientes para satisfacer a todos los alumnos que se encuentren realizando práctica y no se empleen, aumenta el tiempo de realización de la práctica al igual que el funcionamiento de los equipos, reduciendo la vida útil de los mismos.
5. Defectos en proceso/ defectos de los productos	Cuando la práctica no se desarrolla según se establece, por causa de un mal funcionamiento del equipo, se considera como una falla en la calidad del servicio.
6. Reducción del rendimiento del equipo.	Los equipos o máquinas no trabajan con normalidad debido a un mal mantenimiento previo.

Figura 5. Definición de las pérdidas en el contexto de los laboratorios.

Después de interpretadas las pérdidas, se procede a realizar una reunión con los integrantes del equipo de trabajo, para buscar acciones que permitan mejorar la efectividad de los equipos principalmente aquellos que tienen más ocurrencia en fallas.

### **Establecer un Programa Mantenimiento Autónomo**

Para la implementación del mantenimiento autónomo el personal ya capacitado mantendrá un lugar de trabajo con las condiciones necesarias para poder realizar el mantenimiento adecuado de todos los equipos y que se puedan llevar a cabo las actividades normales de cada laboratorio, se implementa primero la metodología 5 S's como base para la realización del este tipo de mantenimiento. A continuación en la Figura 6, se muestran unos ejemplos de la implantación de las 5 S's en el área de laboratorios y almacenes de los laboratorios con el fin de tener dispuestos los equipos y materiales que se requieren para la realización de las prácticas, así como una fácil ubicación de los mismos.



Figura 6. Clasificación y orden de herramientas para utilizar en TPM.

Fuente: elaboración propia.

En lo referente a la fase de limpieza, se programaron la de todos los equipos y máquinas, en la Figura 7 se observa cómo se aplicó al calorímetro que muestra residuos de Oxido, por mencionar un ejemplo.



Figura 7. Limpieza de equipo de los laboratorios.

Fuente: elaboración propia.

Después de la aplicación de las 5 S's tanto en máquinas como en equipo, se obtuvieron resultados favorables, ya que se puede disponer de lo necesario de una manera más sencilla, se reducen además, tiempos de espera y recurso humano asignado a los trabajos de mantenimiento, se tiene mayor control de los materiales y aseguramiento de condiciones óptimas de operación.

También se diseñó el procedimiento (ver Figura 8), para el sistema de calidad del Departamento de Laboratorios, de los pasos a seguir en el mantenimiento preventivo (LABS-POP-PD-05-00 \_Servicio de Mantenimiento Preventivo).

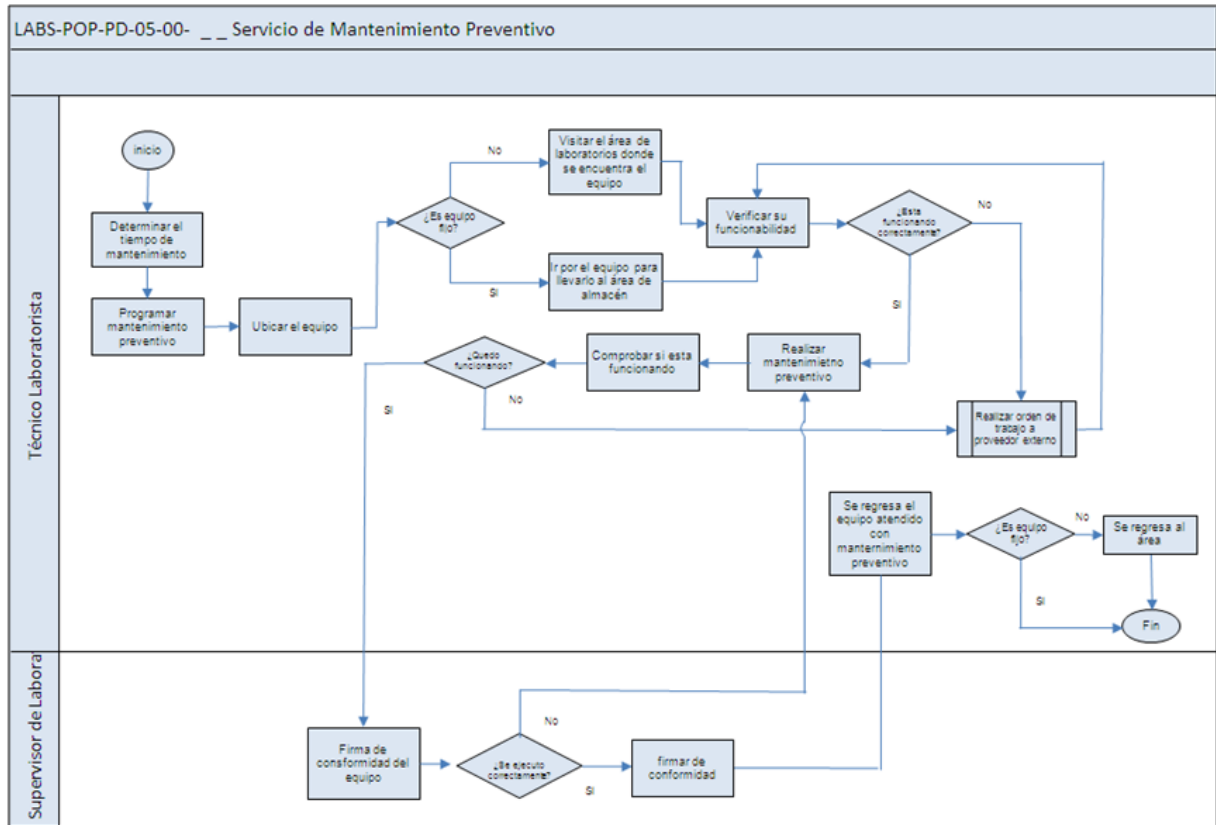


Figura 8. Diagrama de flujo para el Mantenimiento Preventivo.

Fuente: elaboración propia.

En la Figura 9, se observan las actividades que el técnico de mantenimiento debe de realizar.

DEPARTAMENTO DE LABORATORIOS Y AUDIOVISUALES					
Ficha técnica de equipos de Laboratorios y Audiovisuales					
LABS-POP-FO-09-00					
NOMBRE DEL EQUIPO		Compresor			
ÁREA		Laboratorios			
PERÍODO		DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO			
SEMANAL		NUMERO DE ACTIVO	73017		
QUINCENAL		NUMERO DE SERIE	2816270286		
MENSUAL		MODELO	DE WVALT		
BIMESTRAL		CATEGORIA	CORTE		
TRIMESTRAL		UBICACION	LG 0715		
SEMESTRAL	X	VOLTAJE	110		
ANUAL		PRESION NEUMÁTICA	N/A		
REALIZAR LAS ACTIVIDADES			EJECUTADA	OBSERVACIONES	
Calibrar manómetros					
Verificar estado físico del tanque					
Verificar estado de válvulas					
Verificar el estado de la manguera de aire					
Drenar tanque de aire					
Inspeccionar el filtro de aire					
Limpieza del equipo					
SUPERVISOR			EJECUTOR		

Figura 9. Formato para el control de la realización de mantenimiento.

Fuente: elaboración propia.

En la Figura 10, se muestran los datos del equipo, lo cual permite identificar la ubicación de este para un rápido acceso así como las características del equipo.

### Preparar un calendario para el Programa de Mantenimiento

El calendario de mantenimiento permite identificar las fechas en las cuales los equipos estarán sometidos al mantenimiento preventivo, asimismo permite planear con anticipación las actividades que se realizarán en las fechas destinadas para esta actividad y proveer los materiales y herramientas necesarias para ejecutar el mantenimiento a los equipos.

En la Figura 10, se muestra una parte del calendario para el Programa de Mantenimiento con los equipos y máquinas programadas, así como las semanas en las que se les dará el mantenimiento.

		DEPARTAMENTO DE LABORATORIOS Y AUDIOVISUALES																												
		Calendarización de mantenimiento preventivo Mayo-Junio																												
		LABS-POP-F O-08-00																												
		SEMANA																												
EQUIPO	UBICACIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Laboratorios																														
Máquina P/Soldar	LG0715																													
Esmeril	LG0715																													
Compresor	LG0715																													
Fuente de Poder	Almacen General																													
Durometro 1	Almacen General																													
Durometro 2	Almacen General																													
Durometro 3	Almacen General																													
Multímetro 1	Almacen General																													

Figura 10. Programación de mantenimiento de revisión semanal por año.

Fuente: elaboración propia.

### Implementar el entrenamiento para la operación y las habilidades del mantenimiento

El personal adscrito al Departamento de Laboratorios y Audiovisuales, recibió capacitación y adiestramiento, lo que le permitió certificarse en la forma ISO9001:2008 con el procedimiento Mantenimiento Preventivo Guaymas, el cual se diseñó para asegurar la correcta aplicación de mantenimiento preventivo a los equipos y máquinas de los laboratorios de ingeniería. En previas auditorías se hizo la observación de que por lo menos el 50% del personal del departamento debería de contar con capacitación para realizar el mantenimiento de los equipos, ya que de no ser así se podría incurrir en una no conformidad lo cual tendría como consecuencia perder la certificación externa de calidad

que se tiene en el área, detalle que también se subsanó ya que el 100 % de los integrantes del equipo está certificado.

### Verificación de los resultados obtenidos a través de la implementación de TPM

Se realizaron reuniones trimestrales con la dirección y los integrantes de los equipos, para revisar el cumplimiento del TPM, el alcance de los objetivos y el comportamiento de los indicadores de eficiencia, específicamente: quejas de los clientes por fallas en los equipos, prácticas sin realizar por falla en equipos, mantenimientos realizados en tiempo y forma. Actualmente se está aplicando el formato de reporte de calidad del servicio y equipo en donde se le pregunta al usuario si tiene alguna observación con respecto del estado de funcionalidad y limpieza del equipo. Utilizando información del reporte de calidad en el servicio y comentarios que van dirigidos directamente del usuario a los encargados de las áreas de laboratorios se obtuvieron los siguientes resultados en los indicadores de eficiencia (ver Figura 11).

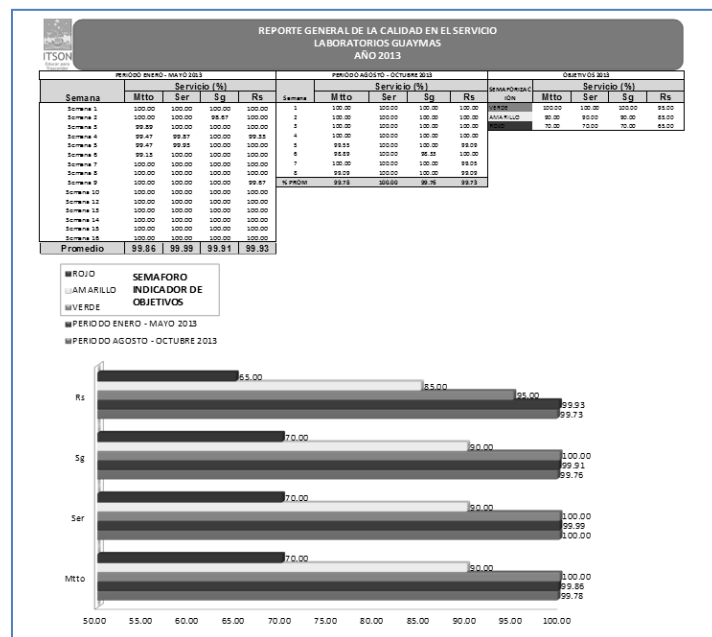


Figura 11: Reporte General de Calidad en el Servicio 2013.

Fuente: Elaboración propia.

Con ayuda del semáforo indicador de objetivos (ver Figura 11) y datos obtenidos de reportes de calidad en el servicio, se obtiene un resultado positivo del trabajo realizado en el mantenimiento de los equipos, servicio al cliente, seguridad, y entrega oportuna y completa de recursos.

Se obtuvieron observaciones menores que no influyeron en la realización de las prácticas, se les dio seguimiento y se aplicó una acción correctiva para evitar reincidencias. Estos resultados permiten continuar con el estilo de trabajo apoyándose en implementaciones de mejora para seguir manteniendo resultados por encima de los esperados.

Se observa también que no se tuvieron quejas de los clientes por fallas en los equipos, lo más que se presentó fueron solicitudes por cambio de pilas en desgaste o cambio de fusibles dañados por corto circuito en multímetros y equipos diversos.

En referencia a prácticas sin realizar por falla en los equipos, no se tuvieron eventos de esta naturaleza, sólo se dieron ajustes menores y calibraciones básicas en equipos de metrología y respecto al indicador de mantenimiento realizados en tiempo y forma se puede decir que estos se realizaron en tiempo y forma acorde a lo planeado.

### **Discusión**

El objetivo que se tenía de lograr implementar el Plan de Mantenimiento Productivo Total en los equipos de laboratorio utilizados por el programa educativo de IIS, que permitan disminuir las fallas en los mismos y con ello mejorar la calidad en el servicio brindado, se logró satisfactoriamente.

El principal problema que surgió al momento de implementar este sistema, es la falta de capacitación del personal, ya que se tenía mucha incertidumbre en cuanto al mantenimiento adecuado de cada uno de los equipos. Con el plan se busca la mejora para corregir un pobre desempeño, contratiempos en la realización de prácticas de laboratorios y la descompostura de equipos y máquinas, también evitar la pérdida de eficiencia y optimizar la vida de la maquinaria, esto implica de alguna manera que el costo por reparaciones mayores se reduzca significativamente.

A partir de proyecto, se definió que herramienta ya no se utilizará en el área y otra que se necesita pero que no se cuenta con ella, para realizar de manera más sencilla los trabajos de mantenimiento. El personal cuenta con una gran disminución de tiempo invertido al mantenimiento gracias a la realización de 5 S's en el área de herramientas y a la utilización adecuada de las mismas.

Debido a los resultados obtenidos, los indicadores de eficiencia en los que se basan los reportes de calidad en el servicio, elevaron, lo que significa que se logró disminuir el número de fallas y por consiguiente ha aumentado el número de clientes satisfechos, permitiendo así crear un ambiente de trabajo donde se desea seguir mejorando, utilizando el TPM como parte del trabajo diario.

Se recomienda atender el calendario de mantenimiento de los equipos y máquinas actualizándolo constantemente para la mejora en la implementación del TPM; de igual forma, el catálogo de los equipos para llevar un control de las máquinas existente en el departamento. También es importante seguir llevando capacitaciones para que el personal tenga un mayor conocimiento de esta herramienta y conozca de las ventajas que conlleva el realizar un adecuado mantenimiento preventivo.

Es importante para la consolidación de este proyecto, seguir concientizando al personal de laboratorios, los maestros y usuarios que se involucran directamente con el funcionamiento de los equipos y máquinas, sobre la importancia de mantener el equipo en perfectas condiciones. Publicar cada mes los indicadores en una pizarra para que el personal esté informado de cómo se encuentran trabajando los equipos, así como fomentar el hábito de la cultura de prevención de fallos.

## Referencias

- Denton, K. (1991). *"Calidad en el Servicio a los Clientes"*. Madrid: Ediciones Díaz Santos.
- Dounce, E. (1989). *Productividad en el mantenimiento industrial*. México: Continental S.A. de C.V.
- Duffuaa, S. O. (2004). *Sistemas de mantenimiento, Planeación y Control*. México: LIMUSA.
- García, O. (2003). *Modelo mixto de confiabilidad basado en estadística para la optimización del mantenimiento industrial*. Primer Congreso Mexicano de Confiabilidad y Mantenimiento. Recuperado de:  
[http://virtual.uptc.edu.co/drupal/files/129\\_model\\_mix\\_conf.pdf](http://virtual.uptc.edu.co/drupal/files/129_model_mix_conf.pdf)
- Gutiérrez Pulido, H. (2010). *Calidad total y productividad*. México: McGraw Hill.
- ITSON. (2013). *Historia*. Recuperado de: <http://itson.mx/Universidad/Paginas/Historia.aspx>



- Morrow, L. C. (1984). *Manual de mantenimiento industrial*. México: Continental S.A de C.V.
- Nakajima, S. (1988). *Introduction to TPM Total Productive Maintenance*. Cambridge, Mass: Productivity Press.
- Nakajima, S. (1989). *TPM development program: implementing total productive maintenance*. Cambridge, Mass: Productivity Press.
- Niebel, B. (2001). *Ingeniería industrial, métodos, estándares y diseño de trabajo*. México: Alfaomega.
- Roberts, J. (s/f). *TPM Mantenimiento Productivo Total, su Definición e Historia*. Mantenimiento Planificado. Obtenido desde: [http://www.mantenimientoplanificado.com/tpm\\_archivos/definicion%20e%20historiaTPM%20Mantenimiento%20Productivo%20Total.doc](http://www.mantenimientoplanificado.com/tpm_archivos/definicion%20e%20historiaTPM%20Mantenimiento%20Productivo%20Total.doc)
- Shirose, K. (1992). *TPM para supervisores*. Cambridge Mass: Productivity Press.

---

**Tópico:**  
**Desarrollo Sustentable**

## **Capítulo X. PERCEPCIÓN DEL NIVEL DE DESARROLLO ECONOMICO SUSTENTABLE EN DOS LOCALIDADES DEL SUR DEL ESTADO DE SONORA**

Cecilia Aurora Murillo Félix, Erika Ivett Acosta Mellado, Alberto Galván Corral y Gonzalo Rodríguez Villanueva  
Departamento Académico Instituto Tecnológico de Sonora, Navojoa, México  
Email: cecilia.murillo@itson.edu.mx

### **Resumen**

La presente investigación es un análisis de percepción del nivel de desarrollo económico sustentable en la localidad de Nachuquis y El Once dos comunidades que se encuentran en el Municipio de Navojoa, Sonora, el artículo parte de las definiciones básicas de desarrollo sustentable y la percepción de la pobreza a nivel mundial, dos factores que están de la mano en términos de desarrollo, ya que como menciona Malthus (2008), la pobreza no es sólo cuestión de escaso bienestar, sino de la incapacidad de conseguir bienestar precisamente debido a la ausencia de medios, entonces la pobreza no es la falta de riqueza, sino falta de capacidades básicas, capacidades que se pueden alcanzar y esto generara por ende desarrollo económico sustentable. Para la realización del análisis se siguió la metodología de Pablo Wong Gonzalez (2005), diseñada para realizar diagnósticos económicos buscando siempre el desarrollo local sustentable, el instrumento está conformado por cuatro dimensiones: Desarrollo Económico Sustentable (DES), Desarrollo Social Equitativo (DSE), Desarrollo Ambiental Sustentable (DAS), Desarrollo Institucional Eficiente y Participativo (DIEP). Entre los resultados relevantes se pudo observar que el nivel de percepción es bajo en las comunidades y que se debe trabajar en la participación de los habitantes en la toma de las decisiones gubernamentales ya que se debe partir de la sociedad para el desarrollo.

*Palabras clave:* desarrollo sustentable, pobreza, desarrollo económico.

### **Abstract**

This research is an analysis of perceived level of sustainable economic development in two communities Nachuquis and El Once in the Municipality of Navojoa, Sonora, the article being with two basic definitions of sustainable development and the perception of global poverty, both of which are hand in terms of development, since as mentioned Malthus (2008), poverty is not just a matter of poor welfare, but the inability to get well precisely because of the lack of means then poverty is not the lack of wealth, but lack of

basic skills, skills that can be achieved and this generated therefore sustainable economic development. To perform the analysis methodology Pablo Wong Gonzalez (2005), design for diagnoses always looking economic sustainable local development, the instrument consists of four dimensions: Sustainable Economic Development (DES), Equitable Social Development (DSE), Environmental Sustainable Development (DAS) and Efficient and Participatory Institutional Development (DIEP). Among the important results it was observed that the level of awareness is low in the communities and must work on the participation of citizens in decision-making and government to be from the partnership for the development.

Keywords: sustainable development, poverty, economic development.

### **Introducción**

La característica más importante de un país en vías de desarrollo es su bajo ingreso per cápita, así como el hecho de que su población normalmente goza de poca salud y tiene una escasa esperanza de vida, un bajo nivel de estudios y desnutrición. Por otro lado algunos de los indicadores sociales sanitarios muestran el efecto de la pobreza en los países de ingreso bajo. La esperanza de vida es pequeña, el nivel de estudios y de alfabetización es bajo, lo cual es un reflejo del escaso nivel de inversión en capital humano Samuelson & Nordhaus (2010).

En este sentido la concepción de desarrollo, en los últimos años, ha evolucionado de manera acelerada. Inicialmente se consideraba el ingreso per cápita como un indicador del crecimiento de desarrollo. Hoy se han agregado nuevos elementos que incluyen la esfera de lo político, lo social y ecológico, destacando como ejes centrales el medio ambiente y las personas, lo que trae el surgimiento del desarrollo sostenible.

En este sentido según Sen citado por Mathus (2008), señala el concepto de pobreza como factor de desarrollo como las capacidades básicas que le permiten a cualquier individuo insertarse en la sociedad, a través del ejercicio de su voluntad. En un sentido más amplio, la pobreza no es cuestión de escaso bienestar, sino de incapacidad de conseguir bienestar precisamente debido a la ausencia de medios. Entonces la pobreza no es falta no es falta de riqueza o ingreso, sino de capacidades básicas.

Por otra parte la Organización de las Naciones Unidas por medio del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo presentó por primera vez la expresión pobreza humana, basada en el concepto de capacidades de Sen y definió como la negación de opciones y oportunidades de vivir una vida tolerable (PNUD, 1997).

Barkin (2005), menciona que las sociedades rurales del tercer mundo padecen de empobrecimiento, desintegración social, emigración a gran escala y devastación ambiental. Aunque todavía existe un debate para asignar responsabilidades, la mayor parte de los pobres continúan viviendo en zonas rurales y luchando contra todo para sobrevivir. Para muchos, la pobreza y marginalidad aún son obstáculos difíciles de superar. El debate moderno alrededor del desarrollo rural, inspirado en parte por la búsqueda de la sustentabilidad, refleja la profunda polarización que permea todas las dimensiones de la vida en países de América Latina.

La pobreza rural y la pobreza urbana se originan por procesos distintos pero relacionados, y lo más importante, la forma de combatirla también será por medio de mecanismos diferenciados, ya que las maneras de satisfacer las necesidades de las poblaciones urbanas y rurales son distintas. Las causas de la pobreza urbana y rural son diferentes, por ejemplo, la causa de la pobreza de una familia rural que depende de una pequeña parcela de tierra y que enfrenta una mala cosecha no es la misma que la de una familia que habita en una colonia marginada, cuyo principal generador de ingresos ha perdido su trabajo debido a una recesión económica (Mathus, 2008).

En este sentido abordando el tema de la sustentabilidad no dejando de lado la pobreza García y Bauer (1996) definen al desarrollo sustentable desde una perspectiva ambiental, lo cual significa satisfacer las necesidades actuales de la sociedad sin afectar las posibilidades vitales de las siguientes generaciones. En otras palabras es preciso que al obtener recurso de la naturaleza para atender las necesidades presentes, no se afecte el potencial de desarrollo futuro. Esto forzosamente implica extraer recursos naturales a tasas que no impidan la regeneración de los ecosistemas.

Por su parte Treteault (2004), Goñi y Goin (2006), Ramirez, Sanchez y García (2004), coinciden en reconocer que uno de los conceptos de desarrollo sustentable con mayor influencia fue el propuesto en el llamado Nuestro Futuro Común, mejor conocido como el

Informe de Brundtland para las Naciones Unidas en 1987. Lo definen como el desarrollo que satisface las necesidades de las generaciones sin disminuir la capacidad o habilidad de las generaciones futuras de satisfacer las propias. Treteault (2004), así como Ramirez Sanchez y Garcia (2004), coinciden en que la definición comprende dos conceptos fundamentales:

- 1) el concepto de necesidades, particularmente las esenciales de los pobres, a los que debería dar prioridad, y
- 2) la idea de limitaciones atribuidas a la tecnología y a la organización social entre la capacidad del medio ambiente para satisfacer las necesidades presentes y futuras.

Goñi (2006), menciona que dentro del mismo marco de la Comisión Brundtland “Nuestro Futuro Común” (1987), se menciona que la sustentabilidad del desarrollo se convirtió de reclamo marginal o inexistencia a exigencia emergente en la agenda de los movimientos organizacionales sociales, del sector privado y de las políticas y acciones de algunos gobiernos. Para los años noventa ya la sustentabilidad del desarrollo pasó a ser tema obligado tanto en el debate político como en cualquier programa de gobierno. Entonces dentro del marco del evento definieron desarrollo sustentable como aquel que satisface las necesidades esenciales de las generaciones futuras. Es decir, el desarrollo sustentable se constituyó como un Modelo de Producción Racional, cuyo objetivo central es la preservación de los recursos naturales, con base en tres aspectos conceptuales:

- a) el bienestar humano, cuyos ejes de acción se fijaron en acciones de salud, educación, vivienda, seguridad y protección de los derechos de la niñez;
- b) el bienestar ecológico, mediante acciones en torno al cuidado y preservación del aire, agua y suelos; y
- c) las interacciones establecidas a través de políticas públicas en materia de población, equidad, distribución de la riqueza, desarrollo económico, producción y consumo y ejercicio de gobierno.

Para Wong (2005), el desarrollo de una localidad debe concebirse como un proceso, dentro de un sistema complejo y cambiante en una perspectiva de largo plazo, es decir, el desarrollo local no debe tomarse como un esquema estático con soluciones

unidimensionales y rígidas. Al contrario, el proceso contempla una serie de fases que permiten llegar a la evaluación y de ahí a la retroalimentación para iniciar un nuevo ciclo ello requiere de esquemas flexibles de participación y toma de decisiones que permitan ajustar el rumbo de las acciones, en función de los cambios internos del entorno.

“El proceso de desarrollo local y su monitoreo responden más directamente a las necesidades, prioridades y metas de la población sujeto de la acción. En tal sentido, este enfoque participativo reconoce la relevancia de incluir a los beneficiarios y otros participantes del proyecto en los procesos de diseño y realización de la evaluación”. (Wong, 2005).

Tomando como base las definiciones de pobreza descritas por diferentes autores y su relación con el desarrollo sustentable la presente investigación describe un estudio realizado a las comunidades rurales del sur del estado de Sonora Nachuquis (San Antonio Nachuquis) y El Once pertenecientes al Municipio de Navojoa, Sonora, son comunidades en estado de pobreza ya que como lo mencionan los escritores denotan ausencia de medios para poder desarrollarse, como los son los más básicos desde alcantarillado, alumbrado público, drenaje, educación, entre otros.

La localidad de Nachuquis está situada en el municipio de Navojoa, Sonora, tiene 791 habitantes 404 son hombres y 387 mujeres según el censo realizado por INEGI en el año 2010 y el 20% de los adultos habla alguna lengua indígena, la localidad cuenta con 163 viviendas de las cuales 85 presentan tierra como su piso y 19 de ellas están compuestas por una sola habitación, mientras que El Once siendo una comunidad situada también en Navojoa, Sonora cuenta con 9 habitantes, solamente la separa una calle de Nachuquis, pero presentan condiciones de vida totalmente similares, así como necesidades y problemáticas.

Por lo tanto el objetivo de la presente investigación es conocer la percepción de desarrollo económico sustentable de las comunidades rurales de Nachuquis y El Once ubicadas en el sur del estado de Sonora.

## **Método**

El estudio se desarrolló en las comunidades rurales de Nachuquis y El Once del municipio de Navojoa, Sonora, está localizado en la posición 27°04'51"N 109°26'43"O / 27.08083, -109.44528, a una altura de 33 msnm. Colinda con los municipios siguientes: al norte con Cajeme y Quiriego, al este con Álamos, al sudoeste con Huatabampo y al oeste con Etchojoa.

Los sujetos de estudio de la presente investigación fueron los habitantes de las comunidades rurales bajo estudio, el tamaño de la muestra fue de 240 encuestas ya que es una muestra adecuada para poblaciones menores de 1,000 según García (2009), los sujetos fueron seleccionados de manera no probabilística y por sujetos tipo.

Para la realización del análisis se siguió la metodología de Pablo Wong Gonzalez (2005), diseñada para realizar diagnósticos económicos buscando siempre el desarrollo local sustentable.

El instrumento propuesto por Wong (2005), está conformado por cuatro dimensiones: Desarrollo Económico Sustentable (DES), Desarrollo Social Equitativo (DSE), Desarrollo Ambiental Sustentable (DAS), Desarrollo Institucional Eficiente y Participativo (DIEP).

El instrumento está formado por 80 reactivos, distribuidos de la siguiente forma: 26 en la dimensión DES, 21 en DSE, 14 en DAS y 19 DIEP. Los 80 reactivos se contestan con una escala tipo Likert, con seis valores posibles de respuestas, representados con los valores de 1 a 6, representando cada valor lo siguiente: 1=nulo/inexistente, 2=muy bajo, 3=bajo, 4=medio/mínimo aceptable, 5=alto y 6=muy alto. La opción a elegir es la que mejor represente o refleje la postura del encuestado en el planteamiento en relación a Nachuquis y El Once según sea el caso.

En la dimensión DES se incluyen reactivos relacionados con la estructura económica, agentes económicos, innovación, infraestructura, servicios y accesibilidad. En la dimensión DSE, reactivos relacionados con la calidad de vida y recursos humanos, cohesión social, organización e identidad territorial. En la dimensión DAS, reactivos de medio ambiente y recursos naturales, organizaciones, normatividad y programas de ordenamiento ecológico y territorial. En la dimensión DIEP se incluyen reactivos de eficiencia operativa local, institucionalización y planeación estratégica.

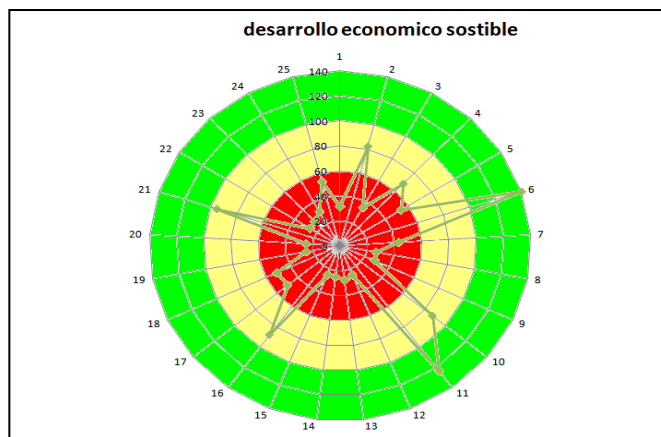


Es pertinente señalar que las pruebas de validez y confiabilidad aplicadas al instrumento se desarrollaron con base a lo sugerido por Anastasi y Urbina (1999), usando el programa SPSS, versión 15.0 para Windows, el cual tiene para todas las pruebas 95% de nivel de confianza. Se realizó un análisis de confiabilidad de consistencia interna para todos los reactivos en forma general, es decir, sin estar agrupados para cada dimensión resultando confiable para efectos de esta investigación.

Posterior a la recolección se procedió a graficar la información en radiales, que indiquen dependiendo del comportamiento de la curva su estado actual. Una vez que se cuenta con los gráficos, es sencillo determinar las carencias de la población y auxiliarse en las preguntas abiertas que acompañan a cada calificación (Wong, 2005).

## Resultados

La gráfica 1 muestra que la percepción de la población es baja respecto al desarrollo económico sostenible debido a que, la mayoría de las personas encuestadas perciben que no existe desarrollo al interior de la comunidad, tal como inversiones, negocios nuevos, programas de apoyo, entre otros.

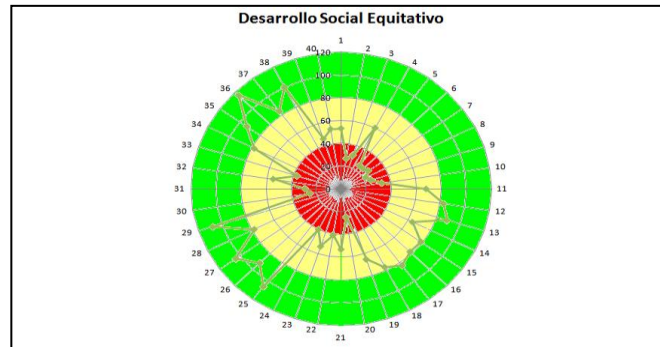


Gráfica 1. Desarrollo Económico Sostenible.

Fuente: elaboración con datos propios.

La gráfica dos muestra como la población no percibe contar con todos los servicios públicos, ya que esta dimensión se hacen cuestionamientos sobre servicios públicos

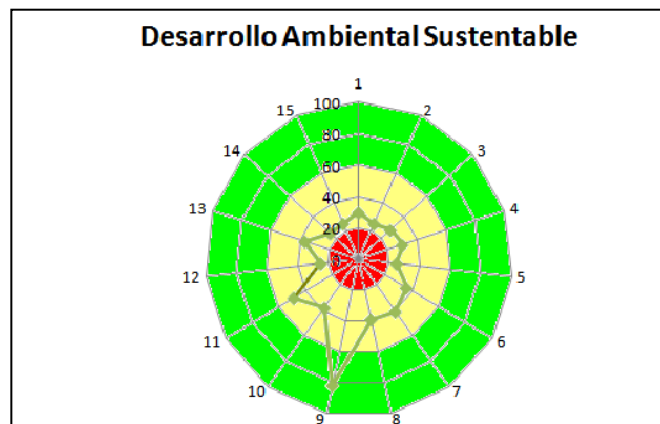
básicos tales como el drenaje, alumbrado público, pavimentación entre otros, resultando diversas áreas de oportunidad, por lo tanto una percepción baja.



Gráfica 2. Desarrollo Social Equitativo.

Fuente: elaboración con datos propios.

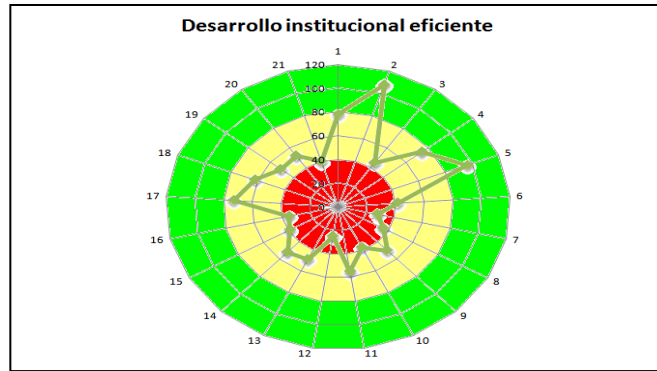
La gráfica tres denota percepción mínima aceptable sobre el medio ambiente; para las personas de esta comunidad el principal problema ambiental es la basura.



Gráfica 3. Desarrollo Ambiental Sustentable.

Fuente: elaboración con datos propios.

La gráfica cuatro representa la comunicación y capacidad del gobierno de liderar a las localidades, la cual se muestra un nivel de percepción medio/mínimo aceptable.



Gráfica 4. Desarrollo Institucional Eficiente.

Fuente: elaboración con datos propios.

### Discusión

La gráfica de radar o diagrama de araña es una herramienta que ayuda a mostrar visualmente las brechas existentes entre el estado actual y el estado ideal de cualquier sujeto a analizar, en la presente investigación se ha analizado la percepción de desarrollo sustentable que tienen los habitantes de las localidades de Nachuquis y El Once, algunos autores tales como Wong plantean que el desarrollo local y su monitoreo responden más directamente a las necesidades, prioridades y metas de la población sujeto de la acción, en este caso los habitantes de las localidades bajo estudio denotaron percibir un bajo desarrollo en su localidad y si se toma en cuenta como pobreza a las capacidades básicas que permitan a los seres humanos insertarse en la sociedad, las comunidades han demostrado no contar con estas capacidades, ni con una infraestructura adecuada para poder desarrollar su potencial y por lo tanto tienden a poner en riesgo su bienestar debido a la ausencia de estos medios tal como lo plantea el autor Mathus.

En este sentido si el desarrollo ya no solo es el ingreso per cápita como un indicador de crecimiento, si se consideran elementos tales como la esfera política, social y ecológica entonces la percepción de desarrollo sostenible en las localidades es baja, ya que consideran que la política no es equitativa y que los beneficios no son los mismos para las comunidades rurales y para las comunidades urbanas, beneficios simples como la recolección de basura en tiempo y forma, el mantenimiento de calles, lámparas, drenaje, planteles educativos, instituciones de salud, entre otros que vienen a satisfacer las necesidades básicas de los seres humanos.

Se pueden denotar entonces los siguientes aspectos:

El desarrollo sustentable plantea tres aspectos relevantes según Goñi (2006), entre ellos el bienestar humano, el bienestar ecológico y las interacciones establecidas a través de políticas públicas, los habitantes de las localidades bajo estudio perciben un bajo nivel de desarrollo respecto a las necesidades básicas para la población, tienen una percepción baja también respecto a las áreas de ecología y cuidados del medio ambiente y en relación al desarrollo institucional perciben apatía y desinterés por parte de los gobiernos tanto municipales como estatales.

Por tanto es importante resaltar que la percepción de desarrollo sustentable es baja para los habitantes de Nachucquis y El Once y en contraste con las teorías planteadas en este caso por Goñi, los habitantes perciben un bajo y en algunos casos un nivel mínimo aceptable en las dimensiones analizadas, por lo tanto puede deducirse que no gozan de un desarrollo económico sustentable en su localidad.

### **Conclusión**

Se puede llegar a la conclusión de que en las comunidades rurales de Nachuquis y El Once según lo establecido por la teoría de Sen citado por Mathus (2008), los habitantes perciben ser incapaces de conseguir bienestar por ellos mismos debido a la ausencia de medios y entonces pueden decir que la pobreza no es falta de riqueza sino de capacidades básicas brindadas por actores gubernamentales para cubrir necesidades fisiológicas y psicofisiológicas y entonces, poder decir que hay desarrollo económico sostenible en la localidad.

Para que exista desarrollo económico sustentable en una localidad deberán cumplirse diversos aspectos, pero sobre todo deberá el gobierno trabajar en conjunto con la población para que pueda darse este fenómeno, existen diversas metodologías para impulsar el desarrollo tales como el Modelo simplificado de un proceso de desarrollo local, propuesto por la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico OCDE (2002), el cual configura como un circuito donde se integran los principales componentes del desarrollo local. La experiencia muestra que los procesos y experiencias de desarrollo local no evolucionan desde la cooperación sólida, pasando por la identificación de objetivos que, a su vez, definen todos los proyectos que contribuyen a analizarlos. Lo que sucede, es que cada territorio no tiene una trayectoria lógica de desarrollo, sino que éste

se va generando y construyendo a partir de los componentes y su secuencia y en conjunto con sus habitantes.

A manera de recomendación para que los criterios de sustentabilidad puedan funcionar, deben agregarse la eficacia y la eficiencia, la eficacia permite evaluar si se ha cumplido los objetivos y resultados previstos y si éstos han beneficiado a los grupos a los que realmente se pretendía beneficiar. La eficiencia evalúa el uso de los recursos y medios, entonces se podrá no sólo percibir un nivel de desarrollo económico sustentable sino que iniciara el desarrollo en la localidad.

## Referencias

- Anastasi, Anne y Urbina, Susana. 1999. *Test Psicológicos*. México : Prentice Hall , 1999.
- Barkin, David. Eumed. [En línea] [Citado el: 19 de Agosto de 2014.] <http://www.eumed.net/libros-gratis/2005/db/1.htm>.
- Energía, Ambiente y Desarrollo Sustentable (el caso de México)*. Garcia Colin, Leopoldo y Bauer Ephrussi, Mariano. 1996. México : UNAM Programa Universitario de Energía El Colegio Nacional de México , 1996.
- Mathus Robles, Marco Aurelio. 2008. Eumed. [En línea] Julio de 2008. [Citado el: 23 de Agosto de 2014.] <http://www.eumed.net/rev/cccss/02/mamr.htm>. 1988-7833.
- Organización de las Naciones Unidas. 1997. Naciones Unidas . [En línea] 10 de Junio de 1997. [Citado el: 19 de Agosto de 2014.] <http://daccess-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N97/157/66/PDF/N9715766.pdf?OpenElement>.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. 2002. *Modelo simplificado de un proceso de desarrollo local*. 2002.
- Propuesta Metodológica para el análisis estratégico participativo de desarrollo local-regional*. Wong Gonzalez, Pablo. 2005. Hermosillo, Sonora : Fundación del Empresariado Sonorense, 2005.
- Salud colectiva. Marco conceptual para la definición del desarrollo sustentable*. . Goño, Ricardo y Goin, Franciso. 2006. 2006.
- Samuelson, Paul A. y Nordhaus, William D. 2010. *Macroeconomía con aplicaciones a México*. España : McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. de C.V., 2010. 007-057947-4.
- Una taxonomía de modelos de desarrollo sustentable* . Treteault, Darcy. 2004. s.l. : Espiral, 2004.

# Capítulo XI. SUSTENTABILIDAD, MATERIALES Y USO DE ENERGÍA

## SUSTAINABILITY, MATERIALS AND ENERGY USE

Raquel Muñoz Hernández, Saúl Rangel Lara.

División de Ingeniería Industrial de la Universidad Politécnica del Valle de México, Tultitlán, Estado de México.

Email: jael2222@hotmail.com.mx

### Resumen

El presente trabajo es una revisión documental que tiene por objetivo destacar y divulgar la importancia de considerar nuevas opciones de energía, así como los avances que se han desarrollado en los últimos años en materia de tecnología, legalidad y aplicaciones de energías alternativas en México. Surge de la necesidad de contar con información estratégica, oportuna y confiable para conocer con detalle y precisión la dinámica de los distintos flujos de los energéticos en nuestro país, que necesariamente se traduce en una mejor toma de decisiones. Se llevó a cabo la metodología de revisión y análisis documental para el estado del arte. Cuantificar la producción, el comercio exterior, la oferta y el consumo de energía a nivel nacional y conocer los resultados del Balance Nacional de Energía constituye una herramienta fundamental para el análisis y evaluación del desempeño sectorial en el uso de energías alternas sustentables y para el diseño de nuevos proyectos. Se hace hincapié en los indicadores de costo en el aspecto económico, social y principalmente de procesos de degradación del sistema. Se destaca el apoyo a nuevos proyectos industriales, para crear consciencia y responsabilidad social en el cuidado del medio ambiente.

*Palabras claves:* Equilibrio ecológico, sistema, medio ambiente, producción.

### Abstract

The present work is a document review aims to highlight and publicize the importance of considering new energy options and the progress that has been developed in recent years in terms of technology, law and alternative energy applications in Mexico. It arises from the need for strategic, timely and reliable for detailed and precise dynamics of the different flows of energy in our country, which necessarily results in better decision-making. Conducted the review methodology for document analysis and state of the art. To quantify the production, trade, supply and energy consumption nationwide and the results of the National Energy Balance is a key for the analysis and evaluation of sector performance in

the use of alternative energy and sustainable design tool new projects. The emphasis on cost indicators in the economic, social and mainly process aspect of system degradation. Supporting new industrial projects stands to create social awareness and responsibility in caring for the environment.

*Key words:* Ecological balance, system, environment, production.

## **Introducción**

La economía a nivel nacional e internacional se ha visto gravemente afectada por la crisis generalizada que se ha presentado en los últimos años, y México no es la excepción; por lo cual existe la necesidad de crear empresas rentables que generen ingresos atractivos para elevar el nivel social y económico de su entorno.

Bajo esta perspectiva, no se pueden correr riesgos que pongan en peligro las inversiones y asimismo se han creado nuevos escenarios competitivos de los negocios donde para calificar se consideran datos financieros, sociales y factores relacionados con la sustentabilidad y cuidado del medio ambiente.

El factor primordial para realizar este cambio de paradigma, es una estrategia futurista de sobrevivencia y continuidad, es decir si las empresas toman consciencia del riesgo en materia de recursos, generaran acciones para contrarrestar la escases de los mismos. Contar con alternativas ante esta posible problemática, da un valor adicional a la empresa.

El desarrollo sostenible no es una idea nueva. Muchas culturas a través de la historia humana han reconocido la necesidad de armonía entre el ambiente, la sociedad y la economía. Lo nuevo, es una articulación de estas ideas en el contexto de una sociedad global, industrial y de información (Segalas, 2007).

*Conceptos fundamentales de sostenibilidad.*

Existe gran variedad de definiciones para el desarrollo sostenible, pero las más citadas son:

- *“El desarrollo sostenible es el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la habilidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades”. De acuerdo a Our Common Future (nuestro futuro común).*
- *“El desarrollo sustentable es el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”. De acuerdo a (CMMAYD, 1987. Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo).*
- *“El desarrollo sustentable es un proceso de mejoría económica y social que satisface las necesidades y valores de todos los grupos interesados, manteniendo las opciones futuras y conservando los recursos naturales”. De acuerdo a (UICN, 1990).*
- *“El desarrollo sostenible es el manejo y conservación de la base de recursos naturales y la orientación del cambio tecnológico e institucional, de tal manera que asegure la continuidad de las necesidades humanas para las generaciones presentes y futuras”. De acuerdo a (FAO, 2001).*

En 1987, la Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo de Naciones Unidas, declara el desarrollo sustentable como una mejor alternativa al desarrollo socioeconómico tradicional que ha causado graves daños ambientales al planeta. La preservación de la ecología y los avances científicos se han convertido en algunas de las prioridades de los miembros de la comunidad internacional.

La trascendencia en el desarrollo sostenible, no solo pretende garantizar la sobrevivencia de una empresa; es mejorar la calidad de vida de todos los habitantes de la tierra, sin explotar los recursos naturales más allá de la capacidad de regeneración de los mismo y no dañar el ambiente. Para lograrlo se deben generar nuevas estructuras institucionales y un cambio de cultura en las conductas individuales. La sustentabilidad tiene cuatro dimensiones, que interactúan entre sí *de acuerdo a* (Huacuz, 2008):

- *La dimensión física – biológica:* Reservar y potenciar la diversidad y complejidad de los ecosistemas, su productividad, los ciclos naturales y la biodiversidad.



- *La dimensión social:* Acceso equitativo a los bienes de la naturaleza, tanto en términos intergeneracionales como intergeneracionales, entre géneros y entre culturas, entre grupos y clases sociales y también a escala del individuo.
- *La dimensión económica:* Actividades humanas relacionadas con la producción, distribución y consumo de bienes y servicios.
- *La dimensión política:* Participación directa en la toma de decisiones, en estructuras de gestión de los bienes públicos y el contenido de la democracia.

La Organización Mundial de Comercio ha buscado mantener una postura equitativa frente a la búsqueda de una apertura comercial. Si bien es cierto que la organización tiene como objetivo primordial el intercambio de bienes y servicios de todos sus miembros, también busca que existan compromisos para que no se vulnere el respeto a las condiciones para un medio ambiente sano. El impacto de todos estos cambios se ha empezado a sentir en nuestro país; México, no es uno de los grandes generadores de gases de efecto invernadero, pues sólo emite el 1.5 por ciento a nivel mundial.

No obstante, las emisiones han crecido 40 por ciento de 1990 al 2008, por lo que, a través de acciones federales concretas, como el Programa Especial de Cambio Climático (PECC), se ha comprometido con el desarrollo sustentable a reducir un 50 por ciento del total de sus emisiones para el 2050 de contar con financiamiento internacional (Bazán, 2014). Con base en lo anterior se lleva a cabo el presente estudio en el que se tiene por objetivo destacar y divulgar la importancia de considerar nuevas opciones de energía, así como los avances que se ha desarrollado en los últimos años en materia de tecnología, legalidad y aplicaciones de energías alternativas en México.

### **Método**

La energía es esencial para lograr el desarrollo económico y social, pero la energía no será sostenible a largo plazo. Para poder evaluar logros del sector energético hacia un objetivo de sustentabilidad es necesario considerar en los nuevos proyectos criterios como (Achkar, 2008):

- Cambios en los procesos y sistemas productivos que den como resultado un menor uso de la energía en la industria y que reduzcan la tasa de crecimiento de la intensidad energética (joule/PIB);
- Establecer consumos de energía en producción de bienes joule/PIB, similar a los servicios.

- Evaluar Riesgos, vulnerabilidad y restricciones para el desarrollo socioeconómico.
- Evitar excedentes en el abastecimiento energético y posibles incoherencias en el uso de los recursos; y efectos externos sobre el medio ambiente.

Para valorar la sustentabilidad es necesario contar con indicadores energéticos que permitan medir y seguir los cambios importantes. Un indicador es una relación de dos actividades que deben evaluarse de una manera analítica (SENER, 2013).

Se considera dos tipos de indicadores (Achkar, 2008):

- Los que siguen a las actividades que manejan el uso de la energía, por ejemplo, la cantidad de producción industrial, las toneladas/kilómetro recorridas o el número de aparatos eléctricos por persona.
- Los que siguen los desarrollos en la intensidad energética, por ejemplo, energía/pasajero-km o energía/valor agregado en una rama industrial.

La macroeconomía intenta analizar el comportamiento global del sistema económico reflejado en un número reducido de variables, como pueden ser:

- ✓ Tasa de empleo y desempleo.
- ✓ Consumo.
- ✓ Producción de bienes y servicios.
- ✓ Nivel de precios al consumidor.

Los principales son:

*1.-PBI (Producto Bruto Interno).- Es la suma de todos los valores añadidos.*

- Suma del total de salarios, plusvalías y rentas de la tierra.
- Suma de gastos en compras de bienes de consumo y bienes de inversión.

*2.-Cuentas Nacionales.- El Sistema de Cuentas Nacionales de México (SCNM), son el resumen de la actividad económica que lleva a cabo la sociedad mexicana durante un periodo determinado y forman parte de la estadística, pero también de la economía y de la contabilidad privada y pública, aplicadas a la economía nacional y mundiales.*

*3.-IPC Índice de precios al consumidor.- Mide la capacidad de la población para satisfacer sus necesidades, la tasa de variación anual del IPC en México en Julio de 2014 ha sido del 4,1%, 3 décimas superior a la del mes anterior. La variación mensual del IPC (Índice*

de Precios al Consumidor) ha sido del 0,3%, de forma que la inflación acumulada en 2014 es del 1,4%.

4.- *IDH Índice de Desarrollo humano*.- Constituye un indicador compuesto, que integra tres variables simples:

- Longevidad (esperanza de vida al nacer)
- Nivel educacional (alfabetización de adultos, tasa de matrícula)
- Nivel de Vida (deducido del PBI y del IPC)

Existen dos grandes corrientes en la discusión sobre indicadores de sustentabilidad: - La primer corriente parte del concepto de “Sustentabilidad Débil”, sostiene que es posible asignar valores monetarios actualizados a los recursos naturales y a los servicios ambientales de la naturaleza, pudiendo estimar así el desgaste del “Capital Natural” en términos monetarios (Van Hauwermeiren, 1998).

“La sustentabilidad débil se define como el mantenimiento de la suma del capital natural y el capital hecho por los humanos (stock constante de capital). La sustentabilidad débil permite la sustitución del capital natural, por el capital hechos por los humanos. Lo que importa en esta visión es que no disminuya el stock total de capital” (Van Hauwermeiren, 1998). La solución que propone esta corriente se conoce con el nombre de “Indicadores monetarios de Sustentabilidad”.

La segunda corriente parte del concepto de “Sustentabilidad Fuerte”, sostienen que es necesario determinar la capacidad del planeta para sostener al conjunto de la economía humana y mantener las funciones eco sistémicas que aseguren la vida en general. “La solución al problema de la sustentabilidad debe considerar que la ecósfera además de ser el soporte de la economía humana, debe: Ser el soporte del conjunto de la producción física de las demás poblaciones, ecosistemas y procesos biofísicos. La noción de sustentabilidad fuerte, se define como la capacidad de la economía humana de mantener el capital natural crítico” (Van Hauwermeiren, 1998).

1.-*Indicadores Monetarios de Sustentabilidad*.- Los indicadores monetarios de sustentabilidad intentan evaluar que parte de los ingresos por la venta de productos y satisfacción de necesidades de un país o una región pueden considerarse

verdaderamente ingresos y que parte deben ser considerados como descapitalización o pérdida de patrimonio. (Bazan, 2007)

2.- *PBI Verde*.- Valoración de las reservas de recursos no renovables (cuantos años puede mantenerse el ritmo de extracción).

- Tasas de interés, y de acuerdo a ella la parte que se debe destinar a la inversión, de tal forma que en el momento del agotamiento del recurso exista una sustitución del capital natural por capital construido.

- Asignar un factor de corrección por la aplicación de nuevas tecnologías.

3.- *IBES Índice de Bienestar Económico Sustentable*

- Correcciones a las medidas convencionales del gasto del consumo final privado.

- Considera una amplia variedad de factores sociales y ambientales: Distribución del ingreso; Contribución de las actividades no monetarizadas; Agotamiento de los recursos naturales; Los daños ecológicos. (Daly y Cobb, 1989).

Sin embargo no considera:

- Algunos daños al sistema ambiental son irreversibles

- Algunas alteraciones del sistema son inciertas

- Los daños al sistema ambiental son acumulativos

- Los conocimientos de las reservas de los recursos son inciertos

El impacto del ser humano en la vitalidad de los ecosistemas mexicanos se ha incrementado durante los últimos 40 - 50 años, la deforestación, la sobreexplotación y la contaminación así como la introducción de especies invasoras y el cambio climático, son los principales factores responsables de la pérdida del capital natural de México (Linares, 2012).

Otra manera de ver el impacto del ser humano en el capital natural de México es observando su "huella" ecológica. El Global Footprint Network ha designado a México como un país en deuda ecológica, lo que significa que la huella de carbono del país es del doble que su biocapacidad, lo que reduce los activos ecológicos cada año.

En comparación con otros destinos para el retiro como Costa Rica y Ecuador, México está agotando su capital natural mucho más rápido como se muestra en la Figura 1. (McEnany, 2011).

		HUELLA ECOLÓGICA	BIOCAPACIDAD	
	No. de habitantes (millones)	Huella Ecológica de Consumo (acres globales per capita)	Biocapacidad total (acres globales per capita)	(Déficit) o reserva ecológica
Costa Rica	4.4	6.7	4.5	(2.2)
República Dominicana	9.6	3.4	1.4	(2.0)
Ecuador	13.2	4.7	5.7	1.0
<b>México</b>	<b>105.3</b>	<b>8.0</b>	<b>4.2</b>	<b>(3.8)</b>
Panamá	3.3	7.9	8.5	0.6
Canadá	32.6	14.2	42.2	28.0
Estados Unidos	302.8	22.3	10.9	(11.3)

Fuente: Global Footprint Network, 2009. The Ecological Footprint Atlas 2009. [www.footprintnetwork.org/atlas](http://www.footprintnetwork.org/atlas)  
 Datos de población de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación

Figura 1. Huella ecológica de México 2009.

### *Intensidad energética*

La intensidad energética es un indicador que mide la productividad del proceso económico. El desarrollo económico de un país se basa en la producción de energía, para el impulso económico sostenible, pero también es un factor que contribuye en la contaminación del aire. Además de actividades como la producción, transformación y distribución de la energía.

Adicionalmente de este tipo de contaminación existen otros como son: la contaminación del agua, del suelo, del ruido e incremento de desechos, entre otros, por lo que se requiere vigilar la relación energía/medio ambiente, la cual está continuamente cambiando. Existen varios tipos de energías pero las más peligrosas son las "no renovables", se refiere a aquellas fuentes de energía que se encuentran en la naturaleza en una cantidad limitada y una vez consumidas en su totalidad, no pueden sustituirse. La más conocida y de la que más depende la generación de energía es del petróleo.

### *El petróleo.*

En México, cerca del 88% de la energía primaria que se consume proviene del petróleo. Es la principal fuente de insumos para generar energía eléctrica, permite la producción de combustibles para los sectores de transporte e industrial. Además, es materia prima de

una gran cantidad de productos como telas, medicinas o variados objetos de plástico. El petróleo se presenta en la naturaleza en los tres estados de la materia: (INEGI, 2011).

- sólido (bitumen natural)
- líquido (crudo)
- gaseoso (gas natural)

México cuenta con reservas probadas de crudo por 12 352 millones de barriles, por ello, ocupa el lugar 14 en el mundo. Con el nivel de producción actual, se calcula que durarán, aproximadamente, 11 años. Tabasco ocupa el primer lugar nacional en producción de crudo y gas natural. Sin embargo, el mayor porcentaje de producción tiene lugar en las aguas territoriales, sus ventas equivalen al 10% del Producto Interno Bruto (PIB), PEMEX ofrece una gran cantidad de empleos directos e indirectos. Contribuye, aproximadamente, con 37% de los ingresos del sector público del país. La industria petrolera representa 14.9% del total del valor de las exportaciones. (INEGI, 2014).

#### *Energías alternativas sustentables.*

Se denomina energía sustentable a la energía que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables, unas por la inmensa cantidad de energía que contienen, y otras porque son capaces de regenerarse por medios naturales; que ofrece hoy mayores ventajas para erradicar el problema del deterioro del planeta, pues plantea utilizar recursos renovables para obtener energía.

El calentamiento global, el cambio climático, la desertificación, las aguas y aire contaminados, los rayos solares son más peligrosos cada día, el agotamiento de recursos y especies por la sobreexplotación, todos causados por la mano humana, son factores que amenazan el proyecto de energía alterna. Entonces será adecuado utilizar los pocos recursos existentes para crear energía. Las oportunidades para la aplicación de las energías renovables en México con fines de generación eléctrica se dan en dos ámbitos distintos, pero complementarios (Huacuz, 2008).

1.- Instalaciones ligadas a la red eléctrica tanto en forma de grandes centrales generadoras como a través de pequeños sistemas dispersos mediante el esquema conocido como generación distribuida.

2.- Instalaciones en zonas remotas, alejadas de las líneas de distribución, para la alimentación de pequeñas cargas aisladas tanto en proyectos productivos como de mejoramiento de calidad de vida en el medio rural.

En ambos casos, el uso de las energías renovables conlleva beneficios para el país que como suministro de electricidad, ahorro de combustibles fósiles, reducción de las emisiones a la atmósfera de gases con efecto invernadero, la creación de empleos en la industria mediante la producción de bienes y servicios, la diversificación de algunos giros industriales y el fortalecimiento del aparato científico-técnico del país, a la vez, el desarrollo de proyectos en la modalidad de pequeña generación y autogeneración presupone la aportación de capitales privados para la construcción de mayor capacidad (Huacuz, 2008).

Las Áreas Naturales Protegidas (ANP) son porciones acuáticas o terrestres en el territorio nacional representativas de múltiples ecosistemas, en donde su ambiente es totalmente original y no ha sido alterado o modificado. Para el año 2013 se tenían registradas un total de 176 ANP, que comprenden parques nacionales, reservas de la biosfera, áreas de protección de recursos, áreas de protección de flora y fauna, monumentos naturales y santuarios. (Secretaría de Energía, México). Los proyectos en el ámbito rural ayudan a aliviar tensiones sociales y proporcionan un nuevo elemento para facilitar el desarrollo económico de zonas marginadas (Huacuz, 2008).

Actualmente la generación de las energías alternativas en México representan cerca del 25 % (Secretaría de Energía, México), de acuerdo a lo editado en (ProMéxico, 2014).

Este compromiso con la sustentabilidad se ha visto reflejado en diversas Leyes e iniciativas que se han estado presentando en los últimos años, como el Programa Especial de Cambio Climático 2008-2012 antes mencionado, la Ley para el aprovechamiento de energías renovables en México. Financiamiento de la transición energética y las hipotecas verdes del INFONAVIT entre otras, como es el caso de la

prohibición de focos incandescentes de alto consumo en los próximos años (NOM-028-Enero, 2010).

Se contempla que, para el sector residencial, no podrán comercializarse lámparas incandescentes de 60 y 40 watts, a partir de diciembre de 2013. Asimismo, para los sectores comerciales, industriales y de servicios, se determinó que deberán instalar lámparas fluorescentes lineales, con la potencia predeterminada y con distribución de acuerdo a la NOM-025-5STPS-1999, condiciones de iluminación en los centros de trabajo. Con todo esto, se espera que para el año 2017, al menos el 10% por ciento de la energía producida en el país sea de fuentes renovables particulares.

### **Resultados**

“Se han presentado propuestas para incentivar el uso de tecnologías limpias, una de estas iniciativas fue abordada durante el panel denominado “Agenda Verde B20: de Cannes a México, donde participantes, como el Vicepresidente de CEMEX, se pronunciaron por aplicar un “impuesto verde” a aquellas empresas o instituciones contaminantes. A partir de los foros de Green Solutions, que promueve las energías alternativas en México, las empresas: NGK, Iberdrola, Acciona, Grupo Bimbo, Peñoles, Safran, Ericksson, Nissan, la empresa Rubenius, (ProMéxico, 2014), cuya sede se ubica en Dubai, Emiratos Árabes Unidos, instaló un sistema de almacenamiento y regulación de energía generada con procesos sustentables ubicado en Mexicali, Baja California. Esta nueva inversión generó 800 empleos directos.

#### *Energía Solar*

De acuerdo a PROMEXICO (2014); México forma parte del llamado "cinturón solar" que lo ubica entre los principales países con un alto potencial solar, con lo que podría generar grandes cantidades de energía para autoabastecimiento y exportación; cerca del 90% del territorio nacional presenta una irradiación solar que al día fluctúa entre 5 y 6 KWh por metro cuadrado, que representa hasta un 70% más alto comparado con los grandes desarrollos de aprovechamiento solar a nivel global de acuerdo al Atlas de Recursos Renovables Eólicos y Solares, Instituto de Investigaciones Eléctricas-Secretaría de Energía, México (ProMéxico, 2014).



La producción de energía solar aumentó 19.4% respecto a 2010. Esto último fue resultado de un incremento de 18.8% en el área total instalada de calentadores solares y de 6.8% en módulos fotovoltaicos. Asimismo, en diciembre de 2011 entró en operación el primer Piloto Solar Fotovoltaico de la CFE, de 1 MW de capacidad, ubicado en Santa Rosalía, Baja California Sur (SENER, 2011).

#### *Energía eólica.*

El estado de Oaxaca en México, es uno de los estados más privilegiadas del mundo, en cuanto a potencial eólico (cercano a los 6,000 MW), debido a su ubicación geográfica y favorables condiciones climatológicas (Atlas de Recursos Eólicos de Oaxaca, National Renewable Energy Laboratory/ Asociación Mexicana de Energía Eólica), (ProMéxico, 2014).

Cuenta con Centrales como Oaxaca II y Oaxaca III con sus generadores de electricidad que aportaron 4.65 PJ de energía eólica. Con ello, la producción eólica alcanzó 5.93 PJ, 33.1% mayor respecto a 2010 (SENER, 2011).

En el caso del estado de Baja California se construyen varias granjas eólicas, con un potencial de entre 4,000 y 8,000 Mega watts de electricidad y requiere un sistema de almacenaje para contar con disponibilidad permanente y atender con regularidad las necesidades de energía (ProMéxico, 2014).

#### *La producción de biogás*

Aunque aún es incipiente, mostró un incremento de 13.4%, pasando de 1.3 PJ en 2010 a 1.5 PJ en 2011. Si bien la cantidad de este tipo de energía es aún pequeña, su participación cobra importancia dentro de una visión de diversificación de las fuentes de energía primaria. Por su parte, la biomasa, que se integra por bagazo de caña (30%) y leña (70%) incrementó de 348.28 PJ en 2010 a 348.67 PJ en 2011. En este último año se concretó la entrada en operación de tres proyectos a partir de biomasa y biogás, por una capacidad total de 47.7 MW. Destacó el proyecto de PIASA Cogeneración<sup>29</sup>, con 40 MW de capacidad a partir de bagazo de caña de azúcar. (SENER, 2011).

### *Energía geotérmica.*

México es uno de los principales países del mundo en producir energía a partir de fuentes geotérmicas. Con un 8.9% de participación total, en octubre de 2010 México ocupó la cuarta posición (958 MW), sólo precedido por Estados Unidos (3,093 MW), Filipinas (1,904 MW) e Indonesia (1,197 MW) según datos de la Asociación Mexicana de Geotermia (AMG). Esto muestra el gran potencial de energías alternativas en México (Arellano, 1999).

Por su parte, las empresas NGK, Grupo Peñoles, Iberdrola, Acciona, Grupo Safran, Ericsson, Grupo Odebrecht, Grupo Bimbo y Nissan, anunciaron una serie de inversiones relacionados a proyectos medioambientales, que en conjunto suman 2,250 millones de dólares adicionales (ProMéxico, 2014).

El Fondo de Sustentabilidad Energética (FSE) ha colocado recursos para el desarrollo de proyectos en institutos de investigación y/o de educación superior, en 22 entidades del país (SENER, 2011).

De acuerdo a las áreas temáticas del Fondo, los proyectos apoyados están enfocados en energías renovables, tecnologías limpias, eficiencia energética y diversificación. (SENER, 2013). Como se muestra en la Figura 2.

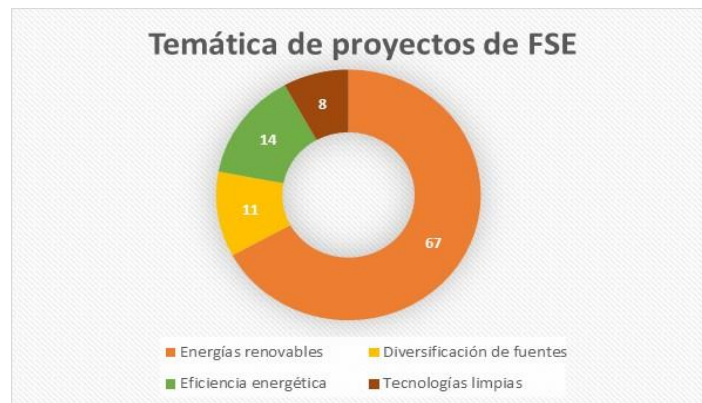


Figura 2. Temática de proyectos enfocados a energías renovables.

Fuente: Reporte SENER. 2013.

A continuación se hace una breve descripción de algunos proyectos destacados para la generación de energía amigable (Huacuz, 2008).

*Canal parabólica.* El objetivo de este proyecto es diseñar, construir, operar y evaluar una instalación experimental de 500 kW térmicos utilizando la tecnología de canal parabólica para la producción de calor de proceso industrial, con el fin de demostrar y asimilar la tecnología en México (SENER, 2011).

*Plato parabólico.* Con este proyecto se pretende obtener conocimiento práctico sobre la misma, adquiriendo y operando una instalación experimental de entre 5 y 7.5 kWe, con miras a su futura aplicación y fabricación industrial en México (SENER, 2011).

*Generadores fotovoltaicos.* El propósito de este proyecto es determinar en forma práctica el impacto que pueden tener los sistemas fotovoltaicos conectados a red para suavizar los picos de demanda eléctrica en regiones con fuertes requerimientos de aire acondicionado para la vivienda, como es el caso de Mexicali, en Baja California. A la vez, se pretenden desarrollar elementos técnicos y no técnicos que ayuden a la diseminación masiva de la tecnología en regiones con temperaturas extremas en la época de verano (SENER, 2011).

*Plataforma eólica.* Esta instalación permitirá adquirir conocimiento profundo sobre la tecnología, tener un medio para realizar pruebas de componentes de fabricación nacional, contar con la capacidad para evaluar el grado de madurez de las variantes genéricas de aerogeneradores que existen en el mercado, y facilitar el desarrollo de empresas nacionales para operación y mantenimiento de centrales eólica (SENER, 2013).

*Generación con biogás.* El propósito de este proyecto es construir un planta demostrativa de generación eléctrica para operar con biogás producido en un relleno sanitario municipal con aproximadamente (SENER, INFORME CERO, 2013).

*Hidrógeno-celda de combustible.* El hidrógeno producido será utilizado en una celda de combustible, tecnología que permite generar electricidad al poner en contacto una corriente de hidrógeno con una de aire (oxígeno) en un proceso que no requiere elevadas temperaturas ni presiones, que no implica el uso de elementos mecánicos móviles y que no emite contaminantes a la atmósfera (SENER, 2011).

*Mapeo de recursos y sistema de información geográfica.* En el área de recursos energéticos se emprenderán dos proyectos: uno para evaluar los recursos geotérmicos de baja temperatura y otro para crear un sistema de información geográfica (Siger) como herramienta para la planeación y apoyo a la toma de decisiones (SENER, 2011).

El único grupo de investigación tecnológica en México que por más de veinte años se ha dedicado en forma ininterrumpida a la investigación y el desarrollo de las tecnologías para el aprovechamiento de las energías renovables con fines de generación eléctrica es el Instituto de Investigaciones Eléctricas de Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) (antes Departamento de Fuentes No Convencionales de Energía). Otras instituciones, particularmente el Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (IPN), el Instituto de Ingeniería y el Centro de Investigaciones en Energía (antes Laboratorio de Energía Solar), ambos de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), también han realizado actividades importantes para la aplicación eléctrica de las energías renovables en México (Arellano, 1999).

La Gerencia de Proyectos Geo termoeléctricos de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) ejecuta desde hace varios años proyectos de aplicación de las energías renovables en el ámbito de la propia Comisión. (SENER, 2013). La experiencia internacional pone de manifiesto que es posible lograr avances significativos en el desarrollo y la aplicación de las energías renovables siempre y cuando se conjuguen en forma armonizada y con ese propósito elementos que van más allá de lo puramente técnico, como son los aspectos institucionales, financieros, ambientales, industriales, y de política. Todos ellos deben ser puestos en una visión de futuro y estructurados en planes y programas para el corto, mediano y largo plazos (Arellano, 1999).

El gobierno federal en apoyo elaboró un diagnóstico sobre la política científica, tecnológica y de innovación en México durante el sexenio 2000-2006. En el diagnóstico se señaló, como una de las limitantes fundamentales del desarrollo, la insuficiente inversión en ciencia, tecnología e innovación, que permita al país desarrollar capacidades apropiadas a los requerimientos productivos. Con base en estos esfuerzos, el 17 de julio de 2007 el poder legislativo presentó la iniciativa de reforma y adición de diversas disposiciones al capítulo XII, título segundo de la Ley Federal de Derechos en materia de hidrocarburos (SENER, 2013).

En consecuencia, el 1° de octubre de 2007, se publicó en el Diario Oficial de la Federación el Decreto por el que se reformaron y adicionaron diversas disposiciones de la Ley Federal de Derechos, en materia de Hidrocarburos. Se estableció que PEMEX Exploración y Producción estará obligado al pago anual de un derecho para la investigación científica y tecnológica en materia de energía, y que la recaudación que se genere de la aplicación de este derecho se distribuirá, entre otros, al Fondo Sectorial CONACYT-Secretaría de Energía- Sustentabilidad Energética (FSE), que se crearía conforme a lo dispuesto por la Ley de Ciencia y Tecnología. El 7 de diciembre de 2007, durante la Vigésima Tercera Sesión Ordinaria de la Junta de Gobierno del CONACYT, se autorizó la creación del FSE, mediante el acuerdo No. AS-XXIII-07/07 (SENER, INFORME CERO, 2013).

El 16 de mayo de 2008, se firmó el Convenio de Colaboración entre la Secretaría de Energía y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, para la creación de los Fondos Sectoriales CONACYT-Secretaría de Energía-Hidrocarburos y CONACYT-Secretaría de Energía-Sustentabilidad Energética. El 4 de agosto de 2008, se firmó el Contrato de Fideicomiso entre el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología en su calidad de fideicomitente y el Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos (BANOBRAS) en su calidad de fiduciario (SENER, INFORME CERO, 2013).

El 9 de diciembre de 2008 se llevó a cabo la Sesión de Instalación del Comité Técnico y de Administración del FSE, en la cual se emitieron las Reglas de Operación del Fondo. Los proyectos a desarrollar representan además una oportunidad para realizar estudios y análisis complementarios, en vinculación con el medio académico en beneficio de la formación de recursos humanos de alto nivel, el uso de herramientas avanzadas y un mejor entendimiento de los requerimientos del desarrollo tecnológico por parte de los investigadores del medio académico (SENER, 2013).

### **Conclusiones**

El proceso de generación de energía limpia requiere de apoyos y cambios de paradigmas en la mentalidad de los inversionistas; esto es debido a que se considera que invertir en infraestructura para la adquisición de energías alternas representa altos costos sin que se vea reflejado en alguna ventaja económica.

El Gobierno ha implementado medidas para incentivar la generación de proyectos en las nuevas generaciones que estimulen la investigación y generación de nuevas ideas y proyectos para aprovechar las condiciones geográficas con las que cuenta México.

Otro de los puntos primordiales es que la cultura del cuidado del medio ambiente no se ha generalizado, es porque no se cuenta con personal adecuado puesto que se requiere una capacitación especializada, son pocos los profesionistas y técnicos capacitado para el desarrollo e implantación de proyectos de generación con energías renovables; es necesario implementar programas para la formación de recursos humanos. (Ponce, 2013) El proceso requiere la vinculación de varios sectores trabajando de manera integral como son la industria manufacturera y los centros de Investigación y Desarrollo, para generar estándares, especificaciones técnicas y métodos avanzados de ingeniería así como desarrollar recursos humanos capacitados y competentes (Arellano, 1999).

México tiene todos los elementos necesarios para convertirse en desarrollador de la tecnología, dada su ubicación geográfica y los instrumentos de política exterior con que cuenta, sin embargo, la idea de ser un país petrolero ha creado un estado de confort y seguridad, que no permite ver las oportunidades económicas, sociales, políticas, ambientales con las que cuenta en la actualidad; otro factor es la falta de una infraestructura sólida y de metodologías para asimilar las nuevas tecnologías en las empresas e instituciones de educación superior para la formación de personal competente y con una nueva cultura energética (Huacuz, 2008).

## Referencias

- Achkar, M. (2008). Indicadores de sustentabilidad. *Revista Universidad de la R.*, 1-13.
- Adam, E., & Ebert, R. (1993). *Administración de la producción y de las Pymes*. Prentice-Hall Hispanoamericano S.A.
- Arellano, V. (1999). Geotermia. *Boletín IIE*.
- Bazan, G. (2007). Sustentabilidad: el manejo de Indicadores. *IV(18)*.
- Bazán, G. (22 de Agosto de 2014). *Cambio climático: la perspectiva de la AIE y enseñanzas para México*. Obtenido de [energiaadebate.com](http://energiaadebate.com/cambio-climatico-la-perspectiva-de-la-aie-y-ensenanzas-para-mexico/): <http://energiaadebate.com/cambio-climatico-la-perspectiva-de-la-aie-y-ensenanzas-para-mexico/>
- Daly, H., & Cobb, J. (1989). *For the common good*. Boston: Beacon Press.

- FAO. (2001). *Indicadores de la Calidad de la tierra y su uso para la agricultura sostenible y el desarrollo rural*. Roma: FAO.
- Global, F. N. (22 de 01 de 2010). *Ecological Footprint*. Recuperado el 24 de agosto de 2014, de [www.footprintnetwork](http://www.footprintnetwork)
- Huacuz, J. (2008). ¿Que ofrecen las energías renovables para el suministro nacional? *Instituto de Investigaciones Electricas*, 43-50.
- INEGI. (19 de enero de 2014). *cuentame.inegi*. Recuperado el 21 de agosto de 2014, de <http://cuentame.inegi.org.mx/impresion/economia/petroleo.as>
- INEGI, 2. (11 de 01 de 2011). *INEGI*. Recuperado el 06 de 06 de 2014, de INEGI: [http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/proyectos/censos/ce2009/universo\\_total.asp](http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/proyectos/censos/ce2009/universo_total.asp)
- Linares, P. (2012). La Sostenibilidad del modelo energético español. . *Economics for energy*, 1-32.
- McEnany, A. (22 de febrero de 2011). *International Comunity Foundation*. Obtenido de International Comunity Foundation: [http://www.icfdn.org/publications/environment/021\\_es.php](http://www.icfdn.org/publications/environment/021_es.php)
- NOM-028- Enero, P. (09 de 09 de 2010). PROYECTO de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-028-ENER-2010, Eficiencia energética de lámparas para uso general. Límites y métodos de prueba. México, México: Diario Oficial de la Federación.
- Ponce, E. (2013). Educación en Energias renovables. *Energias renovables*, 4-7.
- ProMéxico. (22 de AGOSTO de 2014). *Energías alternativas en México*. Obtenido de PROMÉXICO: <http://www.promexico.gob.mx/desarrollo-sustentable/energias-alternativas-en-mexico.html>
- Segalas, J. (2007). EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD. *CETIB*.
- SENER. (2011). México: Sener.
- SENER. (2013). *INFORME CERO*. Mexico: Secretaria de energia.
- Van Hauwermeiren. (1998). *Manual de economía ecológica*. Instituto de ecología Política.

## **CAPÍTULO XII. DISEÑO DE PROTOTIPO PRODUCTOR DE ENERGÍA ELÉCTRICA CON PANELES SOLARES**

### **DESIGN OF PROTOTYPE PRODUCER OF ELECTRIC ENERGY WITH SOLAR PANELS**

Rosario Alicia Gálvez Chan, Ana Karina Blanco Rios, Julia Xochitl Peralta García, Jesús Eduardo Hinojos Ramos, Patricia Alejandra Paredes Gálvez.  
Instituto Tecnológico de Sonora.  
Email: rosario.galvez@itson.edu.mx

#### **Resumen**

Las energías renovables ofrecen la oportunidad de obtener energía útil para diversas aplicaciones. Además representa la oportunidad de mejorar la calidad de vida de la población rural del país que carece de acceso a infraestructura eléctrica o bien no pueden pagarla debido a sus bajos ingresos. En el Instituto Tecnológico de Sonora los estudiantes de Química Básica del área de ingeniería desarrollaron un prototipo dinámico y funcional con material reciclado el cual es productor de energía eléctrica a partir de la energía solar. La elaboración del prototipo se realizó con dos paneles solares de 12V y 18 V, un controlador de carga, un inversor de energía y una batería. El objetivo de este trabajo fue: Desarrollar un prototipo, con materiales reciclados, capaz de suministrar energía eléctrica mediante el aprovechamiento de energía solar y de esta forma contribuir al cuidado del ambiente y a la economía así como ofrecer oportunidades de una mejor calidad de vida a comunidades rurales. Los resultados fueron favorables debido a que el prototipo generó energía eléctrica para encender un abanico de pedestal por un período aproximado de 10 horas. Con este estudio se demuestra la importancia y la factibilidad de producir energía eléctrica haciendo uso de energías renovables, como la solar. Con el desarrollo de este proyecto, también se demuestran las competencias desarrolladas por los estudiantes en un curso de Química Básica para Ingenierías.

*Palabras claves:* Energía solar, prototipo, energía eléctrica, material reciclado, paneles solares.

#### **Abstract**

Renewable energy offers the opportunity to obtain useful energy for various applications. It also represents an opportunity to improve the quality of life of the rural population without access to electricity or infrastructure cannot afford it because of their low incomes. Students of basic chemistry for engineering from the Instituto Tecnológico de Sonora developed a dynamic and functional prototype with recycled material which is producing electricity from solar energy. The prototype was performed with two solar panels of 12V and 18 V, a charge controller, an inverter of electric energy and a battery. The aim of this project was to develop a prototype, using recycled materials, capable of supplying



electricity by solar energy and thus contribute to protecting the environment and the economy, as well as, providing opportunities for a better quality of life for communities rural. The results were favorable due to the prototype generated electricity to operate a fan by a period of approximately 10 hours. In this study the importance and feasibility of producing electricity using renewable energy, such as, solar was demonstrated. With the development of this project, the knowledge and skills developed by students in a course on Basic Chemistry for Engineering also were demonstrates.

### Introducción

Aunque el mundo ha experimentado muchas crisis de energía, especialmente en las últimas dos décadas, la cantidad de energía consumida ha continuado en aumento (Tasri & Susilawati, 2014). Las fuentes primarias de energía en el mundo son los combustibles fósiles (Figura 1), lo cuales suministran el 81% de la mezcla total de energía en el mundo (International Energy Agency, 2012). Se estima que la demanda de combustible fósil se incrementará rápidamente durante el período 2007-2030, el mayor crecimiento lo presentará el carbón, seguido por el gas y el petróleo, con factores de crecimiento de 53%, 42% y 24% respectivamente (International Energy Agency, 2009).

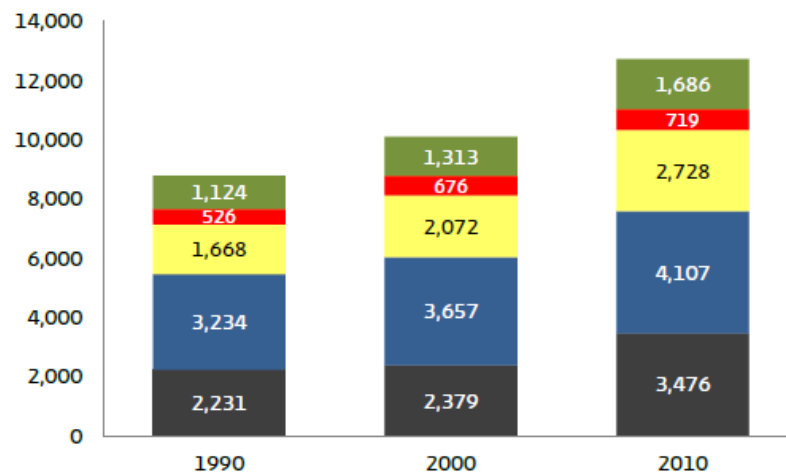


Figura 1. Distribución de la demanda mundial de energía, 1990-2010 (millones de toneladas de petróleo equivalente).

Fuente: International Energy Agency, 2012.

El uso de energía fósil provoca graves impactos, el principal es la deterioración del ambiente a través de la liberación de contaminantes, los cuales consisten en emisiones de CO<sub>2</sub>. Como resultado del uso significativo de combustibles fósiles, se espera que la cantidad de emisiones de CO<sub>2</sub> en el mundo sea más del doble de 1990 a 2030, de 21 a 45 Gt de CO<sub>2</sub> (Directorate-General for Research and Energy, 2003, citado por, Tasri & Susilawati, 2014). Por otro lado, el costo de la energía ha tendido a incrementarse en las últimas dos décadas y está previsto que aumente mucho más rápido en el futuro debido a la escasez de recursos de petróleo y a la alta demanda del mismo, además de los conflictos políticos en los principales países productores de petróleo. Debido a la problemática ya mencionada, las personas están haciendo un esfuerzo para desarrollar alternativas o renovables.

### **Evolución mundial de la energía renovable en el consumo energético primario**

Entre 2006-2011, la capacidad de producción global de energías renovables, incluyendo grandes hidroeléctricas creció a tasas promedio anuales muy altas, de entre 17% y 58%. Por primera vez, en 2011 la energía solar fotovoltaica representó la mayor cantidad de nueva capacidad eléctrica instalada en la unión Europea.

La producción mundial de biocombustibles ha sido variada, con una expansión del biodiesel en 2011, la energía eólica creció a un ritmo de 27% anual, mientras que la tasa de crecimiento energía solar ha crecido un 24% durante el período 2006-2011 (Figura 2).

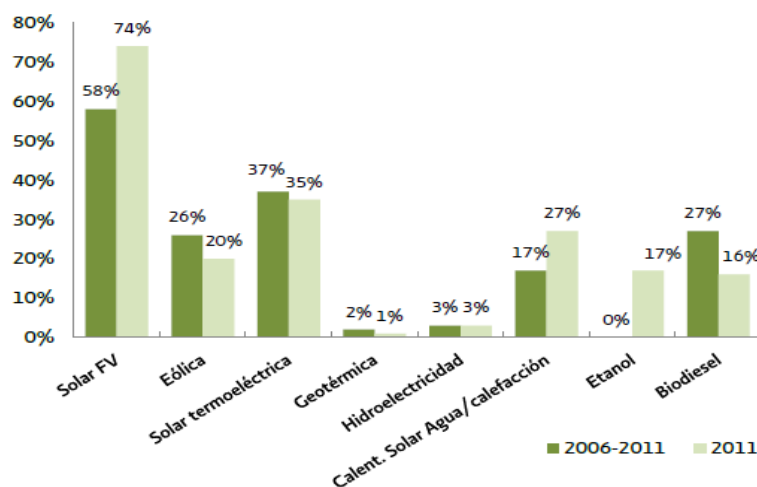


Figura 2. Tasa de crecimiento de la capacidad global de producción de energía renovable 2006-2011 (%).

Fuente: Renewables 2012, Global Status Report, REN21, 2012.

Se espera que el suministro de energía renovable moderna (hidráulica, eólica terrestre y marina, solar, geotérmica, de los océanos y biomasa moderna) se incremente de 840 millones de toneladas equivalentes de petróleo (Mtpe) en 2008 a una participación en el intervalo de 1,900 Mtpe a 3,250 Mtpe en 2035, en función de los diferentes escenarios (International Energy Agency, 2010).

Las energías renovables, entre ellas la solar, ofrecen la oportunidad de obtener energía útil para diversas aplicaciones, su aprovechamiento tiene menores impactos ambientales que el de las fuentes convencionales y poseen el potencial para satisfacer todas nuestras necesidades de energía presentes y futuras. Además, su utilización contribuye a conservar los recursos energéticos no renovables y propicia el desarrollo regional (Asociación Nacional de Energía Solar, 2014).

La energía solar es una fuente prometedora de energía para ayudar a aliviar la creciente dependencia de la energía basada en combustibles fósiles (Carlisle et al. 2014). La luz es onda y partículas a la vez. Einstein describió la luz como una aglomeración de proyectiles. Cuando estos proyectiles, los fotones, tienen suficiente energía y chocan con un electrón libre que se encuentra en un conductor o semiconductor, dicho electrón se pone en movimiento y comienza a fluir corriente. Ésta se deriva con unos contactos de plata que están situados en la parte superior de una célula fotovoltaica. Varias células, unidas por los contactos, forman un módulo. La corriente obtenida de esta manera se puede utilizar directamente o suministrar a la red eléctrica. A largo plazo, la energía solar es la mejor respuesta al efecto invernadero, una de las mayores amenazas a las que se enfrenta hoy la humanidad (Enalto, 2014).

### **Perspectiva y problemática actual de la energía solar en México**

México se localiza geográficamente entre los 14° y 33° de latitud septentrional<sup>63</sup>; esta característica resulta ideal para el aprovechamiento de la energía solar, pues la irradiación global media diaria en el territorio nacional, es de alrededor de 5.5 kWh/m<sup>2</sup>/d, siendo uno de los países .con mayor potencial en aprovechamiento de la energía solar en el mundo (Sánchez, 2008).

El Instituto de Investigaciones eléctricas ha realizado estudios respecto del potencial de aprovechamiento de la energía solar térmica de concentración y ha estimado un potencial medio aprovechable en el corto plazo en las zonas norte y noroeste del país de 1,653 MW, mientras que el potencial para calentamiento solar de agua se ubica en más de dos millones de metros cuadrados de calentadores solares de agua al año. Por otra parte, a pesar que actualmente México no cuenta con desarrollos piloto o comerciales de centrales de generación operadas por las diferentes formas de energía oceánica, algunos estudios realizados por la CFE indican que existen zonas con alto potencial para su aprovechamiento en el país, principalmente de la energía mareomotriz en la región del Alto Golfo de California. Se creó que en un área de embalse de 2590 km<sup>2</sup>, podría disponer de una potencia máxima instalada de 26 GW, con una producción de 23,000 GWh/año (Secretaría de Energía, 2013).

Desde la mitad del siglo pasado, México se ha caracterizado por contar con una población urbana creciente, resultado de una migración importante desde zonas rurales, en busca de mayores oportunidades de empleo y mejor calidad de vida. En consecuencia, la demanda de mayores servicios, como sistemas de bombeo de agua, alumbrado público, transporte colectivo, acondicionamiento de espacios e infraestructura, concentran el consumo de energía en forma de electricidad y combustibles en las grandes ciudades, lo que ha generado que la oferta de energía no brinde las mismas oportunidades a las poblaciones rurales. Otros problemas que enfrenta la población rural es la carencia de infraestructura para recibir energéticos y además, por sus bajos ingresos, carecen de la posibilidad de pagarlos. En este sentido, la población rural de México, (25 millones de personas) se convierte en una opción viable para el desarrollo de la energía renovable, tal como la solar, y de esta manera proporcionar beneficios que se obtienen en ciudades, así como brindar la posibilidad de mejorar su calidad de vida e iniciar actividades económicas idóneas a su entorno (Secretaría de Energía, 2013).

En el Instituto Tecnológico de Sonora, los alumnos de la materia de química básica para ingenierías desarrollaron un prototipo productor de energía eléctrica mediante el aprovechamiento de energía solar, respondiendo al objetivo del proyecto, el cual fue Desarrollar un prototipo, con materiales reciclados, capaz de suministrar energía eléctrica mediante el aprovechamiento de energía solar y de esta forma contribuir al cuidado del ambiente y a la economía.

## Métodos

En la elaboración del prototipo participaron 20 estudiantes del área de Ingeniería de los primeros semestres; sus edades comprendían entre los 18 y 19 años, durante el desarrollo del proyecto se aplicaron los conocimientos adquiridos, en el curso de Química Básica, como son materiales industriales y electroquímica, así como los de su propia formación profesional.

Para la elaboración del prototipo se utilizaron los materiales descritos en la Tabla 1, los cuales eran en su mayoría reciclados.

Tabla 1. Características y materiales utilizados en el proyecto.

Cantidad	Materiales y características
2	Paneles solares de silicio cristalino de 12 volts y 18 volts.
1	Inversor de corriente de 12 V a 110 V de 400 Watts.
1	Controlador automático de carga.
1	Batería.
2	Terminales.
5 metros	Cable de calibre 12.
1	Soporte de fierro.
1	Abanico master craft, 127 V ~60 Hz 45 W, con un consumo de energía por unidad de tiempo en operación de 38.044 Wh.
	Chilillos, sinchos y materiales menores.
1	Base de metal.

El procedimiento para llevar a cabo el armado del prototipo fue el siguiente:

Se conectaron los paneles solares de manera paralela con la finalidad de igualar su voltaje y sumar las potencias de ambos (Figura 3). Para conectar cualquier panel solar en paralelo, es necesario conectar el polo positivo (rojo) de la terminal de un panel al positivo (rojo) de la terminal de otro panel, y negativo (negro) de un panel con el negativo (negro)

de la terminal el otro panel. Con cableado en paralelo de paneles solares, el voltaje (volts) se mantiene igual, mientras que la Corriente (amperes) es aditiva.



Figura 3. Paneles solares conectados.

Una vez que los cables se conectaron se atornillaron una base metálica que sirvió de soporte para los mismos (Figura 4).



Figura 4. Paneles conectados sobre base metálica.

Los paneles solares se conectaron a un controlador de carga (Figura 5) con la finalidad de que la energía de la batería se devolviera a los paneles, es decir, el controlador es un control de carga y descarga de la batería. Se bloquea con un diodo. Los diodos de bloqueo cumplen buen papel en abrirse (bloquear) o cerrarse automáticamente. El relé en el controlador está sincronizado con la tensión aportada del panel fotovoltaico de tal manera que si no hay suficiente energía del panel, éste, el relé se abre (desconecta), igual ocurre cuando la batería está totalmente cargada. Esto mismo se cumple por las noches, al suponerse la batería cargada. Los cables positivo y negativo que emergen de los paneles conectados se unen a su misma carga, según corresponda positivo con positivo y viceversa, en el controlador.



Figura 5. Conexión de paneles solares con controlador de carga.

Posteriormente las salidas del controlador (positiva y negativa) se conectan a los polos de la batería, cable positivo con polo positivo y viceversa (Figura 6). La finalidad de la batería es únicamente de carga, es decir, se carga en el día y se descarga en las noches (cuando no hay sol).



Figura 6. Uniones entre controlador de carga y batería.

Finalmente la energía de la batería (directa) se convierte a alterna, la cual puede ser utilizada en aparatos electrodomésticos. Para esto, los cables de salida del controlador se conectaron a las entradas del inversor (positivo-positivo) según lo muestra la Figura 7. Cuando el nivel de voltaje sea muy bajo el controlador se desconectará.

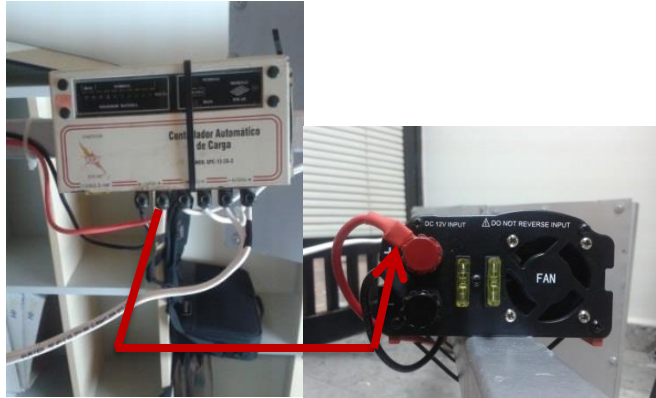


Figura 7. Uniones entre salidas de controlador de carga e inversor de corriente.

## Resultados

Se logró el objetivo del proyecto, al elaborar un prototipo capaz de producir energía eléctrica mediante la captación de energía solar (Figura 8).



Figura 8. Prototipo productor de energía eléctrica elaborado a partir de material reciclado.

Se probó el funcionamiento del prototipo elaborado con un abanico master craft, 127 V ~60 Hz 45 W. Para comprobar que el prototipo sería capaz de encender el abanico se calcularon la potencia de los paneles fotovoltaicos ante tales especificaciones por 24 h, la potencia de los paneles solares y la capacidad de la batería como a continuación se detalla.



Cálculo de la potencia de los Paneles FV para encender un abanico de 45 W por 24 horas:

La demanda del abanico utilizado para la realización del experimento, considerando que opera a 127 V consumiendo 45 W podemos calcularla de la siguiente manera:

$$DE = (45 W) (24 \text{ horas}/1 \text{ día}) = 1080 \text{ Wh/día}$$

### **Cálculo de la potencia de los paneles solares:**

Para obtener la potencia de los paneles solares se consideró una irradiación solar (IS) en Ciudad Obregón de 6.5 Kwh/m<sup>2</sup>/día (Almanza et al. 1997; Southwest Technology Development Institute, 1999, citado en, <http://econotecnica.com/radiacion-solar.html>). También se consideró un factor de pérdida (FP) de 1.2. Por tanto, la potencia demandada al arreglo de paneles por el abanico se calculó de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \text{Potencia total del arreglo de paneles} &= FP \times DE / IS \\ &= 1.2 \times 1080 \text{ Wh/día} / 6.5 \\ &= 199.38 \text{ Wh} \end{aligned}$$

### **Cálculo de la capacidad de la batería:**

Se consideró una autonomía de 2 días (AUT, tiempo sin brillo solar), la DE calculada previamente, la eficiencia de la batería (REND) fue del 80% asumiendo que son baterías de ciclo profundo. La descarga máxima (DESC) del 50%, el cual es un valor sugerido para no afectar la vida útil de las baterías y un voltaje del sistema (V) de 12 V, el cual es sugerido para sistemas no mayores de 1500 Wh/día. De esta manera tenemos que:

$$\begin{aligned} \text{Potencia total del banco de baterías (PB)} &= (AUT \times DE)/(REND \times DESC \times V) \\ &= (2 \text{ días} \times 1080 \text{ Wh/día})/(80\% \times 50\% \times 12 \text{ V}) \\ &= \frac{2160 \text{ Wh}}{0.8 \times 0.5 \times 12 \text{ V}} \\ &= 450 \text{ Ah} \end{aligned}$$

### **Tiempo de descarga de la batería**

Considerando que la batería tiene una PB de 450 Ah y el abanico una DE de 1080 Wh/día tenemos que:

$$\begin{aligned} \text{Tiempo de descarga de la batería} &= PB / DE \\ &= (450 \text{ Ah})/1080 \text{ Wh/ día} \\ &= 0.416 \text{ día} \\ &= 9.9 \text{ horas} \end{aligned}$$

La batería, bajo las condiciones de elaboración del prototipo, permitiría que el abanico estuviera encendido por un tiempo aproximado de 9.9 horas. Es decir, que la energía captada del sol produjo energía eléctrica suficiente para mantener encendido un abanico por un periodo aproximado de 10 horas.

### **Discusión**

El uso de energías renovables presenta distintas ventajas, además de cuidar el medio ambiente, la economía del hogar se ve favorecida mediante el ahorro de energía eléctrica.

Este prototipo demostró ser capaz de generar energía eléctrica lo cual lo convierte en una opción para sectores blanco como comunidades rurales quienes han sido desfavorecidas por los programas gubernamentales debido a la carencia de infraestructura y acceso a electrificación.

Sin embargo, se considera necesaria la realización posterior de pruebas, en diferentes condiciones, con la finalidad de optimizar el funcionamiento de este equipo para demandas energéticas mayores.

### **Conclusiones**

El futuro de las nuevas generaciones depende grandemente de la búsqueda de fuentes de energía ecológicas que permitan mejorar la calidad de vida de la población mundial, lo cual puede lograrse haciendo un mayor uso de energías alternativas como la eólica, la mareomotriz, la geotérmica, la de biomasa y la solar, entre otras.

En México, gran parte de la población rural, 25 millones de personas, obtiene energía de leña, debido a que se enfrentan a situaciones entre las que se encuentran el acceso

difícil a la energía eléctrica. En este proyecto se generó un prototipo productor de electricidad a partir de energía solar, el cual representa una opción viable de desarrollo para este gran sector de la población del país.

El prototipo elaborado produjo energía eléctrica suficiente para encender un abanico por un período aproximado de 10 horas. Con el desarrollo de este proyecto se evidencian las competencias que los estudiantes desarrollaron en su curso de Química Básica para Ingenierías.

La realización satisfactoria de este prototipo dinámico y funcional permite la concientización ante la problemática actual de los recursos naturales y abre posibilidades para nuevas aplicaciones y optimización del mismo.

### Referencias

- Almanza, S. R., Cajigal, R. E. & Barrientos, A. 1997. Actualización de los Mapas de Irradiación Global solar en la República Mexicana. Disponible en <<http://econotecnia.com/radiacion-solar.html>>
- Asociación Nacional de Energía Solar. Energía renovable [en línea]. 2014. [18-08-14]. Disponible en <[http://www.anes.org/anes/index.php?option=com\\_wrapper&Itemid=11](http://www.anes.org/anes/index.php?option=com_wrapper&Itemid=11)>
- Carlisle, J. E., Kane, S. L., Solan, D. & Joe, J. Support for solar energy: Examining sense of place and utility-scale development in California. *Energy Research & Social Science* 2014, 124–130.
- Directorate-General For Research And Energy. EC, World energy, technology and climate policy outlook 2030. 2003. European Commission.
- Enalto. Energías alternativas. 2014. [18-08-14]. Disponible en <<http://enalto.com.mx/energias-alternativas/>>
- International Energy Agency. 2009. World energy outlook 2009. Fact sheet. Disponible en <<http://www.worldenergyoutlook.org/media/weowebiste/2009/WE2009.pdf>>
- International Energy Agency, 2010. World Energy Outlook 2010. Disponible en <<http://www.worldenergyoutlook.org/media/weo2010.pdf>>
- International Energy Agency. 2012. World Energy Balances. Disponible en <[http://sener.gob.mx/res/PE\\_y\\_DT/pub/2012/PER\\_2012-2026.pdf](http://sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/2012/PER_2012-2026.pdf)>

- REN21. 2012. Renewables 2012 Global Status Report. Disponible en <[http://sener.gob.mx/res/PE\\_y\\_DT/pub/2012/PER\\_2012-2026.pdf](http://sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/2012/PER_2012-2026.pdf)>
- Sánchez, N. 2008. El cambio global del clima y algunos efectos sobre los ecosistemas. De las bacterias al clima: un enfoque ecológico, México, D.F. UAM, pp 207-233.
- Secretaría de Energía. 2012. Prospectivas de energías renovables 2012-2016. 151 pp. Disponible en <[http://sener.gob.mx/res/PE\\_y\\_DT/pub/2012/PER\\_2012-2026.pdf](http://sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/2012/PER_2012-2026.pdf)>
- Secretaría de Energía. 2013. Prospectivas de energías renovables 2013-2027. 73 pp. Disponible en [http://www.sener.gob.mx/res/PE\\_y\\_DT/pub/2013/ENE\\_2013-2027.pdf](http://www.sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/2013/ENE_2013-2027.pdf)
- Southwest Technology Development Institute. 1999. Reportes de insolación de México. Disponible en <<http://econotecnica.com/radiacion-solar.html>>
- TASRI, A. & SUSILAWATI, A. Selection among renewable energy alternatives based on a fuzzy analytic hierarchy process in Indonesia. *Sustainable Energy Technologies and Assessments* 2014, 7, 34-44.

---

**Tópico:**  
**Otras Aplicaciones**

## Capítulo XIII. MÉTODO PARA EL SUMINISTRO DE INSUMOS EN MICROEMPRESA DE REFRIGERACIÓN

### METHOD FOR THE SUPPLY OF MATERIALS IN MICRO REFRIGERATION

Javier Nava García<sup>1</sup>, \* Raquel Muñoz Hernández<sup>2</sup>, Saúl Rangel Lara<sup>2</sup>,  
Jafeth Rodríguez Hernández<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Departamento de Ingeniería Industrial del Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco, Coacalco de Berriozabal, Estado de México.

<sup>2</sup> División de Ingeniería Industrial de la Universidad Politécnica del Valle de México, Tultitlán, Estado de México.

jael2222@hotmail.com.mx

#### Resumen

La presente investigación consistió el análisis de modelos para el abastecimiento de insumos, con base en la PA para una microempresa de refrigeración, donde se realizaba de forma empírica y con base en la experiencia. Se realizó un estudio de corte transversal del tipo exploratorio sobre el uso apropiado y optimizado de las estrategias puras de producción. Esto surge de la necesidad que tienen las microempresas de realizar una correcta programación de las compras para el suministro de los insumos. El método aplicado sirve como una directriz general para la programación de las operaciones y establece los parámetros dentro de los cuales se toman las decisiones a corto plazo de producción y distribución, permitiendo aprovechar la capacidad y ajustar los contratos de suministro. En términos ideales, todas las etapas de la cadena deben trabajar en conjunto sobre un plan agregado que optimice el desempeño de la misma, para evitar escasez o exceso de existencias. La metodología aplicada fue series en el tiempo, específicamente Regresión Lineal para el pronóstico, método de transporte de Programación Lineal, para almacenes, capacidad de planta y recursos humanos. Los resultados muestran que se logró reducir los costos de almacén, producción y la cantidad de pedidos.

*Palabras claves:* Pronóstico, producción, costos.

#### Abstract

The study consisted of designing a model of supply of inputs, based on Aggregate Planning; this research is an exploratory cross section on the appropriate and optimized for production use pure strategies. This arises from the need of businesses to make a proper scheduling of purchases for the supply of inputs. Model designed serves as a general plan for operations and establishes the parameters within which decisions short term production and distribution are made, enabling the supply chain to alter the distributions of capacity and change the supply contracts. Ideally, all stages in the chain must work together on a plan that optimizes the

aggregate performance of it's lack of coordination given as scarcity or excess inventories result in the supply chain. Therefore, it is important to run the aggregate plans in a very broad scope of the chain, as outlined in the proposed and implemented in a company SME cooling model with adequate results.

*Key words:* Prognostic, production costs.

## **Introducción**

En la actualidad, la necesidad de producir eficientemente sin causar trastornos ni retrasos en la entrega de un producto determinado es un factor de suma importancia para las empresas que desean permanecer activas en el mercado actual, que exige respuestas rápidas y cumplir en calidad, cantidad y tiempos de entrega, Por lo tanto la implementación de sistemas de planes más eficientes ha llegado a ser un factor que se debe marcar como primordial.

Una vez que un país se integra a un mercado común habrá muchas empresas que produzcan el mismo artículo pero de mejor calidad, ganando por lo tanto un número mayor de clientes, empresas que por su alta tecnología y avanzado nivel organizacional serán más productivas, general el mismo artículo a un precio menor y con un tiempo de respuesta inmediato con bajos niveles de inventario, serán entonces capaces de producir y reducir el precio de venta obteniendo en consecuencia mayor ventaja y preferencia del consumidor. Tal situación ha hecho quebrar a las Pequeñas y Medianas empresas (PYMES), mexicanas y las ha dejado en muy mala situación frente a las empresas globales; el sector de las micro, pequeñas y medianas industrias, que constituye alrededor del 99.8% de las industrias del país y que además, también atraviesa por una excepcional y difícil situación. Lo anterior, debido a factores tanto internos como externos entre los que destacan, la elevada sustitución de productos nacionales por artículos de importación, la inestabilidad de la actividad económica, la disminución generalizada de la capacidad de compra de la población y en consecuencia de la demanda; la acumulación de adeudos con la banca y principalmente, las deficiencias en la operación y gestión de un gran número de estas PYMES (INEGI, 2011).

De octubre de 2008 a noviembre de 2013 se calcula que han cerrado entre el 8 y 10% de las PYMES mexicanas por esta causa, este hecho ha provocado la pérdida de 444,000 empleos de acuerdo con cifras del Instituto Mexicano del Seguro Social lo que representa el 3.07% de la plantilla laboral de este segmento empresarial.

A pesar de la importancia de las PYMES para la economía nacional, sólo el 30% de las empresas de este sector lograrán subsistir debido a que al resto le falta asesoría y

profesionalización. Sólo el 8% exporta y únicamente 25% de las PYMES tiene la posibilidad de obtener un financiamiento, lo que se refleja en el rezago económico de estas empresas. (IMSS, nov. 2013)

### ***Planteamiento del problema***

La mala o nula planeación de la PYMES de refrigeración en México en la integración de las cadenas de suministro no les ha permitido participar de una manera activa causando trastornos y retrasos en la producción y entrega de sus productos en el mercado local, regional y global.

### ***Objetivo de la investigación***

Aplicar diversos métodos de PA en la cadena de suministro para las PYMES de la industria de la refrigeración a efecto de promover la mejora continua con la finalidad de ofrecer al cliente final el producto o servicio esperado en el momento y lugar precisos.

### ***Objetivos específicos de la investigación***

1.- Identificar y describir los factores que intervienen en la implementación del modelo de PA enfocada a la estructura de las cadenas de suministro de las PYMES de la industria de la refrigeración.

2.- Establecer con claridad el grado de certeza que traería consigo al aplicar el modelo de PA en la estructura de la cadena de suministro de las PYMES con la finalidad de cambiar los paradigmas tradicionales de programar las actividades.

### ***Hipótesis***

Si las PYMES de la industria de la refrigeración adoptan un esquema de PA en la cadena de suministro tendrán la oportunidad de elevar su eficiencia en la operaciones de entrega justo a tiempo y productividad al reducir los costos de operación y de mantener inventarios en su nivel más bajo, permitiendo con ello un mejor aprovechamiento de los recursos para así poder ofrecer el producto y/o servicio esperado por el cliente en el momento y lugar preciso.

## **MÉTODO**

Una eficiente aplicación de las estrategias en la cadena de suministro mediante la planeación agregada, incrementa la productividad.

Con base en lo anterior, en sus procesos productivos es muy frecuente trabajar con tiempos extra y un entorno laboral bajo con entregas a destiempo y por consiguiente atrasos en la



entrega de su producto al cliente tanto interno como externo, reflejándose en bajos índices de productividad y bajos rendimientos a escala, debido a: Adam, E. y Ebert (1991).

- 1.- La rigidez y linealidad de los procesos largos y lentos, deteniendo la salida de los productos para su distribución.
- 2.- El flujo de procesos productivos no es claro (operaciones cruzadas).
- 3.- Elevados inventarios en materia prima y subproductos en planta por cambios repentinos en el programa.
- 4.- Los cambios de producto en proceso son lentos sin flexibilidad alguna.
- 5.- Las entregas a clientes internos resultan inoperantes y de baja calidad.
- 6.- Espacios reducidos debido a materia prima detenida en proceso.

El uso, adecuado y el suministro de los materiales de manera eficaz sirve de puente para disminuir el nivel de inventario (logrando con ello una optimización de espacios) y con ello una mejora en la productividad de las PYMES de refrigeración en la zona metropolitana de la ciudad de México.

La investigación se realizó mediante el estudio de un solo proceso para la fabricación de un refrigerador ya que los instrumentos de investigación y la herramienta a emplear (planeación agregada) tienen múltiples variables por lo que es recomendable realizar el análisis en una sola área que sea significativa en el proceso productivo y en el cual se abarca la mayor parte de las variables que intervendrán para la elaboración del modelo.

Debido a que se busca un resultado integral que cubran la mayoría de las fases que interviene en una cadena de suministro en un horizonte de tiempo determinado; la herramienta a emplear es entre la oferta y la demanda de producción a mediano plazo hasta un aproximado de 18 meses a futuro.

El término agregada implica que esta planeación se realiza para una sola medida en general de producción y en algunos casos de algunas categorías de productos acumulados.

Por lo tanto, la planeación agregada, tiene un alcance establecido, tanto en límite de tiempo, como a nivel de productividad, en el que deberá abarcar un tiempo no mayor de un año, al igual que sólo se aplica para una sola medida general de producción, y cuando mucho pudiera realizarse para algunas categorías de productos ya existentes, en cuanto a las cadenas de suministro también el estudio se enfoca particularmente para esta etapa del proceso.

De igual forma las decisiones tomadas de acuerdo con la PA en relación con el tiempo extra, contrataciones, despidos, entre otros.

El término agregado, en este nivel de planeación, implica que las cantidades a producir se deben establecer de manera global o para una medida general de producción o cuando mucho para algunas pocas categorías de productos acumulados.

Aplicación de la Planeación Agregada:

**Metodología.**

- a) En el volumen y en el tiempo de producción.
- b) Para una sola medida en general de producción.
- c) En la relación existente entre la oferta y la demanda y la producción a mediano plazo.

El término agregada implica que:

- a) Se realiza para una sola medida en general de producción.
- b) Producción por encargo, producción por lotes, producción continua.
- c) Sistemas intermitentes.

La planeación y programación de operaciones, se centra en:

- a) El alcance establecido, tanto en límite de tiempo, como a de productividad (Adam E., 1993).
- b) El volumen y en el tiempo de producción de los productos, la utilización de la capacidad de las operaciones, y establecimiento de un equilibrio entre los productos y la capacidad entre los distintos niveles para lograr competir adecuadamente.
- c) Que se realiza para una sola medida en general de producción y en dado caso, en algunas categorías de productos acumulados.

Identificar una medida significativa de producción (Heizer y Render, 2009).

Primero debe proporcionar los niveles generales de producción, inventarios y pedidos pendientes que fueron establecidos en el plan de negocio, el plan debe responder a las variaciones estacionales en las ventas o reproducciones de los pedidos pendientes y esto es lo que se estableció en el plan de negocios.

Una segunda meta de la PA es emplear las instalaciones en toda su capacidad de manera que sean compatibles con la estrategia de la organización. Una capacidad subutilizada puede significar un dispendio considerable de recursos.

El plan puede ser compatible con las metas de la empresa y con los sistemas que utilicen con sus empleados.

Se refiere a la relación entre la oferta y la demanda de producción a mediano plazo, hasta aproximadamente 12 meses al futuro. El término *agregada* implica que esta planeación se realiza para una sola medida en general de producción, y algunas categorías de productos acumulados. El objeto es establecer niveles de producción generales a corto y mediano plazo al enfrentarse a una demanda fluctuante o poco segura.

Como resultado de la *Planeación Agregada (PA)*, deben tomarse decisiones y establecerse políticas que se relacionen con el tiempo extra, contrataciones, despidos, subcontratistas y niveles de inventario. La PA determina no sólo los niveles de producción que se planean si no también la mezcla de los recursos a utilizar.

La planeación y programación de operaciones se centra en el volumen y en el tiempo de producción de los productos, la utilización de la capacidad de las operaciones, y establecimiento de un equilibrio entre los productos y la capacidad entre los distintos niveles para lograr competir adecuadamente. Los sistemas de administración para hacer todas estas cosas implican la existencia de diversos niveles jerárquicos de actividades, que se enlazan de arriba hacia abajo para apoyarse las unas a las otras. La orientación del tiempo va de largo hasta corto plazo, a medida que se avanza de arriba hacia abajo en la jerarquía. En la misma manera el nivel de detalle en el proceso de planeación oscila de lo general en la parte superior a lo particular en la parte inferior (Lamming y Cousins, 2008).

La PA puede buscar influir en la demanda así como en la oferta, pueden utilizarse variables como precios, publicidad y mezcla de productos. Si se toman en consideración los cambios en la demanda entonces la mercadotecnia junto con las operaciones estarán muy relacionadas con la Planeación Agregada.

Es de vital importancia saber que existen variables que afectan la oferta como las contrataciones: despidos, tiempo extra, inventarios, subcontrataciones, mano de obra eventual, y arreglos de cooperación los cuales a través de la PA se pueden cambiar y ajustarse. También existen variables que afectan la demanda como son: los precios, promociones, trabajos pendientes, observaciones y productos complementarios los cuales se pueden cambiarse en la planeación agregada.

Cuando la demanda tiene un nivel dado, se dispone de dos estrategias para ajustar la oferta, la primera es adaptarse a la demanda, y la segunda es nivelar la producción, aquí es posible seleccionar una estrategia que nos determine el mejor costo total de las estrategias posibles para así poder realizar una buena planeación agregada, para elegir la mejor alternativa. (Buffa, y otros, 1995), el mejor plan se han propuesto varios modelos, la elección de estos será a conveniencia del planeador y lo que él desea obtener:

- a) Modificar la capacidad de producción a través de la programación de horas extras, contratación de trabajadores eventuales, subcontratación de unidades y acuerdos de cooperación.
- b) La evaluación de las etapas de un producto o servicio para predecir su demanda del producto en el mercado.
- c) Recopilar datos, de cualquier aspecto que se desee conocer para, posteriormente, interpretarlos y hacer uso de ellos (Buffa y Sarin, 1995).

**Metodología:** Las técnicas de PA más utilizadas son el Método Heurístico y los Métodos de Optimización.

#### 1.-Método Heurístico

Los Métodos heurísticos o aproximados, son procedimientos eficientes para encontrar buenas soluciones aunque no se pueda comprobar que sean óptimas.

Se califica de heurístico a un procedimiento para el que se tiene un alto grado de confianza, aunque no se garantice que sea óptimo o factible. Se usa el calificativo heurístico en contraposición a exacto.

#### 2.-Método de Optimización

- Reglas lineales de decisión
- Regresión lineal
- Método de transporte

Para éste caso se aplicarán Series en el tiempo, Regresión Lineal para el Pronóstico y el Método de transporte de programación Lineal con los siguientes instrumentos y variables:

*Instrumentos:*

Se utilizó un cuestionario de creación propia de cuarenta y dos reactivos, distribuido en seis Dimensiones:

- Generalidades.
- Relaciones con Clientes.
- Relaciones con Proveedores.
- Logística de Distribución.
- Proceso de Producción.
- Planeación

*Variable dependiente*

Demanda en el tiempo “t” en una Pyme de refrigeración en un período “t”.

*Variables independientes*

- Tasa de producción
- Fuerza de trabajo
- Tiempo extra

*Oferta:* Es la cantidad de productos y servicios disponibles para ser consumidos.

*Demanda:* Representa la cantidad de productos o servicios que el cliente quiere y puede adquirir para satisfacer sus necesidades o deseos.

La PA denominada también planeación combinada se encuentra ubicada en el nivel táctico del proceso jerárquico de planeación y tiene como misión fundamental, en aproximación al planteamiento de varios autores Schroeder, 1992; Chase y Aquilano, 1995; Nahmias, 1997; Heizer y Render, 1997; Rusell y Taylor, 1998; Domínguez Machuca et al, 1995, la de establecer los niveles de producción en unidades agregadas a lo largo de un horizonte de tiempo. El término agregado, en este nivel de planeación, implica que las cantidades a producir se deben establecer de manera global o como lo expresa para una medida general de producción o cuando mucho para algunas pocas categorías de productos acumulados. De acuerdo con Buffa y Sarin, (1995) puede ser aconsejable utilizar unidades agregadas tales como familias de productos, unidad de peso, unidad de volumen, tiempo de uso de la fuerza de trabajo o valor en dinero. De todas maneras, cualquier unidad agregada que se escoja debe ser significativa, fácilmente manejable y comprensible dentro del plan.

De otra parte, dentro del proceso de elaboración del plan agregado el cumplimiento de su objetivo fundamental, es importante el manejo de las variables que pueden influir en este, las cuales pueden ser clasificadas en dos grandes grupos (Buffa y Sarin, 1995). En primer lugar, están las variables de oferta, las cuales permiten modificar la capacidad de producción a través de la programación de horas extras, contratación de trabajadores eventuales, subcontratación de unidades y acuerdos de cooperación;

- en segundo lugar, están las variables de demanda, las cuales pueden influir en el comportamiento del mercado mediante la publicidad, el manejo de precios, promociones, entre otros.

La PA sirve como eslabón entre las decisiones sobre las instalaciones y la programación. La decisión de la PA establece niveles de producción generales a mediano plazo, es por ello que se hace necesario que en la empresa se implemente dichos procesos, tomando decisiones y políticas que se relacionen con el tiempo extra, contrataciones, despidos, subcontrataciones y niveles de inventario. El conocimiento de estos factores nos permitirá determinar los niveles de producción que se plantean y la mezcla de los recursos a utilizar.

Dado que la PA abarca periodos de sólo seis a 18 meses, no hay suficiente tiempo disponible para incrementar la capacidad agregando edificios, máquinas y otros bienes de capital. Esto mueve el enfoque a otras posibles fuentes de capacidad de producción, al desarrollar planes para hacer frente a la demanda de los clientes. Varias variables pueden alterarse para modificar a plazo medio la capacidad de producción de un mes al siguiente. Entre éstas aparecen:

Mano de obra en tiempo ordinario. La producción de los trabajadores pagados durante tiempo ordinario por lo general significa 40 horas o menos a la semana. Las fuentes de mano de obra son los empleados a tiempo completo o a tiempo parcial, los recién contratados o trabajadores despedidos y que pueden ser recontratados. El mercado local de mano de obra pudiera resultar un factor limitante y contratos con el sindicato pudieran limitar la flexibilidad de la administración en la contratación de empleados nuevos y en el despido de trabajadores experimentados (Heizer y Render, 2009).

Mano de obra en tiempo extra. Producción realizada por los trabajadores cuando se les paga tasas de mano de obra en tiempo extraordinario, lo que por lo general significa durante más de 40 horas por semana. El tiempo extra puede estar limitado por políticas sindicales o empresariales.

Inventarios. Producción en periodos anteriores que se ha conservado para su embarque posterior.

Subcontratación. Producción de productos o servicios realizada por proveedores.

La mano de obra en tiempo ordinario es la fuente preferida de capacidad de producción y se utiliza para proporcionar la capacidad de producción básica. Cuando la demanda excede la capacidad de la fuerza de trabajo existente, se pueden utilizar nuevas contrataciones, tiempo extra, inventarios y subcontratación.

Pero las nuevas contrataciones, el tiempo extra, los inventarios y la subcontratación pueden costar más y pueden causar otras dificultades. Las compañías enfrentan precavidamente la decisión sobre cómo proporcionar de la mejor capacidad de producción para los picos de la demanda Michael H. (2003).

La PA requiere de cuatro elementos:

1. Una unidad lógica para medir las ventas y la producción.
2. Un pronóstico de demanda.
3. Un método para determinar los costos.
4. Un modelo que combine los pronósticos y los costos con la finalidad de tomar decisiones de programación.

A continuación se relacionan los seis objetivos comúnmente considerados en el desarrollo de un plan agregado (Schroeder, 2005).

1. Minimización de costos/ maximización de utilidades.
2. Maximización de servicio al cliente.
3. Minimización del costo de inventario.
4. Minimización de los cambios en los niveles de producción.
5. Minimización en los cambios de los niveles de fuerza de trabajo.
6. Maximizar la utilización de la capacidad de planta.

Otros objetivos comunes de la planeación agregada:

1. Analizar las condiciones generales de la economía actual y futura dentro del sector industrial.
2. Establecer estrategias administrativas que le permitan a la empresa competir durante el (los) año(s) siguientes para expresar en términos monetarios el volumen de ventas de la empresa.

3. Determinar los pasos a seguir en el sistema de planeación de la empresa.
4. Establecer un programa general de órdenes de compra o pedidos de insumos necesarios en la producción y su distribución.
5. Coordinar las actividades diarias y semanales que permitan un control dentro de la producción.

***Procedimiento:***

De acuerdo a Tawfik y Chauvel, (1992) los pasos para establecer un método de PA, es el siguiente:

1. Seleccionar un horizonte de planeación y dividirlo en una serie de periodos (intervalos temporales). Si la empresa produce una variedad de bienes o servicios, crear grupos de productos agregados.
2. Elaborar un pronóstico de la demanda estimada para cada grupo de productos agregados en cada periodo del horizonte de planeación. Debe expresar los pronósticos de demanda en requerimientos de recursos.
3. Si la variación de los requerimientos de producción es bastante grande de un periodo a otro, deberá recurrir a la fijación de precios, la promoción y otras técnicas destinadas a cambiar la duración y el nivel de la demanda.
4. Comparar la capacidad real con los requerimientos de producción durante cada periodo de planeación. Si la capacidad requerida no coincide con la capacidad disponible, debe buscar alternativas para ajustar la capacidad. Estimar el costo de cada alternativa, incluso después de manipular la demanda, los subsistemas, discrepancias entre la capacidad requerida y la capacidad disponible en uno o más periodos de planeación. Taylor, David; Brunt, David (2001).

*Consideraciones de la planeación agregada*

*El objetivo de la planeación agregada* es determinar la cantidad agregada de producción, así como estimar los requerimientos para alcanzar estos objetivos. Esto significa determinar el número de trabajadores que deben emplearse, así como la cantidad agregada de piezas que requieren fabricarse para cada periodo de planeación. En resumen, se está buscando balancear las ventajas de satisfacer la demanda lo más cercanamente posible contra cualquier impedimento que pudiera generarse por temas de cambios en los niveles de producción y niveles de empleo.

Algunos elementos a considerar al preparar este tipo de planes son los siguientes:



1. **Suavización (*smoothing*)**, se refiere a los costos derivados de cambiar los niveles de producción y empleados de un periodo al siguiente.
2. **Cuellos de botella**, trata de las limitaciones de capacidad del sistema para responder a cambios de la demanda.
3. **Horizonte de planeación**, indica el número de periodos para los que debe pronosticarse la demanda y por lo tanto la fuerza de trabajo, así como los niveles de inventario.
4. **Características de la demanda**, para aplicar la metodología de planeación agregada se requiere considerar que la demanda es conocida con anticipación. Esto representa una ventaja en el sentido de que permite establecer planes a futuro. Sin embargo, la desventaja es que puede haber errores en el plan por cambios imprevistos. En el mundo empresarial, los pronósticos de ventas pueden llegar a validarse hasta semanalmente, en un afán de surtir la mayor cantidad de producto posible sin sobre inventariarse.

### **Costos en la planeación agregada**

Diferentes tipos de costos que deben considerarse en la planeación agregada. En el siguiente esquema se describen los 6 tipos de costos que deben considerarse:

1. *Tiempo Normal*
2. *Tiempo. Extra.*
4. *Subcontratado*
5. *Costo de mantener Inventario*
6. *Costo de contratar*
7. *Costo de despedir*

Producción exacta y variación en la fuerza de trabajo

Existen dos alternativas opuestas para resolver un problema de planeación agregada:

- a. La primera opción corresponde a cambiar la fuerza laboral de forma que el inventario se mantenga lo más reducido posible. A esta opción se le conoce como cero inventario.
- b. La segunda propuesta sería mantener la fuerza laboral constante mínima necesaria para cumplir la demanda neta. A esta propuesta se le conoce como:

### **Otras variantes: subcontratación y tiempo extra**

Existen diversas posibilidades que pueden ayudar a lograr los objetivos de rentabilidad. Tal es el caso del manejo de empleados a través de subcontratación o tiempo extra, o se contratan únicamente los empleados que se requieran, por el tiempo que se considere necesario. Por otro lado, hay ocasiones en las que después del análisis financiero es rentable para la empresa una subcontratación.

### Tabla planeación producción

A continuación se muestra la Tabla 1 elaborada con resultados del método de PA contemplando diferentes factores como inventario inicial, producción en tiempo regular, producción en tiempo extra y subcontratación. Con base en lo anterior, se tomaron datos, como se muestra en la tabla1.

Tabla 1. Valores históricos por periodos de ventas de 2004-2013.

Año	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	total anual
2004	16	8	9	7	40
2005	28	23	25	14	90
2006	24	12	17	23	76
2007	30	42	29	24	125
2008	35	48	39	32	154
2009	25	24	29	56	134
2010	48	35	34	38	155
2011	42	44	50	62	198
2012	45	47	54	50	196
2013	48	52	59	51	210

Con los datos por periodos se obtienen los resultados totales como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Ventas anuales totales de 2004-2013.

AÑO	VENTAS
2004	56
2005	80
2006	97
2007	122
2008	130
2009	143
2010	156
2011	137
2012	156
2013	198

Los datos obtenidos son de tipo histórico, por lo cual, para conocer la demanda del siguiente periodo es a través de Series en el tiempo.

Específicamente por el método de Regresión Lineal, para obtener el pronóstico anual del siguiente periodo. Como se muestra en la Figura 1.

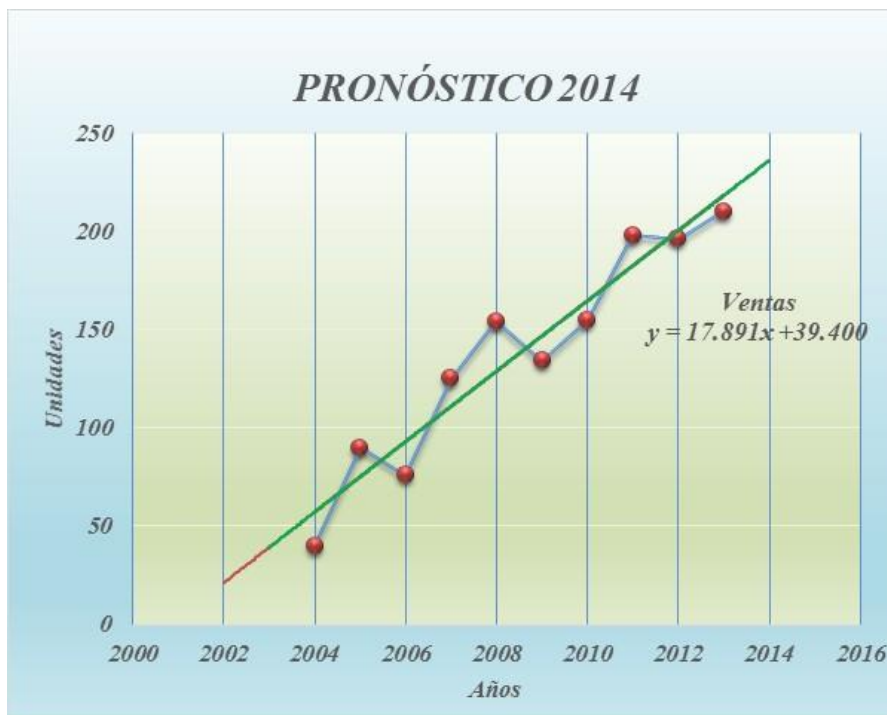


Figura 1. Pronóstico de ventas anual 2014.

Posteriormente se obtuvieron los índices de Producción por periodo. Como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Pronóstico 2004-2013.

Pronóstico 2014 por Periodo (miles)	
58.45	585
57.42	574
59.14	591
61.19	612
236.20	2362

Y se realizó el Pronóstico de ventas para el año 2014; con los costos por Tiempo Normal, Tiempo Extra, Subcontratación y por mantener el Inventario. Como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4: Pronóstico de demanda por periodo 2014.

<b>Tpo. Normal</b>		<b>\$985.00</b>
<b>Tpo. Extra.</b>		<b>\$1,310.00</b>
<b>Subcontratado</b>		<b>\$1,500.00</b>
<b>Costo de mantener</b>		<b>\$1,000.00</b>
<b>Costo de contratar</b>		<b>\$400.00</b>
<b>Costo de despedir</b>		<b>\$900.00</b>

	<b>PERIODOS</b>			
<b>FUENTE DE CAPACIDAD</b>	<b>Q1</b>	<b>Q2</b>	<b>Q3</b>	<b>Q4</b>
Mano de obra				
Tiempo normal	1000	600	450	600
Tiempo extra	40	44	46	44
Subcontratación	13	18	18	22
<b>Demanda</b>	<b>585</b>	<b>574</b>	<b>591</b>	<b>612</b>

Con los resultados obtenidos se realizaron una matriz con los costos y cantidades demandadas por periodo para conocer la distribución óptima del pedido a través del modelo del Programación Lineal por el método del Transporte, encontrando los costos que cada alternativa genera y es susceptible a las modificaciones pertinentes con motivo de las fluctuaciones en salarios, costos de fabricación, subcontratación e inclusive la demanda pronosticada contra la real. Como se muestra en la Figura 2.

<b>OFERTA DE:</b>		<b>DEMANDA PARA</b>				<b>CAP. QUE NO SE USA (FICTICIA)</b>	<b>CAPACIDAD TOTAL DISP. (oferta)</b>
		<b>Q1</b>	<b>Q2</b>	<b>Q3</b>	<b>Q4</b>		
<b>Inventario Inicial</b>		0	100	200	300	0	50
<b>Q1</b>	Tiempo normal	985	1085	1185	1285	0	1000
	Tiempo extra	20	1310	1410	1510	0	20
	Subcontratación	1500	1600	1700	1800	0	0
<b>Q2</b>	Tiempo normal		255	985	1085	0	255
	Tiempo extra		24	1310	1410	0	24
	Subcontratación		15	1500	1600	0	15
<b>Q3</b>	Tiempo normal			290	985	0	290
	Tiempo extra			26	1310	0	26
	Subcontratación			5	1500	0	5
<b>Q4</b>	Tiempo normal				300	985	300
	Tiempo extra				1	1310	1
	Subcontratación					1500	0
<b>DEMANDA</b>		<b>585</b>	<b>574</b>	<b>591</b>	<b>612</b>		<b>1986</b>

Figura 2. Modelo de Programación Lineal.

Con la matriz se obtiene el Modelo de PA y los resultados pueden cuantificar el costo total de cada estrategia. Como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5. Costos por estrategia y totales.

<b>COSTOS TOTALES</b>	
Costo de 1000 piezas, mes 1 en tiempo normal=	\$985.000,00
Costo de 20 piezas, mes 1 en tiempo extra=	\$26.200,00
Costo de 255 piezas, mes 2 en tiempo normal=	\$251.175,00
Costo de 24 piezas, mes 2 en tiempo extra=	\$31.440,00
Costo de 15 piezas, mes 2 en subcontratación=	\$22.500,00
Costo de 290 piezas, mes 3 en tiempo normal=	\$285.650,00
Costo de 26 piezas, mes 3 en tiempo extra=	\$34.060,00
Costo de 5 piezas, mes 3 en subcontratación=	\$7.500,00
Costo de 300 piezas, mes 4 en tiempo normal=	\$295.500,00
Costo de 1 piezas, mes 4 en tiempo extra=	\$1.310,00
<b>COSTO TOTAL=</b>	<b>\$1.939.025,00</b>

### Resultados

Se cumplió el objetivo de desarrollar un modelo de PA en la cadena de suministro para las PYMES de la industria de la refrigeración a efecto de promover la mejora continua con la finalidad de ofrecer al cliente final el producto o servicio esperado en el momento y lugar precisos.

Se logró Identificar y describir los factores que intervienen en la implementación del modelo de PA enfocada a la estructura de las cadenas de suministro de las PYMES de la industria de la refrigeración.

Se muestra mediante las pruebas el grado de certeza al aplicar el modelo de PA en la estructura de la cadena de suministro de las PYMES a fin de cambiar los paradigmas tradicionales de programar las actividades.

### Discusión

Si las PYMES de la industria de la refrigeración adoptan un esquema de PA en la cadena de suministro tendrán la oportunidad de elevar su eficiencia en la operaciones de entrega justo a tiempo y productividad al reducir los costos de operación y de mantener inventarios en su nivel más bajo, permitiendo con ello un mejor aprovechamiento de los recursos para así poder ofrecer el producto y/o servicio esperado por el cliente en el momento y lugar preciso. “El plan de marketing, transforma los planes comerciales en acciones, donde priman los criterios de planificación, valiéndose para ello de un proceso metodológico riguroso, buscando sistematizar

las diferentes etapas que permitirán conseguir los resultados propuestos, en concordancia con las necesidades del mercado...” como mencionan Vergara y Portela, (2008).

### Referencias

- Adam, Everett y Ebert, Ronald. 1993. *Administración de la producción y de las Pymes*. s.l. : Prentice-Hall Hispanoamericano S.A, 1993.
- Buffa, E y Sarin, R. 1995. *Administración de la Producción y las Operaciones* . Editorial Limusa. México. Limusa, 1995.
- Chase, R. y Aquilano, N.(1995): Dirección y administración de la producción y de las operaciones, 6ª. Ed., Editorial IRWIN, Barcelona.
- Chopra, Sunil; Meindl, Peter “Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation”. Prentice Hall: N.J. 2001
- Domínguez Machuca, J.A. (1995): Dirección de operaciones. Aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios. Editorial Mc Graw Hill, Madrid.
- Heizer, Jay y Render, Barry. 2009. *Administración de Operaciones*. México : Pearson, 2009.
- INEGI, 2009. 2011. INEGI. *INEGI*. [En línea] 11 de 01 de 2011. [Citado el: 06 de 06 de 2014.],[http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/proyectos/censos/ce2009/universo\\_total.asp](http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/proyectos/censos/ce2009/universo_total.asp). *La planeación y programación de la producción*.
- Vergara, Roberto y Campos , José Ignacio. 2008. Colombia : Avances Investigaciones en Ingeniería, 2008.
- Lamming, Richard y Cousins, Paul. 2008. *Strategic Supply Management: Principles*. England : Prentise Hall, Perarson Education, 2008.
- Schroeder, Roger. 2005. *Administración de Operaciones* . México : McGraw Hill Interamericana, 2005.
- Tawfik, Louis y Chauvel, Alain. 1992. *Administración de la Producción*. s.l. : Mc Graw-Hill, 1992.
- Vergara, Roberto y Campos , José Ignacio. (2008). La planeación y programación de la producción 6, : Avances Investigaciones en Ingeniería, Colombia, 2008.

## **Capítulo XIV. EVALUACIÓN DEL GRADO DE SATISFACCIÓN Y NIVEL DE STRESS EN ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS**

### **ASSESSMENT AND SATISFACTION LEVEL OF STRESS IN COLLEGE STUDENTS**

Raquel Muñoz Hernández, Saúl Rangel Lara,  
José Antonio Juanico Loran.

División de Ingeniería Industrial de la Universidad Politécnica del Valle de México, Tultitlán, Estado de México.

Email: jael2222@hotmail.com.mx

#### **Resumen**

El presente artículo trata sobre el grado de stress y satisfacción en el servicio que perciben los estudiantes de una Universidad Pública del estado de México. En la actualidad se ha venido generalizando el tema de la Calidad, no sólo en el contexto empresarial; también en el contexto educativo donde se requiere observar diversas dimensiones para medirla, como son los temarios, programas y planes de estudio; pero existe otro muy importante que es el clima organizacional en que se lleva a cabo y la forma en que se perciben las relaciones humanas en la impartición del servicio y el nivel de stress que esto implica. La muestra estuvo constituida por 51 mujeres y 78 hombres, se les aplicó un cuestionario de Clima Organizacional en el contexto escolar, con cuatro dimensiones: naturaleza del trabajo, grupo de trabajo, condiciones del lugar de trabajo, estimulación moral y material, para identificar si el lugar de trabajo es adecuado en ergonomía física y cognitiva. El Síndrome de Burnout fue evaluado en tres dimensiones agotamiento emocional, cinismo y baja realización en su trabajo, con respecto a su desempeño estudiantil. Se aplicó la correlación entre los resultados que muestran una tasa media alta con el Clima Organizacional y baja de presencia del Burnout.

*Palabras claves:* Relaciones humanas, servicio, stress, calidad.

#### **Abstract**

This article is about the degree of satisfaction with the service received by students of a public university in the state of Mexico. Today has been the subject of widespread quality, not only in the business context; also in the educational context where it is required to observe various dimensions to measure, such as agendas, programs and curricula; but there is another very important the organizational environment in which it takes place and how human relationships are perceived in the delivery of service and the level of stress that entails. The sample consisted of 51 women and 78 men, were administered a questionnaire of organizational climate in the school context, with four dimensions: nature of work, group work, conditions of the workplace, moral stimulation and equipment, to identify whether the workplace is suitable in physical and

cognitive ergonomics. Burnout syndrome was evaluated in three dimensions emotional exhaustion, cynicism and low fulfillment in their work, with respect to student performance. The correlation between the results showing a high average rate with the organizational climate and low presence of Burnout was applied.

**Key words:** Relationship, service, perception, quality.

## Introducción

El alto índice de jóvenes que no estudian ni trabajan o que abandonan la escuela ha repercutido en problemas socio-económicos en México; diversos estudios muestran que las razones por la que desertan son diversas; trabajo, vocación, familia, económicas, salud y hasta emocionales; para esto el gobierno ha implementado diversos planes de apoyo, como son servicio médico, actividades culturales, deportivas, becas de aprovechamiento, alimenticias, colegiaturas y para madres solteras, entre otros; sin embargo, no se ve reflejado en el desempeño. (Wietse, León, Romero, & Hernández, 2011).

El estudio se lleva a cabo para conocer el impacto que representa el ambiente de trabajo de un lugar diseñado para el aprendizaje y los procesos cognitivos de alumnos de la carrera de Ingeniería industrial. Se genera a partir de la alta cantidad de alumnos con asignaturas no acreditadas que se ven en la necesidad de recurrir y en el peor de los casos de abandonar sus estudios. El sistema de educación es un proceso que cuyo análisis puede realizarse desde las perspectivas sociológica, biológica, psicológica, fisiológica, productiva y de calidad.

Las Instituciones de educación superior han encontrado en la Gestión de la Calidad, una buena alternativa para evaluar el desempeño del servicio considerando al estudiante como el cliente principal, los procesos son el aprendizaje e investigación y sus productos son bienes abstractos como el conocimiento y generación de ciencia. La Norma ISO 9000 (2005), define Satisfacción al Cliente como la percepción que tiene éste del grado en que se le han cumplido sus requisitos; de que fueron alcanzadas o sobrepasadas sus expectativas (Wendell, 2014).

Es muy importante hacer hincapié, en que la educación impacta grandemente en el desarrollo de un país y la satisfacción de los estudiantes es un indicador de la calidad de la institución educativa; los estudiantes son quienes reciben el servicio educativo, por lo que es muy importante ver su perspectiva para dar continuidad a un proceso de mejora continua (Mejías, 2009). Para que el aprendizaje sea realmente significativo, el estudiante cuente con



habilidades cognitivas que les permitan un pensamiento crítico en la toma de decisiones para la resolución de problemas.

En el contexto educativo se requiere observar diversas dimensiones para medir la calidad, uno de ellos es el contenido de los temarios, programas y planes de estudio; considerando éstos de manera generalizada como factores comunes en las diversas instituciones; pero existe otro muy importante que es el clima organizacional que se lleva a cabo al interior de las instituciones, en la forma en que se perciben las relaciones humanas y cómo se proporcionan los servicios.

De acuerdo con Wendell & Bell, (2009), "el desarrollo organizacional es la disciplina de las ciencias de la conducta aplicada, dedicada a mejorar las organizaciones y a las personas que trabajan en ellas mediante el uso de la teoría y la práctica de un cambio planificado.

En el marco de este estudio, los clientes son los estudiantes y su satisfacción es el estado de ánimo que poseen los estudiantes con respecto a su institución, como resultado de la percepción que poseen con respecto al cumplimiento de sus necesidades, expectativas y requisitos (NOM, 2005).

Debido a que en México se ofrece la carrera de Ingeniería Industrial en diversas instituciones de nivel Superior, se ha generado, un clima bastante competitivo en el mercado laboral. Con base en lo anterior el objetivo primordial de esta investigación es evaluar el clima organizacional y el nivel de stress que perciben los estudiantes de la universidad pública objeto del estudio para contar con directrices que permitan identificar las oportunidades de mejora en la calidad del servicio.

## **Método**

Se han desarrollado numerosos modelos para explicar cómo procesan la información las personas. Muchos de estos modelos consisten en cajas negras que representan las distintas etapas de procesamiento. El modelo genérico que consiste en cuatro etapas o componentes importantes; percepción, decisión, y selección de respuesta, ejecución de respuesta, memoria y los recursos de atención distribuidos en las diferentes etapas.

La componente de toma de decisiones, combinada con la memoria trabajando y la memoria a largo plazo, puede considerarse la unidad de procesamiento central, mientras que el almacén sensorial es una memoria transitiva, localizada en la etapa de entrada. (Wickens, Giordon y Liu, 1997). La carga física es el conjunto de demandas durante el periodo laboral que implican tareas que le obligan a un esfuerzo físico, que si sobrepasa los límites produce fatiga física.

El hecho de que un estudiante tenga que cubrir un horario de trabajo matutino o vespertino y además su horario escolar le genera un desgaste metabólico y un esfuerzo físico, sin considerar el esfuerzo mental. No existe una sola definición de carga mental, se podría decir que es el resultado concreto de la interacción entre un trabajador específico y una o varias tareas específicas. De modo que una misma tarea puede resultar más difícil para algunas personas (Garroza, & at, 2007).

La carga mental es el conjunto de requerimientos mentales, cognitivos e intelectuales a los que se ve sometido el estudiante a lo largo de su jornada escolar, es el nivel de actividad mental o de esfuerzo intelectual necesario para desarrollar el trabajo (INSHT, 2002). Cuando las exigencias cognitivas no se adaptan a la capacidad de respuesta y se realiza un uso excesivo en tiempo y/o intensidad de funciones cognitivas, aparece la fatiga mental.

Para el caso de los estudiantes, es doble puesto que deben llegar y abrir su disposición físico mental. La carga mental de trabajo designa la obligación cognitiva o el grado de movilización de energía y capacidad mental que se pone en juego para desempeñar la tarea y, por tanto, es el resultado de la interacción compleja de factores individuales, técnicos, sociales y de la organización (INSHT, 2002).

De acuerdo con Wendell y Bell, “el desarrollo organizacional es la disciplina de las ciencias de la conducta aplicada, dedicada a mejorar las organizaciones y a las personas que trabajan en ellas mediante el uso de la teoría y la práctica de un cambio planificado.”(Wendell, F., Bell, C., 2003).

Siguiendo con estos autores, un punto de vista fundamental del desarrollo organizacional es involucrar a las personas que participan directamente en el trabajo en la solución de sus propios problemas, es decir, trabajar en desarrollarlos para que aprendan ellos mismos a diagnosticar, identificar y solucionar los problemas y las oportunidades que se les presentan.

En la actualidad las empresas requieren que su personal esté, dispuesto a desarrollar multitareas, a capacitarse permanentemente y a prolongar su horario de trabajo. Se considera empíricamente que esto lleva a que las personas manejen altas presiones que los ubican en un estado de stress permanente, deteriorando su salud emocional y física de manera que se generan enfermedades cardiovasculares y gastrointestinales, entre otras.

Síndrome de Burnout o Desgaste Profesional, lo que puede ser explicado como un déficit en el sentido existencial (Langle, 2005). Lo anterior no es exclusivo de un país o de una actividad laboral; en el Hudson Report 2005 que cubre la zona de Asia (Japón, Hong Kong, Shanghai y Singapur) se señala un importante incremento en el burnout de los empleados.

En un amplio estudio (Kirsi, 2007), se descubrió que el Burnout ocupacional estuvo relacionado con la prevalencia de desórdenes depresivos, ansiedad y con la dependencia alcohólica entre hombres y mujeres. El Burnout se da en el contexto laboral, pero persiste fuera del trabajo. Aunque inicialmente el término burnout hace referencias a un tipo de estrés laboral e institucional generado específicamente en aquellas profesiones donde existe una relación constante, directa e intensa con otras personas, Brill, (1984, como se cita en Deprati, 2001) señala que el síndrome puede presentarse en cualquier actividad o profesión.

Con base en lo anterior, surgió la inquietud en el cuerpo académico de conocer el grado de satisfacción en el servicio y de investigar si existía stress del tipo burnout en los estudiantes, por lo cual se llevó a cabo un estudio de tipo transversal y descriptivo. Se tomó una muestra de 129 estudiantes de Ingeniería Industrial compuesta por 51 mujeres y 78 hombres, que aceptaron participar en el estudio voluntariamente.

Los instrumentos.

Para evaluar el síndrome de Burnout, se utilizó el cuestionario Maslach Burnout Inventory-Student Survey (MBI-SS) de Schaufeli, Martínez, Marques, Salanova y Bakker (2002), en su adaptación al castellano. Este cuestionario consta de 15 ítems, que se distribuyen en tres dimensiones:

- 1) Agotamiento o cansancio emocional, cuando la persona se siente emocionalmente exhausta, agotada en sus esfuerzos por hacer frente a la situación (5 ítems).
- 2) Despersonalización-cinismo, dimensión caracterizada por una respuesta impersonal, fría y cínica hacia los beneficiarios de los servicios o hacia la actividad que se realiza (4 ítems).
- 3) Baja realización personal-eficacia la persona experimenta sentimientos de incompetencia y fracaso en el desarrollo del trabajo (6 ítems).

Se valoran cada ítem mediante una escala Likert en la que se indica la frecuencia con la que han experimentado la situación descrita; con siete grados que van de 0 (Nunca) a 6 (Todos los días).

El Clima Organizacional se evaluó con una entrevista estructurada para conocer las expectativas del grupo (EDCO). Se estructuró un guion para la entrevista, misma que fue desarrollada en la fecha, horario y lugar.

- Una escala de Likert para recopilar información sobre el clima laboral se procedió a buscar una escala estandarizada, ya existente en el mercado y se adecuó en cuanto a la redacción de algunos reactivos, solo en la parte semántica de los mismos, respetando la cantidad y el orden establecido en el instrumento original, las sub-escalas, el valor de cada reactivo, la ponderación, su clasificación en positivos y negativos, se respetó lo esencial del instrumento original.
- Escala de Clima Organizacional (EDCO), Autores: Acero Yusset, Echeverri Lina María, Lizarazo Sandra, Quevedo Ana Judith, Sanabria Bibiana. Procedencia: Santafé de Bogotá, D.C. Fundación Universitaria Konrad Lorenz.

Propósito: Con el estudio del clima organizacional en la institución educativa, se pretende identificar un parámetro a nivel general sobre la percepción que los estudiantes tienen dentro de la institución y la institución sobre ellos.

Adicionalmente proporcionar retroinformación acerca de los procesos que determinan los comportamientos organizacionales, permitiendo introducir cambios planificados tanto en las actitudes y conductas de los miembros, como en la estructura organizacional o en uno o más de los subsistemas que la componen; una puntuación se considera alta baja según el número de ítems o afirmaciones. La puntuación mínima posible es de 40 y la máxima es de 200. Un puntaje alto indica una alta frecuencia, relacionado con un buen clima organizacional y un puntaje bajo indica una baja frecuencia, relacionado con problemas dentro de la organización.

Grupo de referencia: Estudiantes de Ingeniería Industrial del 3° al 8° cuatrimestre.

Extensión: la prueba consta de 40 ítems. El tiempo de duración para desarrollar la prueba es de 40 minutos.

## **Resultados**

Una vez recopilada la información, se procedió al análisis de la misma, a través de los resultados arrojados por la plantilla dinámica, donde se clasifican los datos discriminando su tendencia.

Los criterios analizados son: Desempeño y nivel de docentes, Atención de administrativos, infraestructura de salones y laboratorios, equipo tecnológico, material didáctico y de apoyo. Los resultados se encuentran en la Tabla 1.

Tabla 1. Tendencia del resultado en Grado de satisfacción.

CRITERIOS	REACTIVOS	Grado de Satisfacción
Desempeño y nivel de docentes	1732	37%
Atención de administrativos	432	9%
Infraestructura de salones y laboratorios	1456	31%
Equipo tecnológico y material didáctico.	1123	24%
	<b>4743</b>	<b>1</b>

El Grado de satisfacción se representa esquemáticamente con sus resultados correspondientes donde la dimensión mejor evaluada es el desempeño y el nivel de los docentes. Figura 1.



Figura 1. Grado de satisfacción en el servicio.

Para determinar la validez concurrente, se clasificaron a los estudiantes en dos grupos.

Satisfecho: Los estudiantes cuyas puntuaciones medias eran superiores a la media, considerando satisfecho como “El nivel de estado del ánimo de una persona que resulta de comparar el rendimiento percibido de un producto o servicio con sus expectativas” (Valenzuela, 2006). Tabla 2.

Tabla 2. Tendencia del resultado en Grado de Satisfacción.

Dimensiones	Satisfecho	No satisfecho
<i>Actividades en clase</i>	83	60
<i>Trabajo en Equipo</i>	60	50
<i>Salones y laboratorios</i>	103	98
<i>Estimulación moral y material</i>	57	129

Insatisfecho: Un consumidor, según Kotler se encuentra insatisfecho cuando el desempeño del producto o servicio, no alcanza las expectativas esperadas.

Se formó con los estudiantes cuyas puntuaciones medias fueron inferiores a la media. Como se muestra en la. Figura 2.

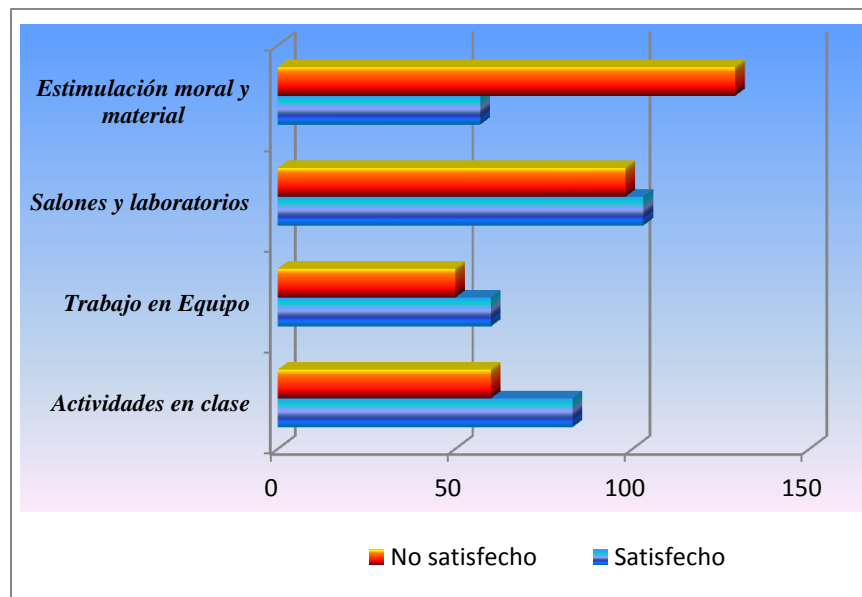


Figura 2. Grado de satisfacción en el servicio.

El comportamiento y tendencia se puede apreciar de forma visual en la muestra el comportamiento y tendencia de los resultados obtenidos.

Una vez conformados estos grupos, se procedió a determinar si existía diferencia significativa con respecto a una pregunta relacionada teóricamente con la Satisfacción en la Calidad de Servicio, para lo cual se usó la prueba estadística alternativa no Paramétrica de la Prueba t Student. Como se puede observar, el resultado es alto, ya que la propia escala considera que un porcentaje de entre el 20% al 46% es un nivel bajo de clima laboral; de 47% a 73% es un nivel promedio y del 74% al 100% es un nivel alto.

Los resultados reportados con un nivel de significancia del 5%, confirman la validez de la escala para medir la satisfacción estudiantil. Como se puede observar en la Figura 3.



Figura 3.- Tendencia del Grado Global de satisfacción en el servicio.

Por último se muestran los resultados obtenidos del Síndrome de Burnout por nivel registrado y clasificado por Género para conocer el impacto, como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3.- Resultados del Nivel de Burnout.

Dimensiones	Nivel de Burnout											
	Mujeres						Hombres					
	Muy bajo	Bajo	Medio Bajo	Medio Alto	Alto	Muy Alto	Muy bajo	Bajo	Medio Bajo	Medio Alto	Alto	Muy Alto
Agotamiento emocional	23	34	65	90	78	93	55	26	25	44	66	43
Cinismo	56	44	89	54	67	44	4	46	24	56	25	55
Baja realización en su trabajo	46	22	34	67	86	35	57	76	69	41	78	33

Los resultados obtenidos proporcionan una tendencia generalizada de la percepción que tienen los estudiantes de la calidad del servicio en la Universidad, y su grado de satisfacción al respecto. Como se muestra en la Figura 4.

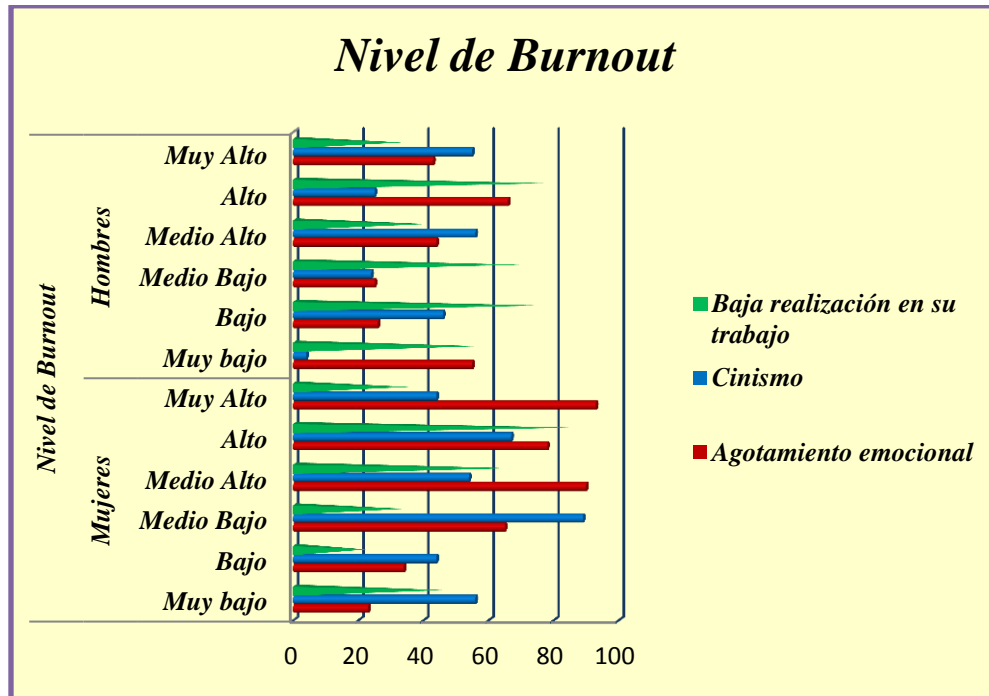


Figura 4.- Resultados del Nivel de Burnout.

### Discusión

De acuerdo al análisis de los resultados del presente estudio, se puede concluir que el 81% de los estudiantes de la Licenciatura en Ingeniería Industrial se encuentran satisfechos con la calidad de servicio otorgado por la Universidad Pública sujeto de estudio, cabe destacar que el desempeño y nivel de docentes fue el parámetro mejor evaluado por los estudiantes encuestados, alcanzando el 36%.

Con respecto a las áreas de oportunidad se encuentra la atención de administrativos con un 9% de grado de satisfacción, siendo el peor evaluado por los estudiantes, siendo un elemento por apoyar e implementar acciones correctivas para mejorar el proceso de la enseñanza. Con respecto a la estimulación es necesario implementar técnicas y dinámicas que les faciliten el aprendizaje y considerar al estudiante con un ser integral que requiere de un trato más personalizado para identificar sus necesidades e inquietudes.

En los resultados correspondientes al Síndrome de Burnout, destaca el agotamiento emocional en las mujeres que es muy alto 93% y en los hombres la baja realización en su trabajo 73%. A diferencia de otros estudios donde solo se ha encontrado insatisfacción en el desempeño de docentes en este estudio se observa la necesidad en el aspecto motivacional, que en ocasiones se ignora por tratarse de estudiantes adultos, (Valenzuela, 2006);



En este punto el estudiar más a detalle el elemento del modelo de diagnóstico que tiene que ver con las relaciones, permitiría tener elementos de juicio más completos a este respecto.

Esta investigación tuvo como objetivo identificar las características del clima organizacional, el nivel de burnout en los estudiantes, se puede concluir que se cumplieron los objetivos inicialmente planteados. Finalmente, se recomienda continuar la investigación en la Universidad sujeto de estudio, pero con un enfoque longitudinal, utilizando la información obtenida en el presente estudio para observar los efectos de las acciones que aplique la organización en las variables consideradas.

### Referencias

- Aguirre, M.C. y Martín, G.J.A. (2008). Investigación de fatiga en el entorno laboral de los pilotos mexicanos. II Encuentro de seguridad Aérea CPAM 2006.
- Apiquian, G. A., (2007). El Síndrome de Burnout en la empresa. Recuperado el 21 de mayo de 2008, de [www.anahuac.mx/psicología/archivos/burnoutempresas.pdf](http://www.anahuac.mx/psicología/archivos/burnoutempresas.pdf)
- Aranda, C., Pando, M., Velázquez, B. I., Acosta, M., Pérez, R. (2003). Síndrome de Burnout y factores psicosociales en el trabajo, en estudiantes de postgrado del departamento de salud Pública de la Universidad de Guadalajara, México. Rev. Psiquiatría Fac. Med. Barna., 30 (4), 193-199.
- C. D.,Gordon,S. E., & Liu, Y.(1998)."An introduction to human factors engineering" by Wickens, New York, N, pp.11-19.
- Casales, F.J.C., Ortega, M.Y., Romillo, R.M D. (2000). Clima organizacional y fluctuación laboral en una institución financiera [Versión Electrónica], Revistas de Psicología, 17 (3).
- Deprati, M. (2001). Síndrome del Burnout. Actualización de Síndrome burnout o síndrome de desgaste profesional. J.C. Mingote Adán. Hospital Universitario 12 de Octubre. Madrid, España., 4(6), Recuperado el 12 de junio de 2008, de <http://www.socune.sld.cu/burnout.pdf>
- Garroza, E., Gonzalez , J., & Moreno , B. (2007). *The relationship between socio-demographic variables, job stressors, burnout, and hardy personality in nurses: An exploratory study*. Madrid: Pergamon.
- Gento, S., & Vivas, M. (01 de 08 de 2014). El SEUE: un instrumento para conocer la satisfacción, Obtenido de DOCSdisponible:<http://www.saber.ula.ve/db/ssaber/Edocs/pubelectronicas/accionpedagogica/vol12num2>
- Gil-Monte, P. R. (2002). Validez factorial de la adaptación al español del Maslach Burnout Inventory-General Survey [Versión electrónica], Salud pública de México, 44, (1)

- Hudson, Report 2005. Recuperado el 8 de abril de 2008, de <http://hk.hudson.com/Documents>.
- Kirsi, Ahola (2007). Occupational burnout and health. People and Work Research Reports 81. Finnish Institute of Occupational Health. Helsinki, Finland.
- Langle, A. (2005). El Burnout (desgaste profesional), sentido existencial y posibilidades de prevención. Recuperado el 13 de mayo de 2008, de [www.langle.info/downloads/Burnout%20Caprio%202005.pdf](http://www.langle.info/downloads/Burnout%20Caprio%202005.pdf)
- Mejías, A., & Martínez, D. (2009). Desarrollo de un Instrumento. Docencia Universitaria, Volumen X, N° 2, 29
- Norma Internacional ISO 9000. (01 de 01 de 2005). Sistemas de Gestión de la Calidad. Ginebra, Suiza.
- Salanova, M., Schaufeli, W.B., Llorens, S., Peiró, J.M. y Grau, R. (2000). Desde el "burnout" al "engagement": ¿una nueva perspectiva? Revista de Psicología del Trabajo y las Organizaciones 16, (2), 117-134.
- Valenzuela, A. (2006). Grado de satisfacción de estudiantes Universitarios. Valdivia, Chile: Universidad Austral.
- Vite V. B (2007). Indicadores de desempeño de la organización y su incidencia en el clima laboral de una empresa mediana transnacional de manufactura y comercialización. Tesis de Maestría. IPN.
- Wendell, French., Bell, Cecil, Desarrollo organizacional, aportaciones de las ciencias de la conducta para el mejoramiento organizacional, Prentice Hall, México, 2003.
- Wietse, León, P., Romero, J., & Hernández, I. (2011). ¿Desertores o decepcionados? Distintas causas para abandonar los estudios universitarios. *Scielo*.

## **Capítulo XV. La Tecnología Virtual en el ámbito del turismo Electrónico-Digital como una estrategia para promocionar y difundir la Cultura Ferrocarrilera de Empalme**

Marco Antonio Tellechea Rodríguez, Roberto Limón Ulloa, Consuelo Salazar Vizcarra, Mariela Guadalupe Navarro Bernal, Saúl Grijalva Varillas.  
Instituto Tecnológico de Sonora. Dependencia de Educación Superior Unidad Guaymas, México.  
Email: marco.tellechea@itson.edu.mx

### **Resumen**

Uno de los sectores económicos más importantes a nivel mundial es el turismo y al igual que otras actividades económicas ha surgido la creciente preocupación por la búsqueda de aumentar el desarrollo de esta actividad, por tal motivo se desarrolla la “Guía Turística Virtual: La Cultura Ferrocarrilera de Empalme con el fin de promocionarla y difundirla. En esta guía se ofrece a los turistas información de cómo se originó esta forma de vivir analizando: La descripción de cómo se vivía en ese lugar, la vida de los trabajadores del ferrocarril, las instalaciones, las características que tenía este medio de transporte. Los medios tecnológicos hoy en día son de gran importancia para publicitar los puntos turísticos, por tal motivo el desarrollar la presente guía turística virtual para promocionar y difundir la cultura ferrocarrilera de esta región tiene como fin aumentar la oferta turística la cual impactara en la llegada de nuevos y más turistas y por ende en una mayor derrama económica en la ciudad. Tras haber realizado la presente guía turística virtual, se puede corroborar la veracidad de la misma, de tal modo que la aplicación de las nuevas tecnologías al sector turístico implican una renovación de la concepción tradicional, siendo considerado actualmente imprescindible para el desarrollo en sus diversas vertientes y como requisito esencial para la supervivencia de las empresas turísticas.

Palabras Claves: Guía Virtual, Turismo, Cultura, Tecnología, Empalme.

### **Abstract**

One of the main sites that stand out in the port of Guaymas is the Touristic Malecon, in which there has been an investment in its infrastructure to make it a pleasant site in order to families and friends could enjoy it. However, the Malecon and other tourist spots are not maximized, this is due to the lack of outreach to tourists on the tourist attractions that are there in the harbor. The solution to this problem is to carry out the implementation of virtual tourist guides that aims to familiarize tourists and disseminate both the Touristic Malecon as all other destinations. The Virtual Tourist Guide version 2.0 is a web application that updates the photo galleries, brochures, maps, videos and some historic information, thus, users could have new information of the destination. The main point of this project on information and communications

technologies is to increase the number of tourists who want to visit different places each year, for this reason is why they are given an application of great impact, which can grab the attention of tourists that could visit the port, in order to increase incomes for the municipality. The implementation of information and communication technologies are an indispensable means for any business, that's why they carried out the implementation and updating of the virtual guidebook version 2.0 to promote and spread the site: Touristic Malecon Guaymas, Sonora.

## **Introducción**

Actualmente, Internet es la Tecnología de Información y Comunicaciones (TIC's) que mayor impacto está produciendo en el turismo y especialmente en el ámbito del turismo electrónico-digital, su relevancia se justifica por el modo en que está revolucionando la forma de operar del sector turístico y por las modificaciones que introduce en la comercialización turística. De este modo, la información publicada en la red tiene una difusión internacional, lo que supone para las empresas del sector disponer de un escaparate comercial a nivel mundial sin necesidad de contar con una presencia física en los distintos lugares donde se difunde la información.

Además, con el uso de los servicios que incorpora la red, las empresas turísticas pueden conseguir ventajas significativas en la gestión que desarrollan y, en última instancia, mejorar la calidad del servicio que prestan al cliente. Los empresarios turísticos deben aprovechar la propia evolución de la red. Internet ha pasado de la generación web 1.0, que se limitaba a ofrecer información, al paso intermedio de la web 1.5, que incorporaba la posibilidad de realizar reservas y compras online, hasta llegar a la actual web 2.0, donde el contenido de las páginas depende de la información aportada por los usuarios, lo cual fomenta la interacción, participación y creación de redes sociales o comunidades (O'Reilly, 2007). Estas herramientas se basan en la colaboración y la socialización de la información. El e-Business como nuevo modelo de negocio turístico ha sido contemplado por "(Rufin, 2002) como el uso intensivo y generalizado de las Tecnología de Información y Comunicaciones (TIC's) en la gestión de una empresa".

De esta definición se deriva que las TIC's podrán ser aplicadas a cualquier proceso o actividad interno o externo de la empresa y en cualquier nivel de su gestión. La empresa turística necesita adaptar los procesos de gestión del negocio turístico al nuevo entorno tecnológico provisto por Internet para alcanzar el éxito con el e-Business. Este aspecto ha hecho que algunas empresas se estén replanteando los modelos de negocio existentes para adaptarlos al contexto en red y seguir siendo competitivos. Existen dos características fundamentales que hacen de la actividad turística un área fértil para la aplicación de las Tecnologías de Información

y Comunicaciones (TIC's). Primero, el turismo busca atraer clientes internacionales, lo que exige un desarrollo importante en materia de infraestructura en comunicaciones que permitan y faciliten la promoción y comercialización de los atractivos turísticos en todo momento y en cualquier lugar del planeta. Segundo, resulta evidente la necesidad de contar con mecanismos de difusión, promoción, comercialización y desarrollo para todo tipo de cliente, a través de medios de comunicación.

El desarrollo y aplicación de las TIC's pueden satisfacer plenamente estas dos características, por lo que múltiples empresarios y gobiernos, en la medida de sus capacidades y recursos, se han abocado a diseñar planes y estrategias encaminadas a implantar instrumentos de información y comunicación electrónicos en apoyo de las actividades turísticas. En el Plan de Desarrollo de Empalme 2012-2015 se comenta que el pueblo fue fundado el 15 de septiembre de 1905 por el nacimiento del ferrocarril influencia. Se explica que Empalme se extendía al sureste de Guaymas, a unos nueve kilómetros en este lugar se ubicó un campamento de trabajadores que participaban en las actividades para unir las dos vías de ferrocarril: que unirían el sur y el norte. Esta unión se le denominaba el empalme, traducción del inglés de "junction"; de ahí surgió el nombre de esta ciudad. La compañía Brand Brohters fue la encargada de unir las dos vías, para ello hizo contratación de cientos de personas de este municipio, convirtiéndose ésta en la actividad económica más importante. Fue así como en Empalme se estableció una estación ferroviaria con talleres de reparación y mantenimiento, con corridas hacia el centro de la república y a la frontera norte de Nogales y Mexicali, Baja California, con servicios de pasajeros y de carga de pequeño y gran tonelaje. La Región de Empalme, Sonora dedica muy poca difusión a su cultura, además de que no utiliza los medios tecnológicos – digitales que hoy en la actualidad son de gran importancia para promocionar. El turismo histórico-cultural es una de las atracciones más importantes de este municipio, porque desde sus inicios el ferrocarril fue la fuente de empleo principal y representativa de la ciudad, estos hechos tienen poca difusión, para esto, se considera importante buscar una forma de ¿Cómo mejorar la promoción y difusión de: La Cultura Ferrocarrilera de Empalme, Sonora?, y para darle respuesta a esta área de oportunidad se plantea el objetivo de desarrollar una guía turística virtual para promocionar y difundir el sitio turístico.

En los últimos años el turismo se ha constituido en una de las bases más importantes dentro de la Economía Nacional, sin embargo existen ciudades como Empalme, Sonora donde la falta de información de la oferta turística, ha ocasionado que pocos turistas se interesen en la ciudad, provocando que se visiten ciudades aledañas las cuales se mercadean en una forma más agresiva por tal motivo se desea colaborar en impulsar el turismo en esta región, es así que

se resalta la importancia del presente proyecto, en el cual, se propone un plan para mercadear el turismo en este municipio, para esto se plantea el objetivo de desarrollar una guía turística virtual para difundir y promocionar a través del internet la cultura ferrocarrilera Empalmense. Dicho proyecto impactara positivamente en la actividad económica tanto de los empresarios e inversionistas como de los trabajadores y del comercio en general.

### **Materiales y Método**

El tipo de investigación es aplicada, teniendo como sujetos Analistas, Diseñadores, Programadores y con Personas relacionados con el turismo en la región. Los instrumentos utilizados para lograr el desarrollo y adopción de las herramientas tecnológicas son equipo de cómputo, impresoras, software y acceso a internet. El procedimiento aplicado en la Guía Turística Virtual se realizó mediante el modelo cascada aplicando el ciclo de vida de desarrollo de sistemas (Senn, 1992).

En este apartado se describe la metodología que se aplicó para el desarrollo de la Guía Turística Virtual: La Cultura Ferrocarrilera la cual fue desarrollada por el ciclo de vida de sistemas y el Modelo cascada.

Fase I: Planeación, Durante la planeación se definió el objetivo y se realizó la elaboración de estrategias para cada una de las fases que se utilizaron en el desarrollo de la guía turística virtual, dichas fases son, planeación, análisis, diseño, y desarrollo. Dentro de la fase de planeación se definieron las siguientes actividades: Formación del equipo de trabajo: Para la realización del proyecto fue necesario que el equipo estuviera compuesto por un grupo de personas expertas en tecnologías y turismo, las cuales se encargaron de la elaboración de la guía turística virtual. La primera actividad de la fase consistió en la determinación del punto turístico o servicio a investigar: En esta actividad se analizaron diversos sitios o servicios turísticos de la región Guaymas, Empalme y San Carlos, se seleccionó la Cultura Ferrocarrilera como un atractivo para los turistas con el propósito de promocionarlo y difundirlo. Otra actividad elaborada fue la capacitación a los integrantes del proyecto: Todos los integrantes fueron capacitados por medio de cursos especializados en el desarrollo de la guía. Analizar el sitio turístico: Se llevó a cabo un análisis del sitio con el cual se detectaría si era factible desarrollar este proyecto.

Fase II: Análisis, Aquí es donde se estudió de forma integral lo que es la guía turística virtual y los elementos que la componen, por lo que se efectuaron las siguientes actividades: Definición detallada del problema: Se realizó un análisis de la descripción del problema. Definición de

requerimientos: Se llevó a cabo una lluvia de ideas para la identificación de los posibles requerimientos, de los cuales fueron seleccionados los más adecuados e importantes. Otra actividad llevada a cabo fue la definición de los elementos de la guía turística: En este punto se procedió a definir los elementos que componen la guía turística virtual basándose de una amplia investigación del punto turístico.

Fase III: Diseño, se definió a detalle la interfaz que tendrá el proyecto, el cual se basó de las especificaciones de la fase anterior con el fin de satisfacer los requerimientos. En esta etapa se lleva a cabo la parte visual de la Guía Turística Virtual: La Cultura Ferrocarrilera, con la herramienta SketchFlow donde se ordenará la información y elementos que se le mostrará a los turistas, por ello se realizaron las siguientes actividades:

1. Elaboración de estudio ¿cómo será la interfaz del usuario?: se definen la fuente, colores y estructura de la guía turística que se le mostrará a los turistas.
2. Esquematizar el contenido de la guía turística virtual en diversas secciones.

Fase IV: Desarrollo, Teniendo terminado todo el estudio necesario se realizó una planeación de las actividades y se desarrollaron los requerimientos que se acordaron para realizar el proyecto. A continuación se presenta la programación de las actividades: Implementar los requerimientos que fueron seleccionados para desarrollar el proyecto, utilizando las herramientas Adobe Dreamweaver, Fireworks y Photoshop con versión CS5 para desarrollar un sitio web y el programa Sony Vegas para la edición del video. Por último se llevaron a cabo las pruebas al sitio.

Por medio de las etapas anteriores se logró desarrollar la fase de desarrollo completando el ciclo de vida de sistemas y el modelo cascada.

## **Resultados**

Desarrollar la Guía Turística Virtual La Cultura Ferrocarrilera, inicia una nueva era en el Municipio de Empalme porque se aplica la tecnología como una estrategia para promocionar y difundir los diferentes destinos y servicios del sector del turismo. La presente guía inicio su desarrollo a principios del año 2013, con la participación de un grupo de personas el cual estuvo constituido por expertos en el área de las tecnologías y el turismo los cuales tomaron varios roles para realizar las actividades, un grupo de ellas se encargó del diseño y desarrollo, el otro se encargó de planear y analizar la parte informativa. El desarrollo de la guía se constituyó por fases y a la vez estas por actividades a continuación se explican los resultados obtenidos.

Fase I: Planeación, En esta fase es importante implementar muy bien los procesos para llevar a cabo una planeación exitosa, por eso se establecieron todos los puntos a seguir y sus respectivos responsables: El equipo de trabajo se constituyó por un grupo de personas las cuales llevaron los roles de planeación, análisis, diseño y desarrollo de la Guía Turística Virtual. Se determinó por medio de un estudio elaborar la guía para la Cultura Ferrocarrilera. Todos los integrantes fueron capacitados en diferentes tópicos, donde fortalecieron sus habilidades durante el desarrollo del proyecto, también existió una capacitación para la creación del tríptico, la monografía, además se dieron cursos de capacitación donde se utilizó la herramienta Adobe Dreamweaver, Fireworks y Photoshop con versión CS5 para desarrollar el sitio web.

Fase II: Análisis, En esta fase se definió la estructura y el contenido de la guía turística virtual, atendiendo las siguientes actividades: Al analizar la problemática se percató de la falta de conocimiento acerca de la Cultura Ferrocarrilera además de carecer de una promoción de la misma. Se definieron los requerimientos a cubrir más importantes para el desarrollo de la guía, se estableció que era importante seleccionar solo los de mayor prioridad y que favorecieran en la promoción, el diseño atractivo fue primordial y siempre se tomó en cuenta la usabilidad. Los elementos que conforman la guía turística son: la descripción del lugar, video donde se muestren los atractivos del sitio, galería de fotos del lugar actual, tríptico, así como desarrollar una monografía para brindar mayor información al turista.

Fase III: Diseño, En la etapa del diseño de interfaz se obtuvieron las especificaciones del proyecto para cumplir con los requerimientos de la etapa de análisis. Se diseñó la Guía Turística Virtual: La Cultura Ferrocarrilera, estructurando la información y la apariencia del sitio de la siguiente manera: Los colores que se establecieron fueron basados en blanco y negro, la combinación de ellos resultaron de una serie de pruebas visuales para contar con los más convenientes y visibles hacia el usuario tales como rojo porque está en la categoría plazas y edificios, negro, blanco, amarillo entre otros, una fuente entendible la cual fue Times New Roman. La estructura del acomodo de los elementos se llevó a cabo con la realización de un prototipo. En la parte superior el título del sitio, en la parte central una breve sinopsis previa de lo que es la Cultura Ferrocarrilera, en el parte izquierda de la guía se encuentra un video introductorio del sitio, en la parte inferior de la sinopsis esta la galería de fotos antiguas hasta nuestros días, un tríptico y al final la monografía del sitio.



Fase IV: Desarrollo, para la definición de la estructura de la interfaz del proyecto se realizaron diferentes actividades para iniciar a desarrollar lo propuesto. Se implementaron los requerimientos definidos en la fase de análisis, los cuales son desarrollar un sitio para la promoción, mostrar de manera visual la Cultura Ferrocarrilera con imágenes del sitio, ofrecer información relevante para atraer al usuario, mostrar un video introductorio del lugar también se elaboró el contenido para que los usuarios visualicen en un solo lugar los elementos del sitio y tener la oportunidad de escoger el que gusten.

El acomodo de la información se encuentra de una forma estructurada, principalmente con información histórica con el objetivo de dar a conocer la Cultura Ferrocarrilera Empalmense. Al terminar de elaborar la guía se desarrolló el manual de usuario para que contar con un medio que facilite su uso.

- Manual de usuario. La elaboración de este manual tiene por finalidad que cualquier persona pueda utilizar el sitio sin ningún problema y si tiene alguna duda pueda consultar dicho manual, mostrando los elementos que conforman la guía con su respectiva explicación de cada uno de ellos. Además se describirán los elementos para que el usuario comprenda el significado de cada término con la finalidad de motivarlo a utilizar cada uno de ellos.



Figura 1: Página principal de la Guías Turísticas Virtuales de Empalme, Sonora.

- Home Principal / Página Principal

En la figura 1 se muestra la página principal donde se encuentra un panorama de los principales sitios turísticos de Empalme, Sonora. Se tiene plasmado a la izquierda una tabla con sus respectivos colores de cada una de las categorías de los sitios turísticos.

También la figura 1 nos muestra toda la región de empalme con sus respectivos sitios turísticos colocados en su ubicación para que el usuario tenga una mejor visión de donde se encuentran, cada imagen tiene un hipervínculo el cual al darle un clic por ejemplo icono de La Cultura Ferrocarrilera envía a la Guía Turística Virtual: La Cultura Ferrocarrilera.

*Sitio Web: Guía turística virtual: La Cultura Ferrocarrilera*

En la figura 2 podemos ver el sitio de La Cultura Ferrocarrilera de la Guía Turística Virtual, la cual muestra todos los elementos que integran dicho sitio, como los son el nombre del sitio (Flecha 1), un video introductorio (Flecha 2) así como también una sinopsis introductoria del sitio (Flecha 3), galería de imágenes (Flecha 4), monografías (Flecha 5), su tríptico (Flecha 6), los botones anterior y siguiente para cambiar de sitio (Flechas 7 y 8).

Cuenta con una versión en inglés (flecha 9), la sección de San Carlos la cual te envía a la página principal de la Guía Turística Virtual de San Carlos, Sonora (Flecha 10) y un icono de inicio que te dirige a la página principal de Empalme, Sonora.

*Sinopsis introductoria del sitio.*



Figura 2: Guía Turística Virtual: La Cultura Ferrocarrilera.

En la figura 3 se muestra resaltando un cuadro informativo el cual tiene una breve introducción histórica de la cultura ferrocarrilera Empalmense, el cuadro cuenta con una barra a la derecha



Figura 3: Sinopsis introductorio del sitio

para deslizarla hacia abajo y arriba, con la finalidad de poder leer todo el contenido, esta información es una breve explicación de la historia sobre la cultura ferrocarrilera de Empalme, Sonora.

- *Video introductorio*

La figura 4 resalta el video introductorio de La Cultura Ferrocarrilera, el cual el usuario lo reproducirá cuando lo desee.



Figura 4: Video Introductorio.

Para la reproducción del video es necesario dar un clic con el puntero en uno de los dos símbolos blancos en forma de triángulo que indican las flechas azules (Ver Figura 5).

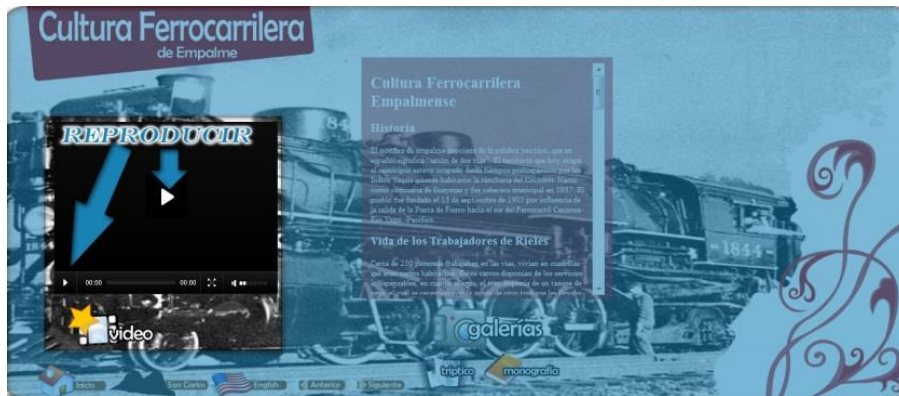


Figura 5: Reproducción del video.

En la figura 6 vemos un símbolo con dos rayas verticales blancas que indican las flechas azules, aparece después de reproducir el video y su función es pausar el video, dando un clic en el mismo símbolo o en cualquier parte donde esta sombreado de color rojo.



Figura 6: Pausar el video.



El símbolo de cuatro flechas blancas es un botón el cual realiza la acción de maximizar la imagen del video, para visualizarlo en pantalla completa (Ver Figura 7).



Figura 7: Botón de maximizar y restaurar el video.

La figura 8 muestra la reproducción del video en pantalla completa, para restaurarlo (Salir de la pantalla completa) y volver a visualizarlo como estaba anteriormente, necesitas presionar la tecla Escape (Esc) del teclado, o dar clic donde aparecen las cuatro flechas blancas señalado con un círculo rojo.



Figura 8: Video en pantalla completa.

El volumen está representado por una bocina y sus respectivas rayas blancas, a menos rayas blancas a la izquierda será más bajo el sonido y si agregan rayas blancas a la derecha el volumen aumentará, al darle clic a la bocina se pone mute, para quitar el mute tienen que volver a darle clic a la bocina o dar click en una de las rayas grises (Ver figura 9).



Figura 9: Indicador del volumen.

- Galería de imágenes:

En la imagen de abajo se resalta una cámara con la palabra galerías la cual tiene un link (enlace) para que al dar click sobre esa imagen envié al usuario a las fotos, mostrándole fotografías de antaño hasta algunas de hoy en día (Ver Figura 10).



Figura 10: Galerías de La Cultura Ferrocarrilera.

La figura 11 muestra las galerías en pantalla completa, ahí podemos visualizar cada una de las fotos y siempre nos muestra el título del sitio (ver flecha 1), también el número de imagen, porque están ordenadas numéricamente, algo muy útil es que el usuario puede dar click en cualquier numero para que le muestre la foto que él quiera ver (ver flecha 2).

Los dos botones en forma de flecha (ver flecha 3), las que apuntan hacia la izquierda te envía a la foto anterior y las que apuntan a la derecha te envía a la siguiente y por ultimo ahí mismo está el símbolo de una equis que es el botón para cerrar las galerías y volver al sitio de La Cultura Ferrocarrilera (Ver figura 11).

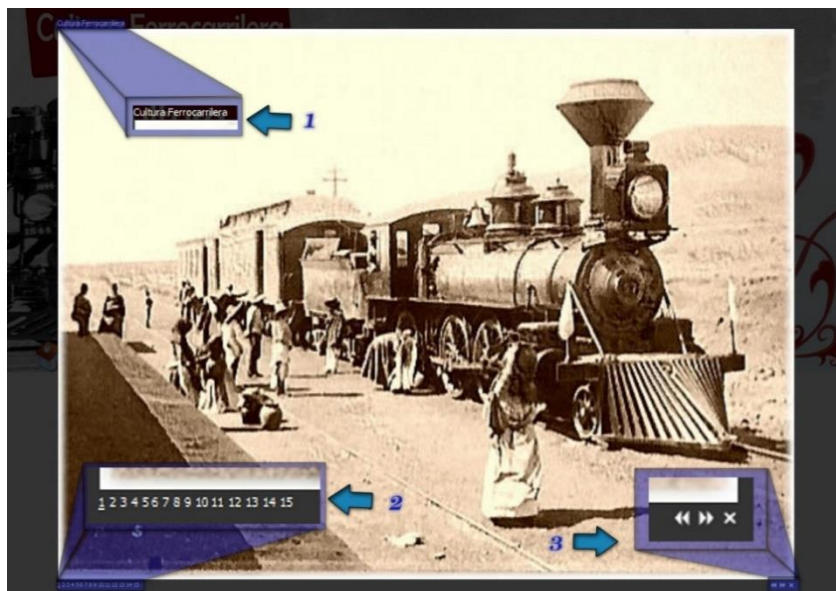


Figura 11: Galerías de La Cultura Ferrocarrilera.

- *Monografías*

En la figura 12 muestra el botón de la monografía del sitio con la imagen de un libro al fondo y la palabra monografía al frente, al dar click sobre esto el usuario podrá ver la monografía en formato en PDF, la cual contiene toda información detallada sobre la Cultura Ferrocarrilera de Empalme Sonora.



Figura 12: Monografía.



- Tríptico

La figura 13 muestra el botón del tríptico, donde al darle click sobre esa imagen se abrirá con la misma interface de las galerías como si fueran dos imágenes, pero mostrarán una breve información con imágenes de La Cultura ferroviaria.



Figura 13: Tríptico.

- Navegación

La figura 14 muestra los dos botones que te mandan al sitio turístico anterior o al siguiente como se muestra en la figura.



Figura 14: Botones de navegación.

- Versión en inglés

La figura 15 indica que si le das click en la bandera de USA o donde dice English te mandara al sitio traducido en inglés.



Figura 15: Ir a la versión en inglés.



### Sección de los sitios turísticos de San Carlos

En la figura 16 muestra la imagen del cerro del Tetakawi con las palabras San Carlos, al dar click en esa imagen el usuario ira al sitio de las Guías Turísticas Virtuales de San Carlos, Sonora.



Figura 16: Botón par air a la sección de San Carlos.

- Home Principal / Página Principal.

En la figura 17 muestra el icono de una casa con la palabra inicio, aquí si se le da click el usuario ira a la página principal de La Cultura Ferrocarrilera de Empalme, Sonora.



Figura 17: Ir al Home Principal / Página Principal.

### Discusión

Al desarrollar las cuatro fases que se indicaron anteriormente se construyó la Guía Turística virtual: La Cultura Ferrocarrilera, con el objetivo de promocionar y difundir a cualquier parte del mundo la cultura representativa de Empalme, Sonora.

La razón más importante de llevar a cabo dicho proyecto fue la de utilizar las tecnologías de información y comunicaciones como estrategia para la promoción y difusión turística de la Cultura Ferrocarrilera para impactar en el crecimiento y desarrollo de la economía de la ciudad a través del aumento de los turistas en la ciudad generando con esto un mayor número de oportunidades de negocio para que impacten en la calidad de vida de la sociedad no sólo de Empalme sino de la Región misma.

### **Conclusiones**

El turismo representa una fuente de ingresos muy importante a nivel mundial, donde la problemática es que hasta el momento la Ciudad de Empalme, no cuenta con una gran difusión la cual impacte considerablemente e incremente el número de visitantes, ni tampoco se tenía un medio tecnológico que diera a conocer la cultura ferrocarrilera, la cual fue la principal fuente de empleos que tuvo Empalme en sus inicios y hasta hoy en día a pesar de que no están funcionando los talleres, estos siguen siendo algo representativo de la ciudad.

En el presente estudio se llevó a cabo una investigación que tuvo como objetivo principal desarrollar una Guía Turística Virtual, donde se mostraran videos, imágenes e información importante para que el turista de manera más interactiva y visual conozca la historia de la cultura ferrocarrilera.

Es importante mencionar que la elaboración de este proyecto abre las puertas a nuevas oportunidades y ayudará a promover el turismo de La Cultura Ferrocarrilera, incrementado el desarrollo tanto económico y social de Empalme.

Esta Guía Turística Virtual ha presentado buenos argumentos a favor con la finalidad de incrementar la difusión del sitio turístico: La Cultura Ferrocarrilera. Sin esta herramienta, continuaría siendo solo historia que muy pocas personas en la actualidad conocen y no se tendría el impacto necesario para incrementar el turismo y aumentar también con ello la economía de la ciudad.

### **Referencias**

RUFÍN, R. (2002): Las empresas turísticas en la sociedad de la información. Editorial Centro de Estudios, Ramón Areces. Madrid

Plan de Desarrollo de Empalme 2012-2015  
[http://www.empalme.gob.mx/documentos/plan\\_desarrollo\\_municipal/Plan%20de%20desarrollo%20Municipal%20Empalme%20Definitivo.pdf](http://www.empalme.gob.mx/documentos/plan_desarrollo_municipal/Plan%20de%20desarrollo%20Municipal%20Empalme%20Definitivo.pdf)

O'Reilly, T. (2007). What is Web 2.0: Design Patterns and Business Models for the Next Generation of Software. *Communications & Strategies*, 1(17). Texto completo online ([http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=1008839#PaperDownload](http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1008839#PaperDownload)) (19 Abril 2013)

Senn, James A. (1992) *Análisis y Diseño de Sistemas de Información*. Segunda Edición. Editorial McGraw Hill. México. Consultado el 8 de mayo de 2013 de: <http://www.monografias.com/trabajos29/ciclo-sistema/ciclo-sistema.shtml>.

## **Capítulo XVI. Determinación del Tiempo Estándar en el Área de Backpacker en una Empresa fabricante de Guitarras**

### **Determination of Standard Time in the Backpacker Area in a Manufacturing Company Guitars**

#### **Autores**

Yuridia B. Rosales C., Luis Carlos Montiel Rodríguez, Gilda María Martínez Solano, Jorge Guadalupe Mendoza León,  
Departamento de IIS, Instituto Tecnológico de Sonora, Navojoa, Sonora, México.

#### **Resumen**

El presente trabajo tiene como objetivo fundamental el aplicar la metodología del estudio de tiempos, esto con el fin de determinar el tiempo estándar para eliminar movimientos innecesarios en la fabricación de guitarras, de esta manera hacer más productiva a la empresa estableciendo niveles óptimos en el área de producción. La organización en la que se aplicó esta metodología fue a la planta C.F. Martin & Co. INC., encargada de fabricar guitarras en sus diferentes estilos. Se utilizaron diversas técnicas y metodologías para obtener el tiempo estándar. Se desarrolló la técnica de toma de tiempos por el método de cronometración regreso a cero, aplicando el sistema Westinghouse para calificar la actuación del operario, calculando el tiempo normal y aplicando las tolerancias para determinar un tiempo estándar. Una vez realizado el estudio, se obtuvo el tiempo estándar, logrando así una mejor toma de decisiones tanto con los proveedores como con los clientes, y además de que se eliminaron tiempos de ocio y movimientos innecesarios al momento de fabricar el producto bajo estudio.

*Palabras claves:* Estudio de tiempos, tiempo estándar, trabajo estandarizado, Westinghouse, tolerancias.

#### **Abstract**

This paper's main purpose is to apply the methodology of the study time, this in order to determine the standard time to eliminate unnecessary movement in making guitars, thus making the company more productive by establishing optimal levels in the area production. The organization in which this methodology was applied to the CF plant Martin & Co. INC., Responsible for manufacturing guitars in different styles. Various techniques and methodologies to get standard time are used. Technique was developed making times by the method of clocking back to zero, using the Westinghouse system for rating the performance of the operator, calculating the normal time and applying tolerances to determine a standard time. After the study, the standard time was obtained, thus achieving better decision making with both suppliers and customers, and in addition to leisure time and unnecessary when manufacturing the product under study movements were eliminated.

## Introducción

El estudio de tiempos y movimientos está identificado como una herramienta que es de gran utilidad para las empresas, ya que ésta busca la manera de producir más con la mayor calidad optimizando recursos, de igual manera reducir costos innecesarios y balancear las celdas de trabajo, obteniendo un mejor flujo de la misma.

Esta herramienta ayuda a saber cuántos operadores se requiere en una línea de producción, el tiempo en el que realizan su trabajo, la cantidad de estaciones y de máquinas con las que se debe contar para satisfacer la demanda. Específicamente el estudio de movimientos ayuda a reducir los costos, ya que mediante los resultados de éste, se reducen los costos al momento de minimizar o eliminar por completo los movimientos innecesarios, los elementos que no agregan valor al producto, al mismo tiempo se simplifican las tareas, de manera que el operador no haga movimientos inútiles diseñando mejor las estaciones de trabajo.

El establecimiento de tiempos estándares es de gran importancia para toda organización para poder conocer el rendimiento de sus procesos y estar al tanto de su productividad, éstos también son metas a las que se intentan llegar. El estudio de tiempos y movimientos surge de las necesidades de hacer más eficientes las estaciones de trabajo, su fundador Frederick W. Taylor fue el primero que utilizó un cronómetro para medir el contenido del trabajo.

Las técnicas de Taylor tales como un sistema basado en la tarea, donde los operadores recibirían instrucciones por escrito con la descripción detallada de las tareas y los medios para lograrlo, fueron aceptadas por muchos gerentes de planta y para 1917 de 113 plantas que habían implantado la administración científica, 59 consideraban que era un éxito parcial, y 34 que había fallado (Niebel, 2001).

Según Meyers (2000) otros pioneros de gran valor para el estudio de movimientos fue el matrimonio Gilbreth (Frank y Lillian), la facilidad que tenían ellos para analizar los movimientos en el trabajo aumentaba su capacidad de sustituirlos por movimientos más cortos o menos fatigosos para mejorar el entorno laboral, desarrollaron una técnica que se define como el estudio de movimientos del cuerpo humano al realizar una operación. La eliminación de todos los movimientos inútiles y la reducción de los restantes fueron la base del trabajo de los Gilbreth. La supresión de este desgaste no deseado se ha convertido en lo que se conoce

como simplificación del trabajo. Ellos trazaron diagramas de procesos en donde mostraban gráficamente la secuencia y la relación entre los elementos.

Una de las teorías más aceptadas sobre movimientos eficientes desarrollados por los Gilbreth, se encuentra la terminología que define un conjunto completo de los movimientos de las manos para referirse a estas 17 subdivisiones elementales de los movimientos. Otra herramienta de apoyo para eficientar los procesos es la técnica de balanceo de líneas, es una aplicación de los estándares de tiempo elementales con el fin de igualar la carga de trabajo entre personas, celdas y departamentos.

Para que el trabajo sea más equitativo, se puede quitar parte del trabajo a una estación ocupada y dárselo a la que no tenga suficiente; para identificar la operación de cuello de botella, el empleado, celda o departamento que tenga más trabajo es la estación cuello de botellas y es necesario ponerla en equilibrio con el resto de la planta.

La técnica de balanceo de línea también es una buena herramienta de reducción de costos; para establecer la velocidad de la línea de ensamble, es necesario ajustar las velocidades de las bandas transportadoras para el ritmo de la planta; para determinar el número de las estaciones de trabajo, cuando una tarea tiene más trabajo del que puede realizar un operario para alcanzar las metas de cantidad establecidas por los clientes, deben agregarse estaciones de trabajo; para ayudar a determinar el costo de la mano de obra, la suma de los estándares de tiempo en horas por pieza de todas las operaciones dará las horas totales, éstas son multiplicadas por la tasa horaria promedio de salarios dará el costo de la mano de obra; y para establecer el porcentaje de carga de trabajo de cada operador, para saber qué tan ocupados están en comparación con la estación cuello de botella, el tiempo takt o el ritmo de la planta.

Según Meyers (2006) el objetivo de un estudio de tiempos es determinar lo más exacto posible el tiempo requerido para que una persona realice una determinada operación. El método más común para realizar este estudio es el que se requiere de un cronómetro. Se registran las lecturas del cronómetro, los cálculos basados en estos registros de tiempos determinan el tiempo normal de ese trabajo. Niebel (2001) define el estudio de tiempos como: una técnica para establecer un tiempo estándar permitido para la realización de una tarea establecida. Esta técnica se basa en la medición del contenido del trabajo con el método prescrito, con los debidos suplementos por fatiga por retrasos personales e inevitables.

Los estándares de tiempo establecidos con precisión hacen posible producir más en una planta dada, e incrementar la eficiencia del equipo y el personal operativo, en cambio los estándares mal establecidos, aunque mejor que no tener estándares, conducen a costos altos, disentimientos del personal y quizá fallas de toda la empresa. La instalación exitosa de cualquier técnica de medición del trabajo requiere un compromiso fundamental de la administración que incluye comprometer entusiasmo, tiempo y los recursos financieros necesarios de manera continua.

Según García (2006) el tiempo estándar es el tiempo que se concede para efectuar una tarea. En él están incluidos los tiempos de los elementos cíclicos (repetitivos, constantes, variables), así como los elementos casuales o contingentes que fueron observados durante el estudio de tiempos.

El estudio de tiempos con cronómetro es la técnica más común para establecer los estándares de tiempo en el área de manufactura. El estándar de tiempo es el elemento más importante de la información de manufactura y a menudo el estudio de tiempos por cronómetro es el único método aceptable tanto para la gerencia, como para los trabajadores.

Los estándares de tiempo o manufactura se usan para distintos propósitos dentro de una organización. Sus usos incluyen asignación y control de costos y presupuestos.

El tiempo estándar es el principal dato para determinar el número de personas que se requiere y de estaciones de manufactura para alcanzar la producción programada, y para calcular el número de máquinas, celdas de manufactura, balanceo de la línea y asignación de personal (Meyers, 2006).

Al realizar un estudio de tiempos conlleva a lograr ciertos objetivos, algunos de los cuales se mencionan a continuación:

- ✓ Minimizar el tiempo requerido para la ejecución de trabajos.
- ✓ Conserva los recursos y minimizan los costos.
- ✓ Proporcionar un producto que es cada vez más confiable y de alta calidad.

Meyers (2000) garantiza que el estándar de tiempo es uno de los elementos de información de mayor importancia en el departamento de manufactura, ya que con este tipo de estudios las empresas obtienen muchos beneficios dándole respuesta a los siguientes problemas:

- ✓ Determinar el número de máquinas y herramientas que hay que adquirir.
- ✓ Determinar el número de personas de producción que hay que contar.
- ✓ Determinar los costos de manufactura y los precios de venta.
- ✓ Programar máquinas, operaciones y personas para hacer el trabajo y entregarlo a tiempo, usando menos inventario.
- ✓ Determinar el rendimiento de los trabajadores e identificar las operaciones que tienen problemas, para ser corregidas.
- ✓ Pagar incentivos por rendimiento extraordinario por equipo o individual.
- ✓ Evaluar ideas de reducción de costos y escoger el método más económico con base en un análisis de costos y no de opiniones.

Para emprender un estudio de tiempos con el objetivo de medir el trabajo realizado en el proceso de las empresas manufactureras o de servicios, se deben de cubrir algunos requisitos que son importantes para hacer un estudio eficiente.

De acuerdo a Meyers (2000) antes de emprender un estudio de tiempos hay que considerar básicamente lo siguiente:

- ✓ Para obtener un estándar es necesario que el operario domine a la perfección la técnica de la labor que se va a estudiar.
- ✓ El empleado debe saber que está siendo evaluado, así como su supervisor y los representantes del sindicato.
- ✓ El analista debe estar capacitado y debe contar con todas las herramientas necesarias para realizar la evaluación.
- ✓ El equipamiento del analista debe comprender al menos un cronómetro, una planilla o formato pre impreso y una calculadora. Elementos complementarios que permiten un mejor análisis son la filmadora, la grabadora y en lo posible un cronómetro electrónico y una computadora personal.
- ✓ La actitud del trabajador y del analista debe ser tranquila y el segundo no deberá ejercer presiones sobre el primero.

La organización bajo estudio es una fábrica de guitarras que está ubicada en el parque industrial de Navjoa, Sonora. Debido al incremento de la demanda de sus productos se ha visto en la necesidad de adquirir equipos para satisfacer las necesidades de sus clientes, en



consecuencia con necesidades de redistribuciones y de actualizar la documentación de sus procedimientos.

Actualmente la empresa no tiene definidos los tiempos estándares de las operaciones debido a que recientemente se realizaron modificaciones en las líneas de producción incorporando nuevos equipos en los procesos, por lo que el planteamiento del problema se define como la necesidad de llevar a cabo un análisis de los tiempos y movimientos en las estaciones de trabajo.

El objetivo del estudio es emplear un estudio de tiempos y movimientos a través del método de cronometración para poder así establecer un tiempo estándar en el área de producción tomando en cuenta todos los factores a los que el operador está expuesto a la hora de realizar su trabajo y así poderlo realizar de una manera más productiva y eficiente.

El proyecto ya mencionado se llevó a cabo por que se detectó en un área de producción que no contaba con un tiempo estándar establecido, éste es el tiempo requerido para elaborar un producto en una estación de trabajo con las tres condiciones siguientes: un operador calificado y bien capacitado, que trabaja a una velocidad o ritmo normal y hace una tarea específica. Estas tres condiciones son esenciales para comprender un estudio de tiempos.

### **Método**

El objeto bajo estudio está dentro de la empresa C.F. Martin & Co. Inc., que se encuentra ubicada en la región del mayo, dicha organización se dedica a la elaboración de varios tipos de guitarras, las cuales son exportadas al extranjero como las backpacker, uke's, entre otras. La empresa cuenta con un total de 415 empleados, en sus diferentes áreas (naves) que la conforman.

El área al que se enfocó el estudio de tiempos y movimientos es Backpacker, ésta misma se compone de diferentes personas que hacen que el trabajo se lleve a cabo, en total son tres operadores que realizan las actividades del área antes mencionada. Para la realización de este estudio, se requirió del apoyo y asesoramiento de diferentes personas, con la finalidad de hacer un estudio eficiente, dichas personas se encargaron de proporcionar toda la información necesaria y adecuada para el desarrollo del estudio de tiempos y movimientos.

Estos individuos mostraron disponibilidad al momento de hacer dicho estudio y apoyaron con su conocimiento sobre las actividades desarrolladas en el área de ensamble final, estas personas ejercen los siguientes puestos de trabajo, ingeniero industrial y de sistemas, jefe de área y

operador, y sobre todo mostraron sus valores tales como una gran amabilidad, respeto y comprensión al momento de la realización del presente estudio, esto fue muy valioso para realizar adecuadamente la toma de tiempos.

Para la realización del estudio de tiempos y movimientos se determinaron una serie de pasos, para obtener un buen resultado, los cuales fueron de gran ayuda para determinar un resultado confiable, estos son los que se describen a continuación:

### **Observación en el Área de Trabajo.**

Principalmente se debe observar el área en la cual se trabajó, ya que es importante conocer los puntos estratégicos para posicionarse al momento de la toma de tiempos y así no molestar ni obstruir el paso del operador.

### **Establecimiento de Actividades.**

Se conoció cada una de las actividades que realizó el operador para saber la eficiencia que tiene para cada una de ellas.

### **Selección del Operador.**

Aquí es donde se tomó en cuenta el desempeño de cada operador, para saber quién realiza mejor su trabajo y fue seleccionado el operador que tuvo un desempeño promedio o estándar. El desempeño estándar se define como el nivel de desempeño logrado por un operario con amplia experiencia que trabaja en las condiciones acostumbradas a un paso no muy rápido ni muy lento pero representativo de uno que se puede mantener durante todo el día (Niebel y Freidvalds, 2004).

### **Determinación del Número de Tiempos a Cronometrar.**

Teniendo conocimientos de la eficiencia del operador se comenzó con una serie de tiempos a cronometrar, éstos pueden variar según la consistencia que tenga el trabajador al momento de realizar su actividad. La determinación de muestras a tomar, se llevó a cabo mediante el método estadístico, ya que es el método más preciso y utilizado en el estudio de tiempos y movimientos. Este método indica un nivel de confianza del 95%, así se obtiene la cantidad de lecturas que se necesitan para determinar un promedio más exacto en la ejecución de las operaciones.

### **Toma de Tiempos.**

La toma de tiempos se tomó mediante la técnica por cronometración, con el método de lectura regreso a cero ya que es el método indicado para el tipo de operaciones que se realizan, debido a que las operaciones a las cuales se les tomó el tiempo son tardadas.

### **Calificación de la Actuación.**

Para la determinación de un tiempo normal se calificó la actuación del operador durante la realización de la operación misma. La calificación del operador en este estudio se basó en el sistema westinghouse, debido a que este sistema califica: la destreza o habilidad, el esfuerzo o empeño, las condiciones y la consistencia que muestra el operador en la realización de la operación o actividad en el área de producción en específico en el área de ensamble final en la elaboración de guitarras.

### **Determinación del Tiempo Normal.**

El tiempo normal, es la multiplicación del tiempo promedio por el factor de la actuación. Este tiempo sirvió para determinar el tiempo estándar de la operación, sin tomar en cuenta las necesidades personales del operador. El tiempo normal se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Tiempo Normal} = (\text{Tiempo Promedio} * \text{Calificación de la Actuación})$$

### **Márgenes o Tolerancias.**

Después de determinar la calificación de la actuación del operador, se asignaron algunas tolerancias personales que pueden ser tanto evitables como inevitables en la jornada de trabajo. Estas tolerancias se establecieron básicamente por la fatiga del operador, necesidad de ir al baño o tomar agua, tolerancia por estar de pie, nivel de ruido, posición en pie mientras se trabaja, posiciones requeridas fuera de lo normal, empleo de vigor físico, esfuerzo mental, entre otras. Dichas tolerancias se dan mediante un porcentaje asignado por la oficina internacional del trabajo (OIT).

### **Tiempo Estándar.**

El tiempo estándar se determinó a cada una de las operaciones realizadas en la elaboración de guitarras. La sumatoria de los tiempos estándar de cada operación indica el tiempo de ciclo que lleva la elaboración de dicho producto.

### **Materiales.**

Para la elaboración del presente estudio, fueron requeridos los siguientes materiales:

- Cronómetro digital.
- Computadora.
- Software (Excel).
- Formato de registro del número de muestras a tomar.

## Resultados

Se observaron los puntos exactos de los cuales se podían tomar los tiempos de la actividad sin molestar ni entorpecer al operador. Al observar el área de trabajo se obtuvo un conocimiento de las actividades que realiza el operador. En este estudio se seleccionó al operador medio, de esta manera se obtuvo un resultado satisfactorio.

En el estudio elaborado, la toma de tiempos se realizó mediante el método de lecturas regreso a cero que es la más adecuada para el tipo de operaciones que se realizan en esta área. Los resultados se encuentran en la tabla 1.

Tabla 1. Toma de tiempos en el área backpacker.

Operación	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	Prom(seg)
Doblar lado.	54	52	51	55	49	47	52	47	48	50	50.5
Ensamblar aro.	130	134	131	134	131	132	132	130	132	131	131.7
Routear canal de DT	38	41	43	39	35	38	40	41	39	42	39.6
Cargar el molde.	110	102	108	104	110	103	107	106	110	108	106.8
Pegar Ribbon.	253	254	250	251	256	256	253	259	251	253	253.6
Lijar Ribbon.	65	69	69	68	66	67	65	65	66	69	66.9
Routear Ribbon.	90	90	89	90	87	88	87	89	87	90	88.7
Ensamblar cuerpo.	228	226	225	230	228	228	228	230	225	227	227.5
Lijado de caja (CMT)	950	953	951	966	962	955	952	954	954	963	956
Lijado de caja (CMC)	564	570	569	573	585	571	570	566	568	572	570.8
Lijado interno de aro.	89	90	86	92	87	87	88	89	87	90	88.5
Cortar excesos	55	58	56	59	56	58	58	50	57	58	56.5

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo conocimientos de la eficiencia del operador se comenzó con una serie de tiempos a cronometrar, éstos variaron según la consistencia que tuvo el trabajador al momento de realizar su actividad.

La determinación de muestras a tomar que se observa en la tabla 2, se llevó a cabo mediante el método estadístico, ya que es el método más preciso y utilizado en el estudio de tiempos.

Tabla 2. Número de tiempos a cronometrar.

Operación.	Número de tiempos a Cronometrar.
Doblar lado.	$n_i = ((2.798 * 1.8331) / (0.05 * 50.50))^2 = 4.126 = 4$
Ensamblar aro.	$n_i = ((1.481 * 1.8331) / (0.05 * 131.7))^2 = 0.1700 = 0$
Routear canal de dove tail.	$n_i = ((2.319 * 1.8331) / (0.05 * 39.60))^2 = 4.6093 = 5$
Cargar el molde.	$n_i = ((2.973 * 1.8331) / (0.05 * 106.8))^2 = 1.0415 = 1$
Pegar Ribbon.	$n_i = ((2.677 * 1.8331) / (0.05 * 253.6))^2 = 0.1497 = 0$
Lijar Ribbon.	$n_i = ((1.729 * 1.8331) / (0.05 * 66.90))^2 = 0.8977 = 1$
Routear Ribbon.	$n_i = ((1.337 * 1.8331) / (0.05 * 88.70))^2 = 0.3053 = 0$
Ensamblar cuerpo.	$n_i = ((1.779 * 1.8331) / (0.05 * 227.5))^2 = 0.0821 = 0$
Lijado de caja (Cuerpo Madera Tenor)	$n_i = ((1.825 * 1.8331) / (0.05 * 956.0))^2 = 0.0049 = 0$
Lijado de caja (Cuerpo Madera Concert)	$n_i = ((3.011 * 1.8331) / (0.05 * 570.8))^2 = 0.0374 = 0$
Lijado interno de aro.	$n_i = ((1.840 * 1.8331) / (0.05 * 88.50))^2 = 0.5810 = 1$
Cortar excesos de top y back	$n_i = ((2.593 * 1.8331) / (0.05 * 56.50))^2 = 2.8310 = 3$

Fuente: Elaboración propia.

La calificación del operador en este estudio se basó en el sistema westinghouse, debido a que este sistema califica: la destreza o habilidad, el esfuerzo o empeño, las condiciones y la consistencia que muestra el operador en la realización de la operación o actividad en el área de producción en específico en el área de backpacker en la elaboración de guitarras.

En este caso se escogieron los operadores promedio de la siguiente manera: el operador 1 representa el operador promedio de las primeras 5 operaciones (ver tabla 3), el operador 2 representa el operador promedio de las siguientes 3 operaciones (ver tabla 4) y el operador 3 representa el operador promedio de las últimas 4 operaciones (ver tabla 5). Los valores obtenidos en las tablas 3, 4 y 5 fueron obtenidos en base a la calificación dada por el sistema Westinghouse.

Tabla 3. Calificación Operador 1.

<b>Operador 1</b>		
<b>Actuación</b>		<b>Porcentaje (%)</b>
Destreza o habilidad	B1	0.11
Esfuerzo o empeño	C1	0.05
Condiciones	B	0.04
Consistencia	B	0.04
<b>Total</b>		0.24%

Tabla 4. Calificación Operador 2.

<b>Operador 2</b>		
<b>Actuación</b>		<b>Porcentaje (%)</b>
Destreza o habilidad	C2	0.03
Esfuerzo o empeño	C1	0.05
Condiciones	B	0.04
Consistencia	C	0.02
<b>Total</b>		0.14%

Tabla 5. Calificación Operador 3.

<b>Operador 3</b>		
<b>Actuación</b>		<b>Porcentaje (%)</b>
Destreza o habilidad	B1	0.11
Esfuerzo o empeño	C1	0.05
Condiciones	B	0.04
Consistencia	B	0.02
<b>Total</b>		0.22%

Una vez que se obtuvo el factor de la actuación, se determina el tiempo normal, el cual se obtiene por medio de la multiplicación del tiempo promedio por el factor de la actuación.

Este tiempo sirve para posteriormente determinar el tiempo estándar de la operación, sin tomar en cuenta las necesidades personales del operador. En tabla 6 se muestra el tiempo normal de cada operación obteniéndolo utilizando el sistema Westinghouse para calificar la actuación del operador.

Tabla 6. Determinación del tiempo normal.

Operación.	Tiempo Normal.
Doblar lado.	TN= (50.50*1.24)= 62.62 seg. = 1.05 min.
Ensamblar aro.	TN= (131.70*1.24)= 163.31 seg.= 2.73 min.
Routear canal de dove tail.	TN= (39.60*1.24)= 49.11 seg. = 0.82 min.
Cargar el molde.	TN= (106.80*1.24)= 132.43 seg.= 2.21 min.
Pegar Ribbon.	TN= (253.6*1.24)= 314.46 seg. = 5.24min.
Lijar Ribbon.	TN= (66.90*1.14)= 76.27 seg. = 1.27 min.
Routear Ribbon.	TN= (88.7*1.14)= 101.12 seg. = 1.69 min.
Ensamblar cuerpo.	TN= (227.5*1.14)= 259.35 seg. = 4.32min.
Lijado de caja (Cuerpo Madera Tenor)	TN= (956*1.22)= 1166.32 seg. = 19.43 min.
Lijado de caja (Cuerpo Madera Concert)	TN= (570.80*1.22)= 696.37 seg. =11.60min.
Lijado interno de aro.	TN= (88.5*1.22)= 107.97 seg. = 1.80 min.
Cortar excesos de top y back	TN= (56.50*1.22)= 68.93 seg. = 1.14min.

Fuente: Elaboración propia.

Ya que se determinó la calificación de la actuación del operador, se asignó algunas tolerancias personales que son tanto evitables como inevitables en la jornada de trabajo. Estas tolerancias se establecieron básicamente por la fatiga del operador, necesidad de ir al baño o tomar agua, tolerancia por estar de pie, nivel de ruido, posición en pie mientras se trabaja, posiciones requeridas fuera de lo normal, empleo de vigor físico, esfuerzo mental, entre otros. Dichas tolerancias se dan mediante un porcentaje asignado por la Organización Internacional del Trabajo (OIT) y se muestran en la tabla 7.

Tabla 7. Aplicación de Tolerancia a las Operaciones del Área de Backpacker.

<b>A) Tolerancias Constantes</b>	<b>%</b>
Tolerancia personal.	5
Tolerancia Básica por fatiga	4
<b>B) Tolerancias Variables</b>	
Tolerancia por estar de pie	2
Tolerancia por posición no normal: (Ligeramente molesta)	0
Empleo de fuerza o vigor: (2.5;5)	0
Alumbrado deficiente.	0
Condiciones atmosféricas.	1
Atención estricta: ( Trabajo fino o exacto)	5
Nivel de ruido-Intermitente fuerte	2
Esfuerzo Mental: (Proceso moderadamente complicado)	1
Monotonía: (Moderada)	1
Tedio: (Algo tedioso)	0
<b>TOTAL</b>	<b>21%</b>

Fuente: Organización Internacional de Trabajo (OIT).

Por tanto el factor de tolerancia se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Factor Tolerancia} = \frac{100\%}{100\% - 21\%} = 1.2658$$

El tiempo estándar se determinó a cada una de las operaciones realizadas en el área de Backpacker. La sumatoria de los tiempos estándar de cada operación indica el tiempo de ciclo que lleva la elaboración de dicho producto. El tiempo estándar se determina de la siguiente fórmula:

$$\text{Tiempo Estándar} = \text{Tiempo Normal} * \text{Factor Tolerancia}$$

De acuerdo a lo anterior el tiempo estándar para las operaciones en el área de Backpacker se puede ver en la tabla 8.



Tabla 8. Tiempo estándar en el área de backpaker.

Operación.	Tiempo Estándar.
Doblar lado.	TE= (62.62*1.2658)= 79.26 seg.= 1.32 min.
Ensamblar aro.	TE= (163.31*1.2658)= 206.72 seg.= 3.45 min.
Routear canal de dove tail.	TE= (49.11*1.2658)= 62.17 seg.= 1.04 min.
Cargar el molde.	TE= (132.43*1.2658)= 167.63 seg.= 2.80 min.
Pegar Ribbon.	TE= (314.46*1.2658)= 398.04 seg.= 6.64 min.
Lijar Ribbon.	TE= (76.27*1.2658)= 96.54seg.= 1.61 min.
Routear Ribbon.	TE= (101.12*1.2658)= 127.99 seg.= 2.13 min.
Ensamblar cuerpo.	TE= (259.35*1.2658)= 328.29 seg.= 5.47 min.
Lijado de caja (Cuerpo Madera Tenor)	TE= (1166.32*1.2658)= 1476.32 seg.=24.60 min.
Lijado de caja (Cuerpo Madera Concert)	TE= (696.37*1.2658)= 881.46 seg.= 14.69 min.
Lijado interno de aro.	TE= (107.97*1.2658)= 136.67 seg.= 2.28 min.
Cortar excesos de top y back	TE= (68.93*1.2658)= 87.25 seg.= 1.45 min.
	TE total de operación =4048.34 seg = 67.47 min

Fuente: Elaboración propia.

Los tiempos estándar calculados se pueden entonces comparar con los que venía manejando la empresa y se presentan en la tabla 9. Se puede ver que los tiempos usados eran menores que los que realmente sucedían en las operaciones de manufactura de las guitarras.

Tabla 9. Valores de tiempos estándar calculados y manejados por la empresa.

Operación.	Tiempo Estándar Calculado (s)	Tiempo Estándar CF Martin (s)
Doblar lado.	79.26	58.08
Ensamblar aro.	206.72	151.46
Routear canal de dove tail.	62.17	45.54
Cargar el molde.	167.63	122.82
Pegar Ribbon.	398.04	291.53
Lijar Ribbon.	96.54	76.94
Routear Ribbon.	127.99	102.01
Ensamblar cuerpo.	328.29	261.63
Lijado de caja (Cuerpo Madera Tenor)	1476.32	1095.95
Lijado de caja (Cuerpo Madera Concert)	881.46	654.12
Lijado interno de aro.	136.67	101.78
Cortar excesos de top y back	87.25	65.09

Fuente: Elaboración propia.

## Conclusiones

Las empresas buscan la mejora continua en sus procesos logrando así ser más eficientes y competitivas en el mercado, por esto el desarrollo de toda empresa de giro industrial, donde se utilizan líneas o áreas de producción es necesario estandarizar los tiempos y mejorar o eliminar movimientos de los operadores en su área de trabajo, con esto se hace más eficiente y productivo al operador y al mismo tiempo genera menos costo de producción y a las empresas les produce mayores utilidades.

Al momento de realizar este estudio en la empresa, ésta no contaba con los tiempos estándar de algunas operaciones y en otras no existía una actualización de los mismos debido a cambios en los modelos a fabricar.

Al llevar a cabo este proyecto, se pudo notar la importancia de contar con el tiempo estándar en el área de Backpacker de la empresa, ya que en base a este estudio, la organización pudo darse cuenta que estaba manejando tiempos estándar inferiores a los que realmente estaban sucediendo debido a que éstos se obtuvieron al producir modelos antiguos (ver tabla 9). Al utilizar los nuevos tiempos calculados puede tomar decisiones importantes al tener conocimiento de su verdadera capacidad de producción y de esta manera programar mejor su producción y entrega a sus clientes.

Al término del estudio de tiempos y movimientos se determinó el tiempo estándar de cada operación que se realiza por el operador al momento de llevar a cabo cada una de estas actividades y se mostraron resultados favorables ya que hoy cada operación cuenta con dicho tiempo estándar, de esta manera se hizo más eficiente al operador y existe mayor productividad.

Se recomendó llevar a cabo la determinación de tiempos estándares para todas las diferentes áreas de producción de dicha empresa, pero tomando en cuenta la calificación de la actuación y las tolerancias correspondientes y con esto podrán reducir tiempos muertos de los empleados y generar recursos para la organización, de igual manera se sugiere que se realice cálculo de los tiempos estándares cada vez que se produzca un cambio en los procedimientos de trabajo así como cuando se utilicen nuevos equipos o se produzcan nuevos modelos.

## Referencias

García, R. Estudio del Trabajo Ingeniería de Métodos y Medición del Trabajo. Editorial Mc Graw Hill 2° Edición. México. 2006

Meyers, F. E. *Estudio de Tiempos y Movimientos*. Pearson Educacion. México. 2000.

Meyers, F. E. Diseño de Instalaciones de Manufactura y Manejo de Materiales. Pearson Educación. México. 2006.

Niebel, B. W. Ingeniería *Industrial. Métodos, Tiempos y Movimientos*. Editorial Alfaomega 12° edición. México. 2009.

Niebel, B. W. y Freivalds, A. Ingeniería Industrial, Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo. Editorial Alfaomega. México. 2004.

## **Capítulo XVII. Estudio de Tiempos y Balanceo de Líneas en una empresa productora de Carne**

### **Study of times and rolling lines in a meat-producing company**

Karla Marisela Campoy Vizcarra, Allán Chacara Montes, Mauricio Lopez Acosta, Luis Carlos Montiel Rodríguez.

Departamento de Ingeniería Industrial y de Sistemas, Instituto Tecnológico de Sonora, Navojoa, México  
Email: allan.chacara@itson.edu.mx

#### **Resumen**

El presente trabajo tiene como objetivo fundamental el aplicar la metodología del Estudio de Tiempos por el método de cronometración y balanceo de líneas, esto con el fin de determinar el tiempo estándar de los productos que pasan por el área de empaque, en una empresa procesadora de carne de cerdo de la región del mayo "Frigorífico Kowi". El proceso que se describe, es el del empaque de Chorizo Ranchero, el cual es el que genera más conflicto, puesto que es muy variable y se presentan cuellos de botella, paros en la línea. El procedimiento utilizado para la determinación del tiempo estándar consiste en la selección del operario, toma de tiempos, determinación del número de ciclos, calificación de la actuación, márgenes o tolerancias, tiempo estándar y determinación del número ideal de operadores. Gracias a este estudio la empresa tienen pleno conocimiento de sus capacidades y limitaciones de producción, contando con el número óptimo de operarios y reducir en lo posible los cuellos de botella, logrando así una mejor toma de decisiones tanto con los proveedores como con los clientes.

*Palabras clave:* Tiempo promedio, Tiempo normal, Tiempo estándar, Calificación de la actuación, Tolerancias, Balanceo de líneas.

#### **Abstract**

The present work has as a main objective, apply the methodology of the study of times by the method of clock and line balancing, this in order to determine the standard time of the products that pass through the packing area, in a processing company of pork meat, on the region of del Mayo "Frigorifico Kowi". The process that is described is the packaging of chorizo ranchero, this process has the most conflicts, since it is highly variable, and that can be result in production shutdowns. The procedure used for the determination of standard time, consists on the right

selection of labor head, test of times, determination of the number of cycles, rating the performance, margins, or tolerances, standard time and determination of the ideal number of labor head. Thanks to this research the company has, a full knowledge of capabilities and limitations of production, counting with the optimal number of workers. This also helps to avoid any critical condition and reduces any possible bottlenecks, helping to achieve the better decisions with customer and suppliers.

## **Introducción**

En la actualidad los niveles de competitividad en las empresas se han ido incrementando considerablemente, es por ello que dichas empresas cada vez son más exigentes con sus procesos productivos, se busca la manera de aumentar la productividad, optimizar los recursos y maximizar las ganancias pero sin descuidar la calidad de sus procesos y productos. Algunas de las herramientas que ayudan a lograr estos objetivos son el estudio de tiempos y movimientos así como el balanceo de líneas. La medición del trabajo (conocido también como estudio de tiempos), se define como: la aplicación de técnicas y herramientas para evaluar el contenido de trabajo que tiene una operación, y los propósitos fundamentales de la aplicación de estas técnicas es el de establecer estándares de tiempo para efectuar una tarea específica. (Caso Neira, 2006)

Estas herramientas son de gran utilidad en la industria ya que permiten determinar los tiempos estándares de las operaciones y de cada una de las estaciones de trabajo permitiendo así aumentar la productividad en las líneas de producción y reducir los costos. Asimismo Meyers, (2004) señala que los propósitos de la técnica de balanceo de líneas de ensamble son: Igualar la carga de trabajo entre los ensambladores, Identificar la operación cuello de botella, Determinar el número de estaciones de trabajo, Reducir el costo de producción, Establecer el tiempo estándar. (Niebel, 2014) Afirma que el instrumento fundamental que origina una mayor productividad es la utilización de métodos, el estudio de tiempos o medición del trabajo y un sistema de pago de salarios.

La importancia de los estándares de tiempos, hace insistencia en la productividad y el beneficio de las empresas, ya que una acción que no persigue estándares tiene un desempeño por lo regular a un 60% del tiempo utilizable, mientras que aquella que trabaja con estándares logra un rendimiento del 85% asimismo, un estándar de tiempo además es muy significativo debido a que es enormemente útil en cuanto a costos. Efectuar un estudio de tiempos conlleva a lograr ciertos objetivos (Criollo, 2005).

Niebel, (2001) expresa que el equipo mínimo que se requiere para llevar a cabo un programa de estudio de tiempos comprende de un cronómetro, un tablero o paleta para estudio de tiempos, formas impresas para estudio de tiempos y calculadora de bolsillo o por conveniencia un equipo de cómputo. Aparte de lo anterior, ciertos instrumentos registradores de tiempo que se utilizan con éxito y poseen algunas ventajas sobre el cronómetro, son las máquinas registradoras de tiempo, las cámaras y equipos de videocinta.

Los procesos de producción de la empresa procesadora de alimentos no cuentan con un estándar de tiempo establecido y un plan de trabajo diario. Se desconoce el número de producto terminado que se debe realizar por turno de acuerdo a la demanda, así como la mano de obra necesaria, además se presentan tiempos muertos y cuellos de botella en las líneas. Por lo que es necesario conocer dichos estándares de fabricación mediante un estudio de tiempos y balanceo de líneas. ¿En qué porcentaje se podrán eliminar los tiempos muertos?

### **Objetivo**

Determinar los estándares de tiempo en las diferentes estaciones de trabajo en el área de procesados mediante el estudio de tiempos y el balanceo de líneas para reducir los tiempos muertos y garantizar la eficiencia y productividad de los procesos.

Es importante en cualquier empresa tomar en cuenta el desempeño de sus trabajadores, a través de medibles tales como la eficiencia y la productividad, de ahí la importancia de un estudio de tiempos y balanceo de líneas, para determinar el estándar de trabajo diario, además de ayudar a eliminar o disminuir los cuellos de botella en el área de empaque, tomando en cuenta las condiciones en las que se encuentra el operario y las habilidades del mismo.

De no llevarse a cabo un estudio de tiempos para poder balancear la línea de producción, se corre el riesgo de que la empresa no tenga estandarizados sus procesos, se formen cuellos de botella y tiempos muertos, y no se podrá cumplir con la demanda establecida por los clientes. De ahí la importancia de tener establecidos y definidos los métodos y estándares de trabajo.

### **Método**

El sujeto bajo estudio es una empresa procesadora de carne de cerdo en la región del mayo ubicada en Carretera. México-Nogales km. 1788, Navjoa, Sonora. Desde los años 80's KOWI fue tomado con una asociación de granjas porcinas con capital 100% mexicano y desde

entonces se ha crecido a una capacidad de sacrificio y corte de más de 2000 cerdos por día. Grupo KOWI cuenta con una sólida infraestructura en el negocio del cerdo iniciando desde la gestión, alumbramiento, formación, sacrificio, corte y termina en la distribución de todos los productos, integrando a un grupo de varias empresas que atienden cada una de estas etapas que van desde el desarrollo de la genética, nutrición, hasta la distribución de los productos elaborados, el proyecto se llevó a cabo en Frigorífico Kowi, en el área de procesados, donde hay varias líneas de producción, y empaque. Para la elaboración de dicho proyecto, se solicitó del apoyo y/o asesoramiento de diferentes personas, con el fin de realizar un estudio eficiente.

En la realización del presente estudio, se requirió de cierto equipo para la determinación de los tiempos necesarios en llevar a cabo cada una de las actividades dentro del proceso.

A continuación se muestra una lista del equipo que se utilizó para realizar el estudio:

- Cronómetro digital.
- Una tablilla de apoyo.
- Un formato registrador del número de muestras a tomar.

Para llevar a cabo el estudio de la determinación del tiempo estándar, se realizó el siguiente procedimiento:

Paso 1: Selección del Operario. Para la selección del operador en el presente estudio no fue de gran dificultad, debido a que, solo existe un operador por cada operación por lo que se asignaba automáticamente.

Paso 2: Toma de Tiempos. La toma de tiempos se dio mediante el método continuo, debido a que son operaciones muy rápidas (cuestión de segundos), y se contaba con el cronómetro adecuado con el fin de tomar muestras eficientes y confiables.

Paso 3: Determinación del Número de Lecturas. La determinación del número de muestras a tomar, se llevó a cabo mediante el método estadístico, ya que es el método más preciso y más utilizado en el estudio de tiempos. Este método indica, con un nivel de confianza del 95%, cuantas lecturas se necesitaron para determinar un promedio más exacto en la ejecución de las operaciones, los estudios de tiempos involucran sólo muestras pequeñas ( $n < 30$ ) de una población; por lo tanto, debe usarse una distribución t Student.

$$n = \left\{ \frac{s}{\bar{E}x} \right\}^2$$

Paso 4: Calificación de la Actuación. Para determinar un tiempo estándar en cualquier operación, primero que nada se debe calificar la actuación del operador durante la realización de la operación misma. La calificación del operador en este proyecto, se basa en el sistema Westinghouse, debido a que este sistema califica: la destreza o habilidad, el esfuerzo o desempeño, las condiciones y la consistencia que muestra el operador en la realización de la operación y/o actividad.

Tabla 1. Porcentaje de calificación de la actuación.

<b>DESTREZA O HABILIDAD</b>			<b>ESFUERZO O EMPENO</b>		
+0.15	A1	EXTREMA	+0.16	A1	EXCESIVO
+0.13	A2	EXTREMA	+0.12	A2	EXCESIVO
+0.11	B1	EXCELENTE	+0.10	B1	EXCELENTE
+0.08	B2	EXCELENTE	+0.08	B2	EXCELENTE
+0.06	C1	BUENA	+0.05	C1	BUENO
+0.03	C2	BUENA	+0.02	C2	BUENO
0.00	D	REGULAR	0.00	D	REGULAR
+0.05	E1	ACEPTABLE	-0.04	E1	ACEPTABLE
-0.10	E2	ACEPTABLE	-0.08	E2	ACEPTABLE
-0.16	F1	DEFICIENTE	-0.12	F1	DEFICIENTE
-0.22	F2	DEFICIENTE	-0.17	F2	DEFICIENTE
<b>CONDICIONES</b>			<b>CONSISTENCIA</b>		
+0.06	A	IDEALES	+0.04	A	PERFECTA
+0.04	B	EXCELENTES	+0.03	B	EXCELENTE
+0.02	C	BUENAS	+0.01	C	BUENA
0.00	D	REGULARES	0.00	D	REGULAR
-0.03	E	ACEPTABLES	-0.02	E	ACEPTABLE
-0.07	F	DEFICIENTES	-0.04	F	DEFICIENTE

Fuente: Adaptado de Niebel (1993).

Paso 5: Márgenes o Tolerancias. Después de determinar la calificación de actuación del operador, también se asignaron algunas tolerancias personales que pueden ser tanto evitables como inevitables en la jornada de trabajo. Estas tolerancias se establecen básicamente por fatiga del operador, necesidad de ir al baño, etc. Dichas tolerancias se dan mediante un porcentaje asignado por la oficina internacional del trabajo (OIT).



Tabla 2. Tabla de tolerancias.

A. Tolerancias constantes:	%
1. Tolerancia personal	5
2. Tolerancia básica por fatiga	4
B. Tolerancias Variables:	
1. Tolerancia por estar de pies	2
2. Tolerancia por posición no normal	
a. Ligeramente molesta	0
b. Molesta (cuerpo encorvado)	2
c. Muy molesta (acostado extendido)	7
3. Empleo de fuerza o vigor muscular (para levantar, tirar o empujar):	
Peso Levantado (Kg y Lb respectivamente)	
2.5: 5	0
5: 10	1
7.5: 15	2
10: 20	3
12.5: 25	4
15: 30	5
17.5: 35	7
20: 40	9
22.5: 45	11
25: 50	13
30: 60	17
35: 70	22
4. Alumbrado deficiente:	
a. Ligeramente inferior a lo recomendado	0
b. Muy inferior	2
c. Sumamente inadecuado	5
5. Condiciones atmosféricas (calor y humedad) variables	0
6. Atención estricta	-10
a. Trabajo moderadamente fino	
b. Trabajo fino o de gran cuidado	0
c. Trabajo muy fino o muy exacto	2

Fuente: Adaptado de Caso (2006).

Paso 6: Tiempo Estándar. El tiempo estándar se determinó a cada una de las operaciones realizadas en la elaboración del chorizo Ranchero. La sumatoria de los tiempos estándar de cada operación, indica el tiempo de ciclo que tarda en realizar cierta operación. El tiempo estándar se determina mediante la siguiente fórmula:

Tiempo Estándar = Tiempo Normal \* Tolerancias.

Paso 7: Balanceo de líneas.

Los pasos para iniciar el estudio de equilibrado o balanceo de líneas es el mismo que en cualquier otro tipo de proceso productivo que consiste en:

1. Definir e identificar las tareas que componen al proceso productivo.

2. Tiempo necesario para desarrollar cada tarea.
3. Los recursos necesarios.
4. El orden lógico de ejecución.

Las fórmulas que se aplicaron para la realización del balanceo de líneas fueron las siguientes:

- La eficiencia de las línea se puede calcular como;

$$E = \frac{\Sigma M.E}{\Sigma M.E.P} \times 100$$

Dónde:

E: Eficiencia

M.E: Minutos estándares por operación

M. E.P: Minutos estándares permitidos por operación

- La cantidad de minutos estándares permitidos para producir una unidad de producto será igual a la suma de los minutos estándares requeridos multiplicados por el recíproco de la eficiencia.

$$\Sigma M.E.P = \Sigma M.E \times (1/E)$$

- Es evidente entonces que el número de operarios que se necesita es igual a la tasa de producción requerida multiplicada por el total de minutos permitidos.

**N : Numero de operarios necesarios en la línea**  
**R : tasa de producción deseada.**

$$N = R \times \Sigma M.E.P$$

## Resultados

Determinación del número de ciclos a cronometrar

Para determinar el número de ciclos a cronometrar se hicieron los cálculos mediante el método estadístico. Posteriormente se procedió a determinar un nivel de confianza de 95%, lo que asegura que los datos obtenidos estén dentro de los límites del intervalo de confianza, y por lo tanto tener una cota de error del 5%.

En la Tabla 3 se muestran los cálculos que se hicieron para la determinación del número de ciclos del presente estudio.

Tabla 3. Datos observados en el estudio (tiempo dado en minutos).

DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE LECTURAS: "CHORIZO RANCHERO"						
TIEMPOS	ALIMENTAR	INSPECCIONAR	RECIBIR	ETIQUETAR	EMPACAR	FLEJAR
T1	3.19	2.33	2.57	7.41	4.55	0.16
T2	3.22	2.58	2.58	7.52	4.59	0.115
T3	2.59	2.59	3.14	7.37	5.11	0.16
T4	3.17	2.37	3.15	7.48	5.12	0.13
T5	3.18	3.15	3.25	8.12	4.58	0.14
T6	3.25	3.29	2.58	7.51	4.57	0.17
T7	3.21	2.59	3.15	7.42	5.13	0.18
T8	3.22	3.11	3.11	7.43	5.15	0.16
T9	3.12	3.12	2.59	7.45	5.05	0.19
T10	3.12	3.15	2.59	7.44	4.55	0.16
T11	3.16	3.16	3.11	7.41	4.56	0.17
T12	3.11	2.57	3.11	7.39	4.55	0.18
TIEM. ELEM	3.13	2.83	2.91	7.50	4.79	0.16
DESV. EST.	0.18	0.36	0.29	0.20	0.28	0.02
No. CICLOS	10.17	10.56	9.15	10.13	9.11	0.79

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con los resultados arrojados por las 12 observaciones piloto tomadas para cada actividad, con el fin de calcular el número de ciclos a cronometrar, se determinó que son aceptables, ya que el número de observaciones requeridas por cada actividad no supera las 12.

### Determinación del Tiempo Base o Elemental

El tiempo base o elemental, es la determinación de la media de los datos tomados como muestra, debido a que es el tiempo mínimo requerido para llevar a cabo la operación en sí.

Tabla 4. Tiempo Elemental.

TIEMPO ELEMENTAL						
ACTIVIDAD	ALIMENTAR	INSPECCIONAR	RECIBIR	ETIQUETAR	EMPACAR	FLEJAR
TIEMPO	3.13	2.83	2.91	7.50	4.79	0.16

Fuente: Elaboración propia.

### Determinación del Tiempo Normal

Para determinar un tiempo Normal, es necesario evaluar la actuación que tienen el operador al llevar a cabo sus actividades. Esta evaluación se debe de presentar en todas las estaciones de trabajo, donde esté involucrada la presencia de personas que realicen diferentes actividades dentro del proceso. Para calificar la actuación del operador en este trabajo, se desarrollará el sistema Westinghouse el cual valora la habilidad, el esfuerzo, las condiciones y la consistencia que tiene el operador al momento de realizar las actividades asignadas, como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5. Calificación de la Actuación.

FACTOR DE ACTUACIÓN				
Factor	Clase	Rango	%	Justificación
HABILIDAD	C1	BUENA	0.06	El operario posee destreza para realizar la operación con facilidad.
ESFUERZO	C1	BUENO	0.05	El operario muestra disponibilidad e interés trabaja a un ritmo adecuado constante y confiado.
CONDICIONES	B	EXELENTE	0.04	El operario trabaja en condiciones que se encuentran dentro de los parámetros establecidos.
CONSISTENCIA	C	BUENA	0.01	Los resultados de los estudios realizados arrojan cierto grado de repetitividad.

Fuente: Elaboración Propia

Sumando las calificaciones se obtuvo que: El factor de desempeño total es de 0.16, entonces el Factor de la Actuación para el proceso es:  $FA = 1 + 0.16 = 1.16$

### Aplicación del Tiempo Normal

El tiempo normal, es el tiempo promedio que un operario capacitado, conocedor del trabajo y desarrollándolo a un ritmo normal, emplearía en la ejecución de la tarea objeto del estudio, y se calcula multiplicando el tiempo elemental por el factor de actuación, mostrado en la tabla 6.

Tabla 6. Tiempo Normal para cada una de las actividades del proceso.

TIEMPO NORMAL PARA CADA ACTIVIDAD	
ACTIVIDAD	TIEMPO
ALIMENTAR	3.63
INSPECCIONAR	3.28
RECIBIR	3.37
ETIQUETAR	8.7
EMPACAR	5.55
FLEJAR	0.18

Fuente: Elaboración propia.

### Determinación de Tiempo Estándar

Las tolerancias aplicables para un tiempo estándar en las operaciones de un proceso, de obtienen mediante la tabla establecida por la Oficina Internacional de Trabajo (OIT), la cual establece porcentajes que toman en cuenta las condiciones en las que se encuentra el

operador tales como: por estar de pie, el grado de iluminación, el nivel de ruido existente, por encontrarse en posición anormal o fuera de lo común, el empleo de fuerza ó vigor muscular, monotonía, tedio entre otros, además que toma en cuenta tolerancias personales como ir al baño, cansancio o fatiga, etc. Después de haber establecido los porcentajes según a criterio y observación del analista, se determina el factor de tolerancia mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Factor de Tolerancia} = \frac{100\%}{100\% - \sum \text{Tol}}$$

Esta fórmula se aplica para cada una de las fases laborales dentro de los procesos, para establecer que variantes intervienen durante el transcurso de la jornada de trabajo, y asignarle un valor, en el cual se agrega el tiempo normal de la operación para determinar el tiempo estándar de cada una de las actividades; en la tabla 7 se muestran los resultados obtenidos por la aplicación del factor de tolerancias:

Tabla 7. Aplicación de Tolerancias.

<b>TOLERANCIAS APLICABLES EN LA ESTACION DE TRABAJO</b>	
<b>A. Tolerancias Constantes</b>	<b>%</b>
1.-Tolerancias Personales	5
2.- Tolerancias Basicas por fatiga	4
<b>B. Tolerancias Variables.</b>	
1.- Tolerancia por estar de pie	2
<b>Total</b>	<b>11</b>

Fuente: Elaboración Propia.

$$\text{Factor de Tolerancia} = 100\% / (100\% - 11\%) = 1.1235$$

### **Determinación del Tiempo Estándar**

Una vez calculadas las tolerancias pasamos al cálculo del tiempo estándar de las operaciones para determinar el tiempo que se requiere para desarrollar cada actividad. En la tabla 8 se muestra el tiempo estándar obtenido para cada actividad.

El cálculo del tiempo estándar se obtuvo con la siguiente fórmula:

$$\text{Tiempo Estándar} = \text{TN} * \text{Tolerancias}$$

Tabla 8. Tiempo Estándar para cada actividad.

TIEMPO ESTÁNDAR	
ACTIVIDAD	TIEMPO
ALIMENTAR	4.08
INSPECCIONAR	3.69
RECIBIR	3.79
ETIQUETAR	9.77
EMPACAR	6.24
FLEJAR	0.20

Fuente: Elaboración propia.

### Determinación del número de operadores.

Una vez que se determinó el tiempo estándar para cada operación, se realizó el cálculo del número de operadores necesarios para realizar el trabajo. A continuación se muestra como se calculó el número de operadores para realizar el empaque del “chorizo ranchero”.

La línea consta de 6 operaciones con los siguientes tiempos en minutos:

4.08            3.69            3.79            9.77            6.24            0.20

Para determinar el número de operadores se definió los kilos estándares que se empaacan por lote, así como el tiempo total disponible para dicho lote, los kilos estándares son 576, los tiempos mostrados fueron tomados por canastilla, que esto equivale a 35 kilogramos aproximadamente, entonces son 16.5 canastillas y se debe empaacar en un tiempo disponible de 90 minutos por lote.

$$\sum M.E. = 27.77$$

A continuación se determina el número de operadores con una eficiencia del 95%.

$$\sum M.E.P = \sum M.E \times (1/E)$$

$$N = R \times \sum M.E.P$$

$$N = 16.5/90 \times 27.77/E = 5.0911/E$$

$$5.0911/0.95 = 5.35 \approx 6 \text{ operadores.}$$

Tiempo en que se debe producir una canastilla:

$$90/16.5 = 5.45 \text{ minutos.}$$

Enseguida se estima cuantos operadores serán necesarios en cada operación, dividiendo el número de minutos de cada operación, entre el número de minutos en que es necesario empacar una canastilla de chorizo. En la tabla 9 se muestra el número de operadores requeridos para cada actividad.

Tabla 9. Número de operadores requeridos.

OPERACIÓN	MIN. ESTANDAR	MIN/UNIDAD	No. DE OPERAD.
ALMENTAR	4.08	0.74	1
INSPECCIONAR	3.69	0.67	1
RECIBIR	3.79	0.69	1
ETIQUETAR	9.77	1.79	2
EMPACAR	6.24	1.01	1
FLEJAR	0.20	0.03	

Fuente: Elaboración propia.

Se determinó un número total de 6 operadores en la línea, para la actividad de etiquetar se necesitaran 2 operadores y en el caso del flejado de la caja no se ocupa ninguno, esto quiere decir que el operador que empaca los chorizos en la caja tiene tiempo de flejarla sin que se forme cuellos de botella ni paros en la línea.

Este procedimiento se hizo para cada uno de los productos que pasan por las líneas de empaque, al final se obtuvo una tabla con todos los productos, los kilos estándares, el tiempo estándar y el número de operadores requeridos. En la tabla 10 y 11 se puede observar el tiempo estándar que se obtuvo para cada producto y líneas de empaque.

Tabla 10. Tiempo estándar propuesto para cada producto.

CODIGO	EMULSIONADOS	KILOS	TIEMPO ESTANDAR	OPERADORES
304001	BOLOGNIA TURI	672	20	5
304002	PASTEL CON CHILE JALAPENO	672	19	5
304003	SALCHICHA PREMIUM	602	22	4
304005	SALCHICHA TURI	516	18	4
304009	SALCHICHA SUPREME	430	24	5
CODIGO	JAMONES	KILOS	TIEMPO ESTANDAR	OPERADORES
305002	JAMON AHUMADO GOLDEN LINE	630	15	5
305003	JAMON AMERICANO	672	19	5
305004	JAMON AMERICANO OVALADO	672	18	5
305005	JAMON AMERICANO R	672	19	5
305006	JAMON PAVO AHUMADO PREMIUM	300	8	5
305009	JAMON YORK	672	18	5
305010	JAMON YORK R	672	19	5
305011	JAMON VIRGINIA	672	19	5
305012	JAMON YORK LIGHT	672	18	5

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla11. Tiempo Estándar Propuesto para las Líneas de Empaque.

CODIGO	DESCRIPCION	KILOS	TIEMPO ESTANDAR	OPERADORES
AHUMADOS			MINUTOS	
301001	CHULETA AHUMADA	776	95	2
301002	CHULETA AHUMADA AL VACIO	738	20	4
301003	LOMO ADOBADO	135	22	2
301010	TOCINO AHUMADO	768	80	2
301011	TOCINO AHUMADO PARA REBANAR	800	85	2
301014	RECORTE DE TOCINO K	260	8	4
301019	ESCALOPAS	219	23	4

CODIGO	CHORIZOS	KILOS	TIEMPO ESTANDAR	OPERADORES
302002	CHORIZO RANCHERO 250 GRs.	576	90	6
302004	CHORIZO CASERO 500 GRs	100	22	6
302006	CHORIZO CASERO	576	91	6
302007	CHORIZO DE SOYA	384	60	6
302009	CHORIZO DE SOYA 500 GRs	288	50	6
302011	CHORIZO RANCHERO Q & Q	288	34	4
302014	CHORIZO ESTILO SINALOA	576	85	6

CODIGO	EMBUTIDOS	KILOS	TIEMPO ESTANDAR	OPERADORES
303002	EMBUTIDO COCIDO KOWI	672	20	5
303003	EMBUTIDO COCIDO TURI	672	20	5
303004	EMBUTIDO COCIDO TURI (R)	672	20	5
303005	EMBUTIDO COCIDO TURI PARA REB	672	20	5
303008	EMBUTIDO PAVO TURI	672	20	5
303009	JAMON VIRGINIA DE CERDO "G"	672	19	5

CODIGO	MARINADOS	KILOS	TIEMPO ESTANDAR	OPERADORES
306001	BACK RIB EN B.B.Q.	200	22	5
306002	CABEZA DE LOMO MARINADA	315	13	4
306003	CARNE ADOBADA	193	25	6
306004	CHAMORRO MARINADO	315	13	4
306008	CARNE MARINADA PARA ASAR	179	26	6
306009	HOT RIBS (PRE COCIDAS)	161	26	5
306010	CARNE ADOBADA TS	96	6	5
306011	BACK RIB EN B.B.Q. CC	200	22	5

CODIGO	MEZCLADOS	KILOS	TIEMPO ESTANDAR	OPERADORES
307002	PEPERONI	600	90	6
307004	SALCHICHA PARA ASAR	320	35	5
307009	HAMBURGUESA	83	15	5



CODIGO	PREPARADOS	KILOS	TIEMPO ESTANDAR	OPERADORES
308016	CHILORIO 250 GRS.	122	37	5
308017	BAE CHILORIO 250 GRS.	122	37	5
308018	CHILORIO MICROWAVE 566 GRS.	130	31	6
308019	COCHINITA 250 GRS.	142	39	5
308020	COCHINITA 500 GRS.	280	26	5
308021	BAE COCHINITA 250 GRS.	122	35	5
308028	CARNE EN SALSA ROJA MW 283GR C	131	44	6
308029	CARNE EN SALSA VERDE MW283GR C	111	37	6
308030	CHILORIO MICROWAVE 283 GRS. C	122	41	6
308031	COCHINITA MICROWAVE 283 GRS. C	142	47	6
308032	CARNITAS MICROWAVE 283 GRS C	78	26	6
308039	CARNE EN SALSA ROJA MW 283 GRS	131	44	6
308040	COCHINITA MW 283 GRS	142	47	6
308041	CHILORIO MW 283 GRS	122	41	6
308042	CARNE EN SALSA VERDE MW 283 GRS	111	37	6
308043	CARNITAS MICROWAVE 283 GRS	78	26	6

CODIGO	SUB-PRODUCTOS	KILOS	TIEMPO ESTANDAR	OPERADORES
309001	CHULETA REBANADA SIN HUESO	413	13	4
309004	RECORTE DE JAMON	100	18	4
309005	RECORTE DE TOCINO AHUMADO	100	18	4
309006	TOCINO AHUMADO REBANADO 2KG.	170	22	5
309007	TOCINO AHUMADO REBANADO 1KG	170	15	5
309009	TOZINETE AHUMADO REB 1 KG	570	22	5
309010	MANTECA 500 GRS.	280	26	5

Fuente: Elaboración Propia.

## Discusión

Al llevar a cabo este trabajo, se puede notar la importancia de lo que es el tiempo estándar en cualquier empresa para la producción de un producto, ya que en base a este estudio, la organización puede tomar decisiones importantes al tener pleno conocimiento de su capacidad de producción y de ésta forma se logra un estatus competitivo mejor y un mayor desarrollo de la empresa, los datos obtenidos son confiables y satisfactorios para la empresa, para que puedan ser utilizados al analizar las operaciones del proceso de producción de tal manera que les pueda servir como base y punto de partida para realizar cambios convenientes, en busca de mejorar la productividad y crecer en el ámbito empresarial.

Un aspecto importante a resaltar es el hecho de que la empresa ya empezó a implementar todos los resultados obtenidos en el presente estudio ya que se logró reducir en un 40% el tiempo en que se empaqueta el chorizo ranchero así como la mano de obra requerida. Se les informó a los operadores sobre los cambios efectuados en el área de empaque, dichos cambios incluyen un pizarrón para cada línea donde los operadores asignados plasman todos los productos que se empaquetan en el turno con sus respectivos tiempos estándares, número de

operadores, y los kilos que se empacaron, esto con el fin de llevar un mejor control y que los operadores se involucren en el proyecto y cooperen con la empresa. Además se realizaron formatos que miden la productividad de las líneas, y de cada uno de los operadores que trabajan en esta área.

Todo lo anterior conducirá a conocer con toda certeza cuál es la capacidad real de la empresa, y esto a su vez serviría como base para tomar futuras decisiones como el decidir si se puede abastecer a una demanda determinada, o bien si en algún momento algunas de las dos líneas de producción dentro del área de empaque se encuentran desbalanceadas, entonces a través del conocimiento de la capacidad real de las líneas de producción existentes se podrían adoptar las medidas pertinentes para solucionar dicha problemática.

### Referencias

- Benjamin, Niebel. 2001. *Ingeniería Industrial, Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo Decima Edición*. Mexico : Alfa Omega, 2001.
- Caso Neira, Alfredo. 2006. *Técnicas de medición del trabajo segunda edición*. España : Fundación Confemetal , 2006. 9788496169890.
- Criollo, García. 2005. *Estudio del Trabajo Segunda Edición*. Mexico : McGraw-Hill, 2005. 978970104657.
- García, Jesús. 2005. *Tema de sustentación. determinación del tiempo estándar en estación de laminado de transformadores de una línea de producción*. Mexico : s.n., 2005.
- Meyers, Fred E. 2004. *Estudios de tiempos y movimientos segunda edición*. Mexico : Pearson Education, 2004. 9684444680, 9789684444683.
- Mg. Ing. Gustavo J. Moori Vivar.  
<http://ucvvirtual.edu.pe/campus/HDVirtual/700439803/Semana%2007/7000503345/Presentaci%C3%B3n%20E.T%20Sesi%C3%B3n%2007.pdf>. [En línea]  
[ucvvirtual.edu.pe/campus/.../Presentaci%C3%B3n%20E.T%20Sesi%C3%B3n%2007](http://ucvvirtual.edu.pe/campus/.../Presentaci%C3%B3n%20E.T%20Sesi%C3%B3n%2007.pdf). [Citado el: 26 de agosto de 2014.] [https://www.google.com.mx/?gws\\_rd=ssl#hl=es-419&q=sistema+westinghouse+pdf](https://www.google.com.mx/?gws_rd=ssl#hl=es-419&q=sistema+westinghouse+pdf).
- Niebel, Benjamin W. 2014. *Ingeniería industrial de niebel. métodos estándares Decima Edición*. Mexico : McGraw-Hill, 2014. 9786071511546.

“Aplicaciones de la Ingeniería para el Desarrollo Competitivo de las Organizaciones” se terminó de editar en noviembre del 2014, en el Instituto Tecnológico de Sonora, en Cd. Obregón, Sonora México.

Su consulta es en la página: [www.itson.mx/publicaciones](http://www.itson.mx/publicaciones)



**ITSON**  
Educar para  
Trascender