

CIENCIA Y TECNOLOGÍA

La ingeniería en las organizaciones

Mauricio López Acosta

Allán Chacara Montes

José Manuel Velarde Cantú

Ernesto Ramírez Cárdenas

Susana García Vilches

Igor Semionovich Litvinchev



La ingeniería en las organizaciones

Mauricio López Acosta
Allán Chacara Montes
José Manuel Velarde Cantú
Ernesto Ramírez Cárdenas
Susana García Vilches
Igor Semionovich Litvinchev

AM
EDITORES


CLAVE
editorial
académico-investigación



CONACYT
Registro Nacional de Instituciones
y Empresas Científicas y Tecnológicas
Registro: 1900555

La ingeniería en las organizaciones

© **Mauricio López Acosta**
© **Allán Chacara Montes**
© **José Manuel Velarde Cantú**
© **Ernesto Ramírez Cárdenas**
© **Susana García Vilches**
© **Igor Semionovich Litvinchev**

Dirección del Proyecto
Eduardo Licea Sánchez
Esther Castillo Aguilar

Arte y formación de interiores
Vanesa Alejandra Vázquez Fuentes

Corrección de estilo
Dámaris Vera Zamora

Preprensa
Víctor Hugo Flores Hernández

Primera edición, 2022

D.R. © CLAVE Editorial
Paseo de Tamarindos 400 B, *suite* 109.
Col. Bosques de las Lomas, Ciudad de México, México. C.P. 05120
Tel. 52 (55) 5258 0279/80/81
ame@ameditores.mx
coediciones@ameditores.mx
www.ameditores.com

ISBN 978-607-437-618-0

La presente obra fue dictaminada bajo un proceso doble ciego.

Las opiniones y puntos de vista expresadas en la presente obra son responsabilidad única y exclusiva de los autores y no necesariamente representan las posiciones u opiniones de la editorial ni las de sus integrantes.

Ninguna parte de este libro puede ser reproducida, archivada o transmitida en forma alguna o mediante cualquier sistema, ya sea electrónico, mecánico o de fotorreproducción, sin la previa autorización de los editores.

Impreso en México

Índice

Directorio ITSON	8
Prólogo	9
Capítulo 1	11
Determinación del cumplimiento a la norma oficial mexicana NOM 030-STPS-2009	
<i>Elías Fonseca Mendoza</i>	
<i>Mauricio López Acosta</i>	
<i>Allán Chacara Montes</i>	
Capítulo 2	27
Aplicación de metodología SMED en purificadora de agua	
<i>José Alejandro Almada Duarte</i>	
<i>Erick Arnoldo González Corral</i>	
<i>José Manuel Velarde Cantú</i>	
Capítulo 3	37
Implementación de informe A3 para la reducción de recursos en proceso de tableros electrónicos	
<i>Elizabeth García Sañudo</i>	
<i>David Portillo Rosas</i>	
<i>José Eleno García Chávez</i>	
<i>Allán Chacara Montes</i>	
Capítulo 4	49
Método OWAS para la evaluación ergonómica de un puesto de trabajo en un aserradero	
<i>Hernán Burgos Sánchez</i>	
<i>Susana García Vilches</i>	
<i>Mauricio Lopez Acosta</i>	

Capítulo 5	63
Reducción de costos de operación en una acuícola, mediante la aplicación de un sistema de inyección de gas a motores diésel estacionarios	
<i>Leonel Hernán Murrieta Domínguez</i>	
<i>Allán Chacara Montes</i>	
<i>Susana García Vilches</i>	
Capítulo 6	75
Evaluación ergonómica en diferentes puestos de trabajo con base en la NOM-036-I-STPS-2018	
<i>Daniel Francisco Bautista Rodríguez</i>	
<i>Mauricio López Acosta</i>	
<i>José Manuel Velarde Cantú</i>	
Capítulo 7	91
Análisis e implementación de metodología ABC en almacén de una compañía productora de tintas flexográficas	
<i>Rodolfo Castillo Félix</i>	
<i>Allán Chacara Montes</i>	
<i>José Manuel Velarde Cantú</i>	
Capítulo 8	101
Aplicación del mapa de cadena de valor en una planta de elaboración de alimento para cerdos	
<i>Aureliano Galaviz Bleizeffer</i>	
<i>Allán Chacara Montes</i>	
Capítulo 9	119
Control de variación: acciones para los procesos del área de <i>microwave</i> de una empresa del giro aeroespacial	
<i>María del Pilar Lizardi Duarte</i>	
<i>Héctor Plutarco Domínguez Moreno</i>	
<i>Alejandro Arellano González</i>	
<i>Alma Alicia Sortillón Álvarez</i>	

Capítulo 10	135
Ergonomía: evaluación de riesgos ergonómicos en un proceso de manufactura de carne de cerdo	
<i>Andres de Jesús Castro Mendoza</i>	
<i>Mauricio López Acosta</i>	
<i>Susana García Vilches</i>	
Capítulo 11	147
Optimización de un área de trabajo en una empresa de exhibición	
<i>Erika Guadalupe Sosa Gastélum</i>	
<i>Madeylene Salas Soto</i>	
<i>Allán Chacara Montes</i>	
Capítulo 12	161
Estudio piloto para el diseño y elaboración de una butaca infantil para una cafetería	
<i>Juan Alberto Cuevas Murillo</i>	
<i>Antonio de Jesús Esquer Anguiano</i>	
<i>Leonel Hernán Murrieta Domínguez</i>	
<i>Mauricio Lopez Acosta</i>	
Capítulo 13	171
Bases para el diseño del producto ergonómico Ergo hand	
<i>Noé Miranda Imay</i>	
<i>Alfonso Benítez Ramírez</i>	
<i>Victor Hugo García Espinoza</i>	
<i>Mauricio López Acosta</i>	
Capítulo 14	183
Aplicación del método MAC en un establecimiento de autoservicio	
<i>María Fernanda Espinoza Enríquez</i>	
<i>Mauricio López Acosta</i>	
<i>Susana García Vilches</i>	
Capítulo 15	193
Medición de nivel de cultura ergonómica en un centro de trabajo	
<i>Erick Gadiel Vega Rabago</i>	
<i>Mauricio Lopez Acosta</i>	
<i>Allán Chacara Montes</i>	
Acerca de los autores	205

DIRECTORIO ITSON

Dr. Jesús Héctor Hernández López
Rector del Instituto Tecnológico de Sonora

Dr. Jaime Garatuza Payán
Vicerrector Académico

Dr. Rodolfo Valenzuela Reynaga
Vicerrector Administrativo

Dr. Ernesto Uriel Cantú Soto
Secretaría de Rectoría

Mtro. Mauricio López Acosta
Director Unidad Navojoa

Mtro. John Sosa Covarrubias
Jefe del Departamento Académico Unidad Navojoa

Prólogo

La toma de decisiones, con base en datos duros, es de soporte principal para desarrollar una ventaja competitiva en cualquier organización, institución e incluso en cualquier país, ya que ayuda a mejorar y coordinar de forma efectiva las capacidades humanas, técnicas, comerciales, logísticas y relacionales. Es por esto que distintas organizaciones competitivas demandan datos estadísticos actuales y de calidad, no solo para hacer frente a las condiciones dinámicas de su entorno, sino también para mejorar las capacidades de adaptación y reacción a estos cambios cada vez más complejos en circunstancias locales, regionales o globales. Los académicos y profesionales de distintas disciplinas, como factores humanos, manufactura y logística, buscan promover sus diferentes áreas de acción, a través de cursos, conferencias, proyectos de investigación, eventos académicos de difusión y publicaciones. En esta ocasión, con la presente obra, *La ingeniería en las organizaciones*, se pretende acercarnos a la aplicación de distintas herramientas de la ingeniería en contextos muy cotidianos, como lo son: actividades en una oficina, actividades de un trabajador de la construcción, una empresa de servicios, procesos de manufactura y de logística interna y externa.

Esta obra tiene por objetivo contribuir con elementos, información y métodos aplicados a diversas áreas que componen una organización. Entre ellas, se pueden encontrar la evaluación de riesgos ergonómicos y psicosociales con el firme propósito de prevenir la aparición de trastornos musculoesqueléticos y mejorar las condiciones en las cuales se desarrollan sus actividades, a través de cambios en las actividades de operación de procesos de manufactura; asimismo, desarrollar e implementar distintas formas de realizar estas actividades de transformación y generación de valor, con el objetivo de hacer uso eficiente de los recursos disponibles para la producción y distribución de los productos, mejorando así los niveles de calidad de vida en el trabajo. Se busca que sean fuente de información e inspiración con la firme intención de compartir conocimientos y experiencias de aplicaciones de las distintas disciplinas que conforman la ingeniería industrial impactando directamente en la productividad de la organización. Agradecemos las aportaciones y contribuciones de los autores para conformar esta obra.

Finalmente, agradecemos el apoyo del Instituto Tecnológico de Sonora, sus profesores y sus cuerpos académicos, así como la colaboración de la Universidad Autónoma de Nuevo León, cuyo firme propósito de compartir conocimientos sobre ingeniería, ergonomía, tecnología; además de impulsar proyectos de investigación regionales sobre factores humanos, salud ocupacional, manufactura y de logística se hace presente en esta obra. Gracias a todos.

Dr. Igor S. Litvinchev

Prof. investigador del Posgrado en Ingeniería de Sistemas

Investigador Nacional Nivel III (SNI 3)

Líder del Cuerpo Académico UANL-CA-176

Miembro de la Academia Mexicana de Ciencias

Miembro de la Academia Rusa de Ciencias Naturales

Capítulo 1

Determinación del cumplimiento a la norma oficial mexicana NOM 030-STPS-2009

Elías Fonseca Mendoza
Mauricio López Acosta
Allán Chacara Montes

Resumen

Se presenta un diagnóstico integral del centro de trabajo dedicado a la elaboración de harina y aceite de pescado utilizado principalmente para la elaboración de alimento para animales, denominado diagnóstico integral o por área de trabajo, con base en la NOM 030-STPS-2009. Para este diagnóstico, se realizó un análisis exhaustivo de las condiciones de operación del centro de trabajo, identificando lo siguiente: las condiciones físicas peligrosas o inseguras que puedan presentar un riesgo en las instalaciones, procesos, maquinaria, equipo, herramientas, medios de transporte, materiales y energía; los agentes físicos, químicos y biológicos capaces de modificar las condiciones del medioambiente del centro de trabajo que, por sus propiedades intrínsecas y por el tiempo de exposición, pueden afectar la salud de los trabajadores, al igual que las partes del proceso donde se generan y, por último, los peligros circundantes al centro de trabajo que lo puedan afectar. Se llegó a la conclusión de que existe un nivel de cumplimiento de 96.20% de las condiciones peligrosas e inseguras y un cumplimiento del 96.82% de los agentes físicos, químicos y biológicos, siendo las condiciones peligrosas e inseguras las más deficientes, por lo que se presentan las principales medidas y acciones a considerar en los resultados del cumplimiento normativo.

Introducción

Para que una organización avance en fortalecer un enfoque preventivo en materia de seguridad y salud en el trabajo, es necesario que se identifiquen y actúen sobre las fuentes o el origen del riesgo laboral, con el fin de evitar que los trabajadores

sufran daños e instrumentar medidas de protección colectiva o personal. En este sentido, es imprescindible distinguir entre el peligro y el riesgo en el ámbito de trabajo. Existe un peligro cuando hay una situación, sustancia u objeto que tiene una capacidad en sí misma de producir un daño, como lo son los pisos resbalosos, un trabajo en altura, o quemaduras. Por su parte, el riesgo laboral es la relación entre la probabilidad de que un trabajador sufra un determinado daño derivado del trabajo con elementos peligrosos y la severidad de dicho daño. Por ejemplo, manipular una sustancia química peligrosa o trabajar en altura sin tomar las medidas preventivas adecuadas (OIT, 2016).

La Secretaría del Trabajo y Previsión Social presentó la *Evolución de las Tasas de Accidentes, Enfermedades, Incapacidades y Defunciones de Trabajo, 2005-2017 Nacional*, con base en las Memorias Estadísticas del IMSS 2005-2017, en la cual se refiere que: “por cada 100 trabajadores 2.19 sufren accidentes de trabajo; por cada 10,000 trabajadores se reportan 7.56 enfermedades con motivo del trabajo; por cada 100 casos de accidentes de trabajo 7.03 requieren incapacidades; por cada 10,000 trabajadores se reportan 0.53 Defunciones con motivo del trabajo” (IMSS, 2005-2017).

Cada día en México, un total de 1124 trabajadores sufrirán un accidente en el trabajo; 38 contraerán una enfermedad de trabajo; 93, una incapacidad permanente y casi 4 morirán, todo esto diariamente. Solo en el año 2017, el IMSS subsidió una suma de 13,625,951 días, con un costo total de 3,395,753,727 pesos. Dichos días de subsidio representan también el tiempo en el cual los trabajadores no pudieron laborar y se generaron gastos extra para las empresas (STPS, 2017). El establecimiento presenta una tasa anual de accidentes de trabajo con un promedio de 3% de accidentes laborales que requieren días de incapacidad, llegando a acumular en promedio 30 días de subsidiados, a pesar de estar por debajo de la media nacional, que es de 3.74 y 35.44 días subsidiados (información proporcionada por la dirección del Programa de Autogestión en Seguridad y Salud en el Trabajo). El establecimiento se ha propuesto llegar a cero accidentes en el año, a ello se debe la necesidad de la aplicación de la normatividad en seguridad y salud en el trabajo para lograr disminuir la tasa de accidentabilidad.

El objetivo del siguiente proyecto es identificar los peligros y riesgos del centro de trabajo a los que el trabajador se encuentra expuesto. Para ello, se realizará un análisis de riesgos de los procesos de trabajo, así como los agentes internos y/o externos que pudieran impactar en la seguridad y salud de los trabajadores, utilizando para ello los criterios de la NOM 030-STPS-2009.

Para dar cumplimiento con la NOM 030-STPS-2009, es necesario realizar el diagnóstico integral del centro de trabajo y para dar cumplimiento con el mismo se considerarán los resultados de cumplimiento de: estudio de las condiciones

físicas peligrosas o inseguras con base en lo establecido en la NOM 001-STPS-2008; estudio de los procesos maquinaria, equipos y herramientas conforme a la NOM-004-STPS-1999; estudio de análisis de levantamiento de carga manuales conforme a la NOM 036-I-STPS-2018; estudio del análisis de levantamiento de cargas con equipo conforme a la NOM-006-STPS-2014; estudio del análisis de riesgos potenciales conforme a la NOM 029-STPS-2011; estudio de iluminación del centro de trabajo con base en la NOM 025-STPS-2008; estudio de ruido laboral del centro de trabajo conforme a la NOM 011-STPS-2001; estudio de polvos en el ambiente laboral del centro de trabajo conforme a la NOM 010-STPS-2014; estudio de vibraciones del centro de trabajo conforme a la NOM 024-STPS-2001; estudio de tierras físicas del centro de trabajo conforme a la NOM 022-STPS-2015; estudio de riesgo potencial por manejo de químicos del centro de trabajo conforme a la NOM 005-STPS-1998. Aclarando que no se realizará una evaluación de estas normas, solo se utilizarán los resultados de estos estudios para la obtención del resultado de cumplimiento de la NOM 030-STPS-2009.

Materiales y métodos

Sujeto bajo estudio

El diagnóstico se realizará en las instalaciones del centro de trabajo dedicado a la elaboración de harina y aceite de pescado utilizados para la elaboración de alimento para animales principalmente, ubicado en el municipio de Yavaros, Huatabampo, Sonora. Actualmente cuenta con 110 empleados fijos, entre operadores, choferes y administrativos; además, la empresa cuenta con dos procesos productivos: la elaboración de harina de pescado y la extracción del aceite de pescado. El estudio se realizará de manera Integral a todo el centro de trabajo. Esta empresa se encuentra participando activamente en el mercado nacional e internacional desde 1996. Actualmente envía sus productos a clientes nacionales y exporta a países como: Chile, Argentina, Japón, China y Alemania. Cuenta con una capacidad promedio al año de 12,000 toneladas de harina y 3,500 toneladas de aceite. Para efectos del estudio, el centro de trabajo fue seccionado en nueve áreas (ver tabla 1).

Tabla 1. Áreas de trabajo bajo estudio

Número de área	Área de trabajo
1	Descarga, rastra y pilas
2	Cocedor y prensa

3	Planta de aceites (decanter y centrífugas)
4	Planta de evaporadores
5	Secadores
6	Molienda
7	Áreas de Servicios
8	Planta de fuerza (calderas)
9	Patio. Almacén PT

Procedimiento

1. Identificar el sistema bajo estudio, esto por medio de un diagnóstico integral del centro de trabajo, el cual permita la identificación de los peligros y riesgos del centro de trabajo a los que el empleado se encuentra expuesto durante su jornada laboral.
2. Realizar el recorrido por las instalaciones y entrevistar a los operadores del centro de trabajo para conocer sus opiniones y experiencias durante el proceso de producción. (Se toman evidencias fotográficas y notas del proceso de producción).
3. Evaluación de las áreas del centro de trabajo.
4. Identificar las normas que son aplicables al centro de trabajo y se distribuirán en normas de seguridad, normas de salud, normas de organización y normas específicas, en caso de ser aplicables.
5. Identificar los peligros circundantes.
6. Evaluar el cumplimiento de las NOM aplicables en el centro de trabajo.
7. Determinar acciones de mejora.

Materiales

Para la correcta implementación del diagnóstico integral del centro de trabajo se requiere contar con:

- Estudio de las condiciones físicas peligrosas o inseguras con base en lo establecido en la NOM 001-STPS-2008
- Estudio de los procesos maquinaria, equipos y herramientas conforme a la NOM-004-STPS-1999
- Estudio de Análisis de levantamiento de carga manuales conforme a la NOM 036-I-STPS-2018 (STPS, 2018)
- Estudio del análisis de levantamiento de cargas con equipo conforme a la NOM-006-STPS-2014
- Estudio del análisis de riesgos potenciales conforme a la NOM 029-STPS-2011
- Estudio de iluminación del centro de trabajo con base en la NOM 025-STPS-2008

- Estudio de ruido laboral del centro de trabajo conforme a la NOM 011-STPS-2001
- Estudio de polvos en el ambiente laboral del centro de trabajo conforme a la NOM 010-STPS-2014
- Estudio de vibraciones del centro de trabajo conforme a la NOM 024-STPS-2001
- Estudio de tierras físicas del centro de trabajo conforme a la NOM 022-STPS-2015
- Estudio de riesgo potencial por manejo de químicos del centro de trabajo conforme a la NOM 005-STPS-1998
- *Software* Office
- *Software* Google Earth PRO
- NOM 030-STPS-2009

Resultados y su discusión

1. Identificación de riesgos

El diagnóstico integral o por área de trabajo sobre las condiciones de seguridad y salud en el centro laboral deberá considerar al menos la identificación de lo siguiente: las condiciones físicas peligrosas o inseguras que puedan representar un riesgo en las instalaciones, procesos, maquinaria, equipo, herramientas, medios de transporte, materiales y energía por área de trabajo. Para la realización del diagnóstico integral se realizó el recorrido de seguridad por las instalaciones del centro de trabajo, acompañados de los miembros de la comisión de seguridad e higiene del establecimiento un representante del patrón y un representante de los trabajadores. Durante este recorrido se obtiene la evidencia fotográfica, se realiza la entrevista a los trabajadores y se observan los riesgos de las áreas de trabajo.

2. Recorrido por las instalaciones y entrevista con los trabajadores

Para la entrevista del personal se tomó una muestra representativa de 5 operadores de producción y 2 operadores del almacén de PT.

Una condición insegura detectada en el centro de trabajo, y que concuerda con los resultados obtenidos durante la entrevista con los operadores, es que en la mayoría de las áreas de trabajo se trabaja con el piso resbaloso debido al agua utilizada durante el proceso de producción y limpieza, también por la harina producida en las áreas de molienda, ensaque y silos.

Otra condición insegura que se detectó es que hay partes del proceso donde se tiene que trabajar en alturas y esto puede ocasionar caídas y/o atrapamientos.

Durante el recorrido por el centro de trabajo se detecta el riesgo de sufrir quemaduras debido a que se usa agua caliente, químicos peligrosos y vapor durante el proceso.

La evidencia fotográfica del recorrido por las instalaciones se encuentra al final, como anexo.

3. Evaluación de las áreas del centro de trabajo

Considerando la naturaleza propia del proceso bajo estudio y para lograr identificar los posibles riesgos a los que se encuentran expuestos los operadores se aplicó y para identificar los posibles riesgos a los que se encuentran expuestos se aplicó el diagnóstico por área de trabajo sobre las condiciones de seguridad y salud en el centro laboral NOM 030-STPS-2009, (STPS, NORMA Oficial Mexicana NOM-030-STPS-2009, servicios preventivos de seguridad y salud en el trabajo-funciones y actividades, 2009), en donde se encontró que el trabajador está expuesto a:

- Caídas
- Trabajos en alturas
- Quemaduras
- Atrapamiento por algún equipo/máquina

4. Identificación de las normas aplicables al establecimiento

Tabla 2. Requerimientos normativos aplicables

Requerimientos normativos en materia de seguridad	Requerimientos normativos en materia de salud
NOM-001 STPS 2008 Edificios, locales e instalaciones	NOM-010 STPS 2014 Contaminantes por sustancias químicas
NOM-004 STPS 1999 Sistemas y dispositivos de seguridad en maquinaria	NOM-011 STPS 2001 Ruido
NOM-005 STPS 1998 Manejo, transporte y almacenamiento de sustancias peligrosas	NOM-025 STPS 2008 Iluminación
NOM-006 STPS 2014 Manejo y almacenamiento de materiales	Requerimientos normativos en materia de organización
NOM-009 STPS 2011 Trabajos en altura	NOM-018 STPS 2015 Sistema armonizado para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo
NOM-022 STPS 2015 Electricidad estática	NOM-030 STPS 2009 Servicios preventivos de seguridad y salud
NOM-029 STPS 2011 Mantenimiento de instalaciones eléctricas	

5. Identificación de los peligros circundantes

Los peligros circundantes al centro de trabajo que lo puedan afectar, cuando sea posible, se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3. Peligros circundantes (STPS, 2009)

Peligros circundantes	Tipo de afectación probable
Empresa del centro S.A. de C.V. planta	Incendio, intoxicación por humos
Empresa Barda	Incendio, intoxicación por humos
Bahía	Incendio
Calles transitadas	Accidentes viales

Figura 1. Identificación de zonas (1, 2, 3 y 4)



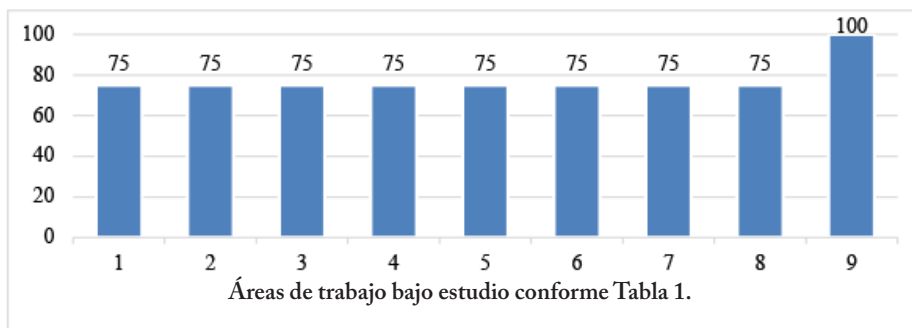
6. Cumplimiento normativo

Condiciones físicas peligrosas e inseguras

Una vez evaluadas las instalaciones del centro de trabajo como condición de riesgo y tomando en cuenta lo establecido en la NOM 001-STPS-2008, se obtiene un promedio de cumplimiento de 77.77%. Para llegar a este resultado se han implementado controles administrativos y operativos, que van desde la adquisición de botas para agua con suela antiderrapante, capacitación al personal para

el uso de EPP, hasta sanciones económicas al personal que no utiliza el EPP. De esta manera se han logrado mitigar los efectos de estas condiciones de riesgo al personal (ver figura 2).

Figura 2. Porcentaje de cumplimiento NOM 001-STPS-2008



Para evitar resbalones y caídas por parte de los operadores es necesario dar cumplimiento al procedimiento de limpieza y sanitización de las áreas de trabajo. Por parte de los supervisores es necesario vigilar que los operadores cumplan con el procedimiento de limpieza y sanitización, el cual indica el equipo de protección personal a utilizar y los pasos a seguir para evitar accidentes.

Una vez evaluados los procesos maquinaria y equipos del centro de trabajo como condición de riesgo y tomando en cuenta el estudio de procesos maquinaria, equipos y herramientas conforme a la NOM-004-STPS-1999, proporcionado por el centro de trabajo, se obtiene un promedio de cumplimiento de 100%. Una vez evaluadas las herramientas del centro de trabajo como condición de riesgo y tomando en cuenta el estudio de procesos maquinaria, equipos y herramientas conforme a la NOM-004-STPS-1999, (STPS, 1999) proporcionado por el centro de trabajo, se obtiene un promedio de cumplimiento de 100%. Una vez evaluados los medios de transporte del centro de trabajo como condición de riesgo y tomando en cuenta el estudio de procesos maquinaria, equipos y herramientas conforme a la NOM-004-STPS-1999, (STPS, 1999) proporcionado por el centro de trabajo, se obtiene un promedio de cumplimiento de 94.44% (ver figura 3).

Para evitar el riesgo con el transporte de carga es necesario elaborar un procedimiento para la entrada, carga, descarga y salida de camiones de carga en el almacén de PT y capacitar a los operadores y al encargado de almacén de PT. Una vez evaluados los materiales del centro de trabajo como condición de riesgo y tomando en cuenta el análisis de levantamiento de carga manuales conforme a la NOM 036-1-STPS-2018 (STPS, 2018) proporcionado por el centro de trabajo, se

obtiene un promedio de cumplimiento de 100%. Una vez evaluada la energía del centro de trabajo como condición de riesgo y tomando en cuenta el análisis de riesgos potenciales conforme a la NOM 029-STPS-2011, (STPS, 2011) proporcionado por el centro de trabajo, se obtiene un promedio de cumplimiento de 100%. El resultado del cumplimiento obtenido en el diagnóstico de las condiciones físicas peligrosas e inseguras es de 96.20 (ver figura 4).

Figura 3. Porcentaje de cumplimiento NOM-004-STPS-1999

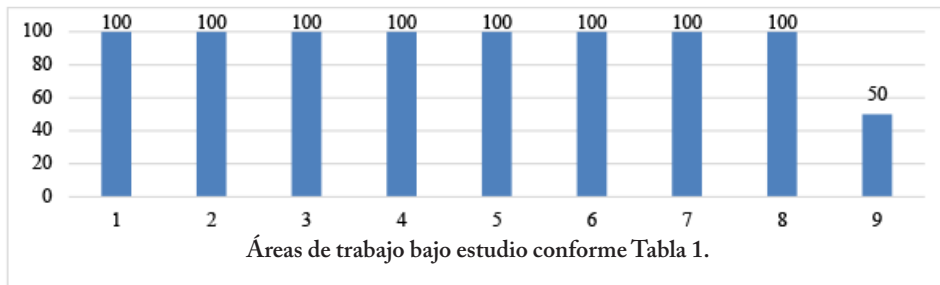
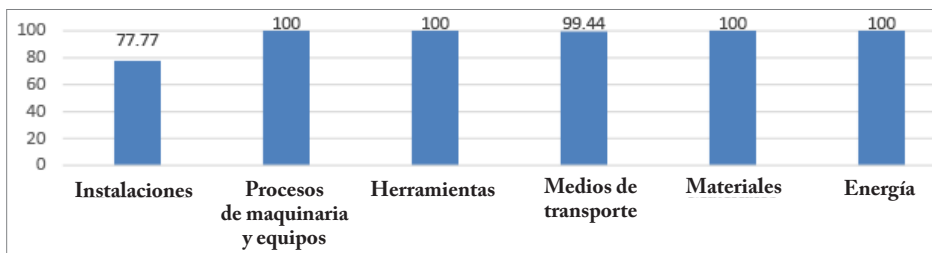


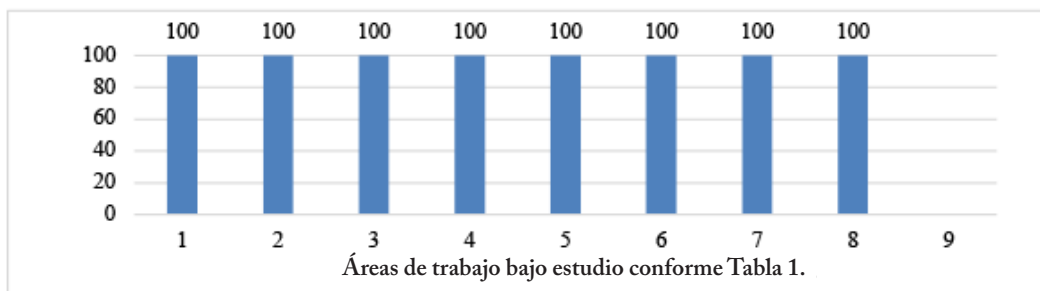
Figura 4. Porcentaje de cumplimiento condiciones físicas peligrosas e inseguras



Agentes físicos, químicos y biológicos

Una vez evaluada la iluminación del centro de trabajo como condición de riesgo y tomando en cuenta el estudio de iluminación conforme a la NOM 025-STPS-2008, (STPS, 2008) proporcionado por el centro de trabajo se obtienen un promedio de cumplimiento de 88.88%, ver figura 5.

Figura 5. Porcentaje de cumplimiento NOM 025-STPS-2008



Una vez evaluado el ruido laboral del centro de trabajo como condición de riesgo y tomando en cuenta el estudio de ruido conforme a la NOM 011-STPS-2001, (STPS, 2001) proporcionado por el centro de trabajo, se obtiene un promedio de cumplimiento de 100%. Una vez evaluados los polvos del centro de trabajo como condición de riesgo y tomando en cuenta el estudio de polvos conforme a la NOM-010-STPS-2014, (STPS, 2014) proporcionado por el centro de trabajo, se obtiene un promedio de cumplimiento de 100%. Una vez evaluadas las vibraciones del centro de trabajo como condición de riesgo y tomando en cuenta el reconocimiento de vibraciones conforme a la NOM-024-STPS-2001, (STPS, 2001) el cual refiere que el centro de trabajo está muy por debajo de los límites máximos permisibles, proporcionado por el centro de trabajo, se obtiene un promedio de cumplimiento de 100%. Una vez evaluado el sistema de tierras físicas del centro de trabajo como condición de riesgo y tomando en cuenta el estudio de tierras físicas conforme a la NOM-022-STPS-2015, (STPS, 2015) proporcionado por el centro de trabajo, se obtiene un promedio de cumplimiento de 88.88% (ver figura 6).

Una vez evaluadas las sustancias químicas del centro de trabajo como condición de riesgo y tomando en cuenta el análisis de riesgo potencial conforme a la NOM 005-STPS-1998, (STPS, 1998) además del uso de equipo de protección personal utilizado en el centro de trabajo, verificado durante el recorrido por el mismo, se obtiene un promedio de cumplimiento de 100%.

Una vez evaluados los riesgos biológicos del centro de trabajo como condición de riesgo, se obtiene un promedio de cumplimiento de 100%. El resultado del cumplimiento obtenido en el diagnóstico de los agentes físicos, químicos y biológicos es de 96.82 (ver figura 7).

Figura 6. Porcentaje de cumplimiento NOM-022-STPS-2015

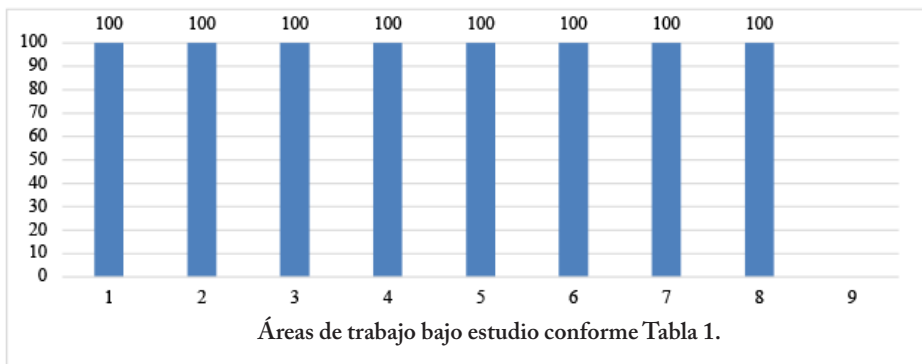
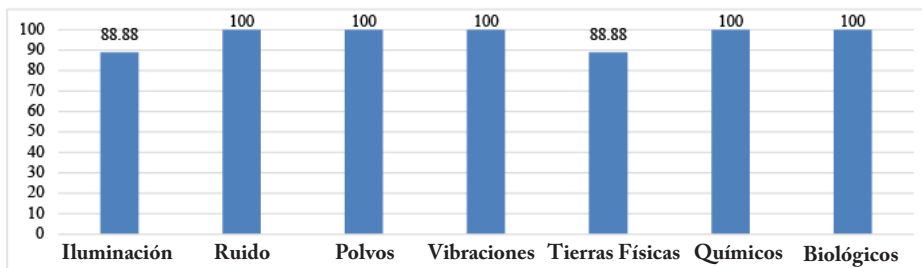


Figura 7. Porcentaje de cumplimiento agentes físicos, químicos y biológicos



Conclusiones y recomendaciones

Finalizando el diagnóstico integral del centro de trabajo, se determina un grado de cumplimiento del 96.20% de las condiciones peligrosas e inseguras y un cumplimiento de 96.82% de los agentes físicos, químicos y biológicos.

La empresa Pacífico Industrial s.a. de c.v. cuenta con la certificación de empresa segura en segundo nivel ante el Programa de Autogestión en Seguridad y Salud en el Trabajo de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social. La organización ha adquirido en los últimos días un almacén nuevo para producto terminado. Es por ello que la calificación del diagnóstico del área del almacén de PT y patio ha salido menguada, ya que los controles de seguridad y salud están iniciando su aplicación y la realización de dichos estudios que avalen el cumplimiento aprobatorio o reprobatorio se realizarán en los meses siguientes.

Las condiciones de la empresa no son las ideales para realizar el trabajo, sin embargo, se trabaja para mitigar los efectos de las condiciones peligrosas e inse-

guras; para ello se implementa procedimientos seguros para cada una de las actividades del proceso, desde actividades de producción, limpieza y mantenimiento. De esta manera, se supervisa y se controlan las actividades peligrosas. En el caso específico de las instalaciones, el principal inconveniente son los pisos resbalosos; esto, debido a la presencia de agua que cae del mismo proceso productivo, agua para limpieza y sanidad de los equipos y de la misma harina que cae al suelo durante el proceso de molienda, ensaque y almacenaje. Es por ello que solo está permitido el acceso a la planta productiva con calzado de seguridad y en el caso de los operadores que realizan actividades en las áreas donde hay pisos mojados, estos utilizan botas para agua con suela antiderrapante. Es por ello que, aunque normativamente se tiene que considerar una calificación menor por las condiciones peligrosas e inseguras (pisos resbalosos), se lleva un control que ha permitido disminuir los accidentes por esta causa, ya que de acuerdo a los registros de la empresa del año 2013 al 2020, han disminuido los accidentes de trabajo de 20 accidentes por resbalones y caídas a 0 en el último año (fuente: estadístico de accidentes del establecimiento).

Para el caso del agente físico “ruido laboral en el centro de trabajo”, por la maquinaria y el giro de la empresa es imposible disminuir los niveles de ruido de las áreas que superan los límites máximos permisibles que establece la NOM O11-STPS-2001, es por ello que la empresa otorgaba a sus trabajadores y visitantes tapones auditivos (los cuales disminuyen 16 dB) para evitar el daño al oído humano; pero, además, la dirección de la empresa tomó la decisión de adquirir conchas auditivas, las cuales disminuyen 31 dB de ruido y aseguran que en ningún momento el trabajador estará expuesto a niveles de ruido que puedan ocasionar un daño permanente a los órganos auditivos de los trabajadores. Adicional a esto, se realiza la vigilancia a la salud de los trabajadores, en la cual un profesional de la salud realiza los estudios necesarios para asegurar que todos los trabajadores se encuentren en buen estado físico de salud para ser aptos para realizar su trabajo. Es por ello que operativamente se cumple al 100% con la mitigación del agente físico ruido laboral. La calificación final de la empresa Pacífico Industrial S.A. de C.V. es de 96.09% de cumplimiento de la NOM O30-STPS-2009. (STPS, 2009), para ello es necesario considerar lo siguiente:

- Para evitar resbalones y caídas por parte de los operadores es necesario dar cumplimiento al procedimiento de limpieza y sanitización de las áreas de trabajo
- Por parte de los supervisores, es necesario vigilar que los operadores cumplan con el procedimiento de limpieza y sanitización, el cual indica el equipo de protección personal a utilizar, las herramientas y/o equipos a utilizar y los pasos a seguir para evitar accidentes.

- Se debe elaborar un procedimiento para la entrada, carga, descarga y salida de camiones de carga en el almacén de PT y capacitar a los operadores y al encargado de almacén de PT.
- Se recomienda aplicar en el área del almacén de producto terminado y en el patio las mismas medidas de seguridad y salud en el trabajo que se aplican en la planta productiva, por lo cual es indispensable realizar:
 - Medición de los niveles de iluminación conforme a la NOM 025-STPS-2008
 - Medición de los niveles de ruido laboral conforme a la NOM 011-STPS-2001
 - Medición de la tierra física del sistema eléctrico conforme a la NOM 029-STPS-2011

Lo anterior, para continuar con los altos estándares de seguridad que se tienen hasta el día de hoy y seguir evitando que las condiciones peligrosas e inseguras y prevenir que los agentes físicos, químicos y biológicos afecten la salud de los trabajador.

Referencias

- IMSS. (2005-2017). Secretaría del trabajo y previsión social. <http://www.imss.gob.mx/sites/all/statics/pdf/informes/20172018/07-Cap03.pdf>
- OIT. (17 de octubre de 2016). Obtenido de Aportes para una cultura de la prevención: https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/@americas/@ro-lima/@ilo-buenos_aires/documents/publication/wcms_248685.pdf
- STPS. (27 de enero de 1998). Obtenido de NOM-005-STPS-1998, Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas: <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo69360.pdf>
- STPS. (21 de enero de 1999). Obtenido de NORMA Oficial Mexicana NOM-004-STPS-1999, Sistemas de protección y dispositivos de seguridad en la maquinaria y equipo que se utilice en los centros de trabajo: <http://asinom.stps.gob.mx:8145/upload/noms/Nom-004.pdf>.
- STPS. (4 de mayo de 2001). Obtenido de Norma Oficial Mexicana NOM-011-STPS-2001, Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo: <http://asinom.stps.gob.mx:8145/upload/noms/Nom-011.pdf>
- STPS. (23 de febrero de 2001). Obtenido de Norma Oficial Mexicana NOM-024-STPS-2001 Reconocimiento y evaluación de vibraciones: <https://www.formacionindustrial.com.mx/NOM-024%20Vibraciones.html>
- STPS. (24 de noviembre de 2008). Obtenido de Norma Oficial Mexicana NOM-001-STPS-2008, sobre condiciones de seguridad en edificios, locales, instala-

- ciones y áreas en los centros de trabajo: http://www.stps.gob.mx/DGIFT_STPS/PDF/NOM-001-STPS-2.pdf
- STPS. (5 de junio de 2008). Obtenido de Norma Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo.: <http://www.dof.gob.mx/normasOficiales/3581/stps/stps.htm>
- STPS. (30 de junio de 2009). Norma Oficial Mexicana NOM-030-STPS-2009, Servicios preventivos de seguridad y salud en el trabajo-funciones y actividades. Obtenido de <http://www.dof.gob.mx/normasOficiales/3923/stps/stps.htm>
- STPS. (29 de diciembre de 2011). Obtenido de Norma Oficial Mexicana NOM-029-STPS-2011, Mantenimiento de las instalaciones eléctricas en los centros de: <http://asinom.stps.gob.mx:8145/upload/nom/NOM-029.pdf>
- STPS. (11 de septiembre de 2014). Obtenido de Norma Oficial Mexicana NOM-006-STPS-2014, Manejo y almacenamiento de materiales-condiciones de seguridad y salud en el trabajo: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5359717&fecha=11/09/2014
- STPS. (28 de abril de 2014). Obtenido de Norma Oficial Mexicana NOM-010-STPS-2014, Agentes químicos contaminantes del ambiente laboral-reconocimiento, evaluación y control: https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5342372&fecha=28/04/2014
- STPS. (1 de abril de 2015). Obtenido de Norma Oficial Mexicana NOM-022-STPS-2015, Electricidad estática en los centros de trabajo-Condiciones de seguridad: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5435581&fecha=01/04/2016
- STPS. (marzo de 23 de 2017). Obtenido de el costo de los accidentes y enfermedades de trabajo: http://trabajoseguro.stps.gob.mx/bol086/vinculos/nota_2_bol086.pdf
- STPS. (23 de noviembre de 2018). Obtenido de NOM-036-I-STPS-2018, Factores de riesgo ergonómico en el trabajo-identificación, análisis, prevención y control. Parte 1: Manejo manual de cargas: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5544579&fecha=23/11/2018

Anexo 1 Evidencias fotográficas

<p>Imagen 1. Descarga</p> 	<p>Imagen 2. Rastra</p> 	<p>Imagen 3. Pilas</p> 	<p>Imagen 4. Cocedor y Prensas</p> 	<p>Imagen 5. Planta de Aceite</p> 	<p>Imagen 6. Planta de Evaporadores</p> 
<p>Imagen 7. Secadores</p> 	<p>Imagen 8. Molienda</p> 	<p>Imagen 9. Ensaque</p> 	<p>Imagen 10. Planta de Fuerza</p> 	<p>Imagen 11. Oficinas</p> 	<p>Imagen 12. Comedor</p> 

Capítulo 2

Aplicación de metodología SMED en purificadora de agua

José Alejandro Almada Duarte
Erick Arnoldo González Corral
José Manuel Velarde Cantú

Resumen

En este proyecto se lleva a cabo la aplicación de la metodología SMED, junto con algunas otras herramientas de mejora continua, para poder darle un mejor manejo o funcionamiento a la empresa purificadora de agua bajo estudio. Dicho esto, en este trabajo podemos encontrar el mapa de procesos de la empresa para un mejor entendimiento del funcionamiento de la empresa actualmente y para poder analizar sus procesos de una manera más organizada. También cabe mencionar que observamos el proceso aplicando la técnica gemba, que no es más que la habilidad de ver la realidad en el proceso de producción.

Otro punto a tratar en este proyecto es la medición de los indicadores, gracias a la fórmula de la productividad y la toma del tiempo de respuesta que se ocupa cuando el cliente espera ser atendido.

Por otra parte, en este proyecto también se incluye el diagrama de flujo del proceso, en el cual podemos ver de manera lineal todo el proceso de llenado de garrafón con agua purificada, desde su recibimiento hasta que se le entrega al cliente. Se identificaron las mudas gracias al conjunto de las técnicas y herramientas antes mencionadas. Para finalizar, se aplicó la metodología SMED de una manera eficiente, y se detectaron las acciones de mejora en el proceso para que la empresa pueda ser mejorada. Concluimos este proyecto no sin antes mencionar que la correcta aplicación de esta metodología sí genera una mejora en el proceso de llenado de agua de garrafón, pero no es suficiente para tener una mejora continua, ya que para esto hay que darle seguimiento y seguir trabajando y mejorando como empresa para no estancarse o retroceder a lo mismo, o incluso en casos extremos, hacia lo peor.

Introducción

Para Ferguson (2013), el concepto SMED fue desarrollado por el ingeniero industrial japonés Shigeo Shingo mientras trabajaba con Toyota en la década de 1960. Shingo vio que el mayor cuello de botella de Toyota era el tiempo que se tardaba en cambiar los troqueles en las grandes máquinas de estampado de transferencia que producían paneles de carrocería de automóviles.

Para Socconini (2019) significa el cambio de herramientas en un solo dígito de minuto, es decir, en menos de diez minutos. Además, agrega que el tiempo de cambio es el tiempo que transcurre desde que sale la última pieza buena de un lote anterior hasta que sale la primera pieza buena del siguiente lote después del cambio. SMED se utiliza cuando se necesita reducir tiempos de ciclo, aprovechando al máximo el tiempo disponible para producir y utilizando menos tiempo para cambiar herramientas.

El sistema (*single minute exchange of die*) SMED nació por la necesidad de lograr la producción JIT (*just in time*). Es una de las piedras angulares del sistema Toyota de fabricación y fue desarrollado para acortar los tiempos de la preparación de máquinas, intentando hacer lotes de menor tamaño (esto significa que pueden satisfacer las necesidades de los clientes con productos de alta calidad y bajo costo, con rápidas entregas sin los costos de *stocks* excesivos) (Lefcovich, 2006).

Según Mauricio (2006), partiendo de las ideas y conceptos generados por Shigeo Shingo, las cuales permitieron hacer realidad el *just in time* como revolucionario sistema de producción, mediante la reducción a un dígito de minuto del tiempo necesario para cambiar las herramientas o preparar éstas a los efectos del siguiente proceso de producción, se hizo posible reducir a su mínima expresión los niveles de inventario, volviendo más flexibles los procesos productivos, reduciendo enormemente los costos e incrementando los niveles de productividad.

Esta nueva óptica o forma de ver los procedimientos parte de la necesidad imperiosa de no amoldarse sólo a los procesos tradicionales objetos de análisis por parte de Shingo, los cuales estuvieron por sobre todas las cosas vinculadas a labores y actividades metal-mecánicas, dado su especial interés en principio en la producción automotriz (sistema de producción Toyota/*just in time*) (Lefcovich, 2006).

Una problemática recurrente en las empresas es que carecen de estandarización de procesos, tiempos y tienen una nula actualización de métodos de trabajo. Por ello es necesario realizar un análisis sobre el estudio del trabajo que permita identificar los factores que influyen tanto de forma individual como a nivel organizacional, además de proporcionar un incremento de la eficiencia y eficacia de las operaciones efectuadas durante el proceso productivo, lo cual nos permitirá disponer de información para llevar a cabo una toma de acciones preventivas o correctivas, dando como resultado una industria más competitiva.

La problemática encontrada en la empresa del estudio es que no tiene un procedimiento estandarizado que seguir, por lo cual la variación en tiempos, calidad y procesos se da cada vez que se realiza una orden por parte del cliente, teniendo en este mismo proceso tiempos improductivos que se identifican como movimientos innecesarios.

Con base en esta problemática nos planteamos los objetivos que deseamos alcanzar. Con un estudio del trabajo se planea incrementar la productividad de la empresa, también la reducción del tiempo suplementario o tiempo improductivo. A su vez, se pretende alcanzar la mejora de la calidad de los productos y de los sistemas productivos y por último, buscamos incrementar la motivación de los trabajadores para de este modo tener una mayor flexibilidad a los requerimientos del cliente. Las etapas de realizar un estudio del trabajo son las siguientes:

- Método de trabajo
- Medición del tiempo
- Diseño del puesto
- Seguridad e higiene industrial

Se busca aplicar la metodología llamada SMED ya que con esta herramienta se busca una descripción detallada y clara de los procesos de las máquinas, para de este modo minimizar errores, aumentar la capacidad y flexibilidad, y del mismo modo generar un aumento de tiempo de respuesta al cliente.

El alcance que vamos a tomar en cuenta en este estudio lo delimitamos desde que recibimos la orden del producto por parte del cliente, hasta la entrega del mismo. Lograr un incremento en la productividad se ha convertido un reto necesario para que un mayor número de establecimientos se acerquen a la introducción de nuevas tecnologías. En investigaciones anteriores se han mostrado los rezagos que existen entre pequeñas y grandes empresas, los cuales parecen subsistir en la actualidad.

Materiales y métodos

Sujeto de estudio

La empresa purificadora de agua cuenta con menos de 10 empleados a su disposición, por lo cual podemos decir que es una micro empresa. Se encuentra en el sector de servicio y comercial, que consiste en la producción y comercialización de agua purificada.

Tiene el área de llenado, en el cual según la hora se encuentra un trabajador dentro de la empresa, quien es el responsable de llenar los garrafones que los

clientes lleven o los que se van a entregar, vender las botellas y atender cualquier problema. También tiene el servicio a domicilio, el cual consta en llevar los garrafones de agua a cualquier domicilio que se le solicite.

Esta empresa tiene como principal cliente a la sociedad en general: familias, oficinas y locales, al igual que el personal, cualquier persona que consuma cotidianamente agua y cuide de su salud o lleve una vida saludable es cliente para esta micro empresa.

El producto principal es el embotellamiento de agua purificada en tanques de 19 L. Así como el llenado en piso (en algunas ocasiones cuenta con llenado a domicilio). Ofrecen productos complementarios como agua embotellada en embaces de $\frac{1}{2}$ L, 1 L y galón para consumo doméstico y comercial.

Los procesos con los que cuenta la empresa son los siguientes:

- Descarga y limpieza del agua
- Osmosis inversa y turbidez
- Luz ultravioleta
- Suavizamiento con carbón
- Almacenamiento
- Agua purificada lista para el consumo
- Se embotellan cierto número de botellas
- Se llenan garrafones para entregar
- Sale camión para entregar en servicio a domicilio

Procedimiento

El objetivo es mejorar eficaz y eficientemente el proceso de llenado de garrafón aplicando la metodología SMED y para esto seguimos los siguientes pasos:

- Paso 1. Definir el mapa de procesos. Se clasifican los procesos en estratégicos, claves y de apoyo.
- Paso 2. Observar el proceso a mejorar. Realizamos un gemba para conocer todo el proceso de llenado de garrafón.
- Paso 3. Medir indicadores iniciales. Sacamos el tiempo de respuesta y la productividad.
- Paso 4. Elaborar el diagrama de flujo del proceso. Se dibuja el proceso linealmente.
- Paso 5. Identificar los desperdicios en cada operación (muda). Se analiza el procedimiento en busca de los posibles desperdicios que generan tiempos muertos.
- Paso 6. Reducir los tiempos de preparación del *set-up* (SMED). Reducir el tiempo de producción en todo el proceso.

Materiales

Para llevar a cabo el procedimiento fue necesario ir a la empresa y ver su proceso en operación, ocupamos una libreta y lápiz para anotar los datos correspondientes, cronometro (de celular) para la toma de tiempos, algunas fórmulas como la de la productividad y el *software* Microsoft Office Word para la elaboración del mapa de procesos, diagrama de flujo y SMED.

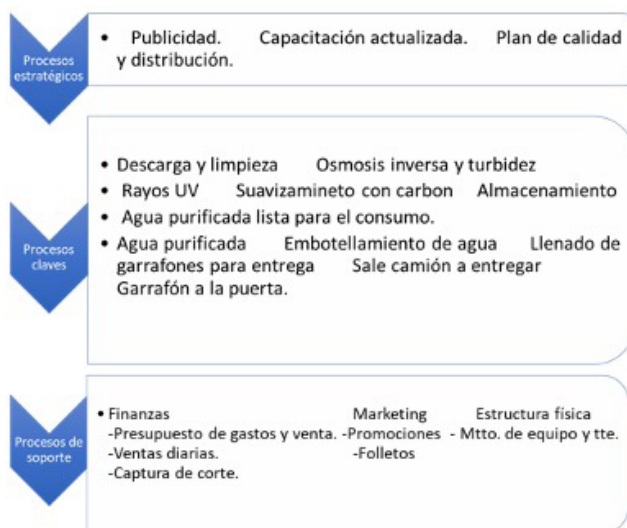
Resultados y su discusión

Mapa de procesos

Con base en la información recopilada en la empresa, clasificamos los procesos en estratégicos, claves y de soporte, para poder interrelacionarlos entre sí. Como se puede apreciar en la Figura 1, en el mapa de procesos observamos que comienza con los procesos estratégicos que son aquellos directamente vinculados a los bienes producidos o a los servicios que se prestan y, en consecuencia, orientados al cliente/usuario.

En el medio se tienen los procesos claves, que son necesarios para el brindar el servicio de llenado de agua de manera correcta. Y hasta abajo, pero no menos importantes, se encuentran los procesos de soporte, que dan apoyo a los demás procesos (estratégicos, claves) para su correcto funcionamiento.

Figura 1. Mapa de procesos



Gemba

Uno de los elementos clave y que más poder han dado al QFD (despliegue de la función de calidad) es el énfasis en “ir al gemba” (gemba es el lugar donde el producto o servicio adquiere su valor para el cliente). Las “visitas al gemba” deben ser cuidadosamente planeadas, para poder obtener la verdadera “voz del cliente” (Mazur, 2000).

Gemba es una parte fundamental de la filosofía Lean que tiene como objetivo principal conocer el proceso, observar y verificar lo que está ocurriendo; es algo que cada líder debería practicar periódicamente para impulsar una cultura de mejora continua.

En la empresa purificadora de agua realizamos un gemba para conocer todo el proceso de llenado de garrafón, desde que el cliente llega con su garrafón en su auto hasta cuando se va. Nos realizamos preguntas respecto al proceso como: ¿por qué se hace así?, ¿no hay otra manera? También se hicieron otras preguntas más, para así prepararnos y entender todo de raíz y poder comprender el proceso.

Esto generó mejor entendimiento sobre el proceso y así se pudieron lograr nuevos objetivos como:

- Aprovechar el espacio que se tiene
- Optimizar los tiempos de llenado
- Disminuir el número de errores en el cliente
- Adaptarse a las necesidades del cliente
- Tener mayor rapidez en producción

Indicadores iniciales

Tiempo de respuesta:

Tiempo que espera el cliente en ser atendido

2:55 minutos

Productividad:

(Número de clientes atendidos/cantidad de personal) (hora) =

$(8/1)(8) = 64$

Inventario

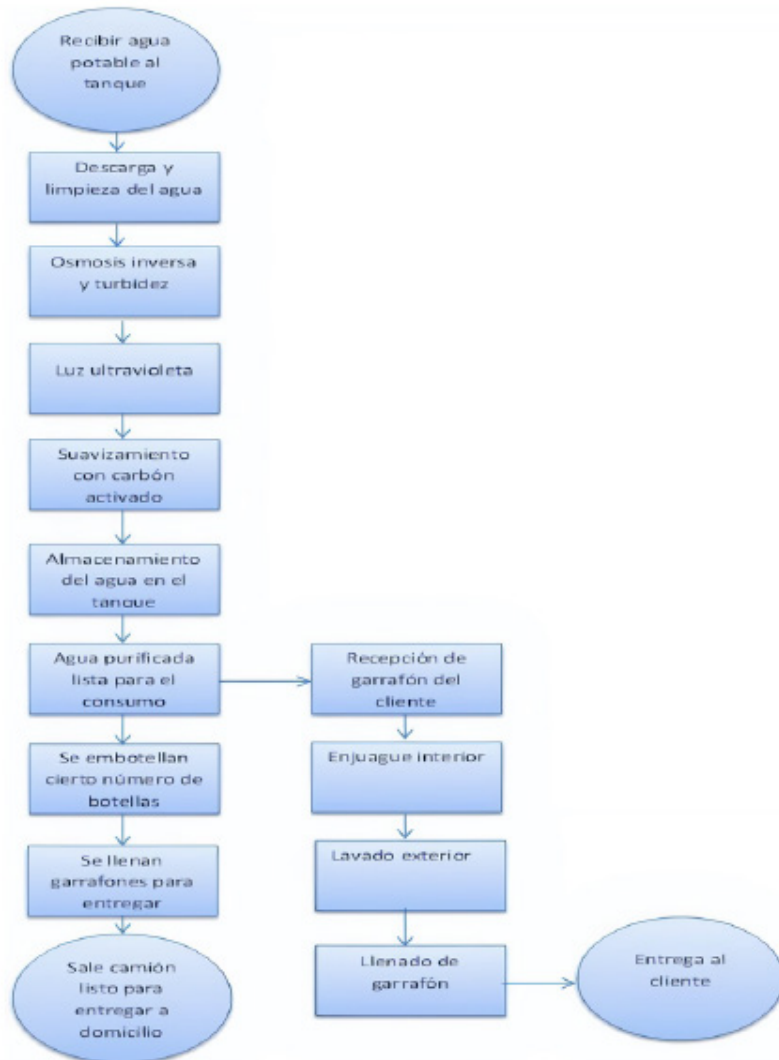
Número de clientes en espera

0

Diagrama de flujo

Como se puede apreciar en la Figura 2, se muestra todo el procedimiento de llenado de garrafón de forma lineal, hasta la entrega al cliente o la entrega a domicilio, dependiendo del servicio que requiera el cliente.

Figura 2. Diagrama de flujo



Identificar las mudas el proceso

Entre los desperdicios que se reconocieron en las operaciones, se identificó la búsqueda de las herramientas de limpieza a la hora de realizar los enjuagues interiores y exteriores del garrafón de agua, ya que están en otra sección del lugar.

SMED

Como se puede apreciar en la Tabla 1, analizamos los procesos con la finalidad de encontrar los desperdicios para poder darles una acción de mejora y reducir los tiempos muertos. Dividimos las tareas en interiores y exteriores con el fin de detectar problemas básicos que forman parte de la rutina de trabajo.

Tabla 1. *Single Minute Exchange of Die (SMED)*

Núm.	Elemento del <i>setup</i>	Tiempo individual	Tiempo acumulado	Int.	Ext.	Muda	Acción mejora	Eliminar	Interno a externo	Reducir
1	Ir por el garrafón de agua al auto	15 s	15 s	X			Que el cliente lo baje o utilizar un diablito para transportarlo			X
2	Ir por las herramientas para limpiar el garrafón	5 s	20 s	X		X	Las herramientas ya deben estar a la mano en el área de limpieza	X		
3	Enjuagar el garrafón interior	40 s	1 min	X			Utilizar herramientas automáticas y de mayor presión			X
4	Enjuagar el garrafón exterior	25 s	1.25 min	X			Realizar el enjuague exterior e interior al mismo tiempo			X
5	Llenar el garrafón con agua	50 s	2.15 min				Más presión de agua en el llenado			X

6	Sellar el garrafón con la tapa	10 s	2.25 min	X	X		Tener las tapas listas para insertar			X
7	Secar el garrafón	15 s	2.40 min	X			Usar más material para secarlo			X
8	Llevar el garrafón de agua al auto	15 s	2.55 min	X			Que el cliente lo baje o utilizar un diablito para transportarlo			X

Nos encontramos con que en el proceso número 2, el operador tiene que ir a buscar las herramientas de limpieza y esto genera una muda, la cual retrasa en general a todo el proceso de llenado de garrafón. Por eso optamos por darle una opción de mejora: las herramientas de limpieza deben de estar en el área de limpieza en su mesa de trabajo, listas para su utilización y a la mano.

Mientras tanto, en los otros procesos se agregaron algunas acciones de mejora que se pudieran implementar para lograr reducir los tiempos de entrega.

Si utilizamos el análisis costo-beneficio como herramienta de selección de proyecto, sería un proyecto viable de implementar, ya que se trata de un proyecto en el cual no se plantea realizar alguna inversión inicial como parte de la implementación; solamente se buscaría eliminar acciones innecesarias en el proceso y reducción de tiempos en los demás procesos, todo mediante un estudio de tiempos. Entonces se plantea que entre los beneficios que se van a adquirir, el proceso se realizará en menos tiempo, generando una oportunidad de ofrecer el producto en menor tiempo y atender a más clientes. De este modo se tendrá más oportunidad de aumentar ventas.

En cuanto a tiempos, si se realizan modificaciones en el proceso sería posible disminuir los tiempos de 2:55 minutos del proceso actual hasta 2:30 minutos, generando una mejora de aproximadamente un 15% en reducción de tiempos.

Conclusiones y recomendaciones

Con base en la información que se estudió se concluye que implementar estas metodologías es de gran utilidad porque se garantiza una mejora. Pero no siempre es de esta manera, ya que para ello se necesita tener un seguimiento.

Con el análisis realizado se pudieron implementar formatos para el control y mejora del proceso de llenado de garrafón de la empresa purificadora de agua, así como el registro de habilidades y tiempos de los trabajadores al momento

de realizar el procedimiento de llenado de garrafón, debido a que este proceso se realizaba de manera desordenada e empírica.

El aplicar estas metodologías funcionó para realizar una estandarización en el proceso de llenado de garrafón.

Como recomendación a esta empresa sugerimos estandarizar un proceso para así ahorrar más tiempo y evitar las mudas que se observaron en su proceso de llenado logrando de esta manera tener un control y mejora continua.

Referencias

- G. Mazur, "Introduction to QFD workshop", QFD Institute, Japan Business Consultants, 2000.
- L. Ferguson. D. (2013). Removing the Barriers to Efficient Manufacturing Real-World Applications of Lean Productivity. Productivity Press, Primera edición 2013
- L. Socconini. (2019). Lean Manufacturing: Paso a paso. Alfaomega Marge Books, primera edición, 2019
- M. Lefcovich, (2006). Kaizen, la mejora continua aplicada en la calidad, productividad y reducción de costos: Ilustrados.com, pp 22-27.
- Shingo, S. (1987). The SMED system I: Theory and conceptual stages, Japón: Cambridge, MA and Norwalk, CT , 1987, Pág. 4.

Capítulo 3

Implementación de informe A3 para la reducción de recursos en proceso de tableros electrónicos

Elizabeth García Sañudo
David Portillo Rosas
José Eleno García Chávez
Allán Chacara Montes

Resumen

En una empresa de giro automotriz se opera un proceso de manufactura que atiende a la producción de dos altos corredores. Estos dos productos, llamados “cu” y “cuu” tienen costos de producción excesivos, por lo que se requirió intervención de ingeniería para revisar el proceso diseñado originalmente y así poder sustentar el porqué de su alto costo de producción, sus cuellos de botella y su excesivo retrabajo. Con base en un informe A3, se determinaron cuáles eran las actividades más costosas, las ventajas y desventajas de tenerlos, así como sus limitaciones o por qué se diseñó de esa manera el proceso; además, se logró derivar que existían procesos que en lugar de aportar valor, restaban. El costo total de las actividades de estudio fue de \$103,265.33 pesos al mes, y se desglosa de la siguiente manera:

- Costo de materia prima: \$47,915.56 pesos mexicanos al mes.
- Costo de energía eléctrica: \$32,525.71 pesos mexicanos al mes.
- Costo de mano de obra (4 operadores): \$22,824.06 pesos mexicanos al mes.
- Además de los costos de operación, se presentan algunas condiciones riesgosas en el proceso, como:
 - El desecho de 40 L, de escombros de soldadura por mes.
 - Condiciones inseguras al personal por quemaduras de WaveSolder.

Los objetivos del proyecto fueron satisfactorios. Se logró que la máquina *pick & place* sustituyera la inserción manual generando un ahorro de \$103,265.33 pesos mexicanos al eliminar también la soldadora de ola y sus altos consumos energéti-

cos y de barras de soldadura mensuales; también, la mano de obra fue reubicada. El tiempo de producción por pieza se redujo a 57.32 minutos y el *takt-time* a 41 segundos.

Introducción

Es bien conocido que gracias a la mejora continua atacamos cualquier problemática existente y nos permite prevenir posibles fallas a futuro. “La mejora continua de procesos optimiza los procesos existentes mediante mejoras incrementales y la eliminación de operaciones que no aportan valor añadido”, “La evaluación de productos brinda retroalimentación respecto a la necesidad de mantener, mejorar o abandonar lo que está siendo evaluado”. Viendo esto, cualquier problema que resulte es una oportunidad de mejora evidente. Los indicadores nos arrojan síntomas que nos permiten identificar la causa raíz y atacarla para evitar que los problemas vuelvan a surgir a corto, mediano o largo plazo.

El autor de Toyota Kata, en su libro, nos menciona que “la palabra proceso se refiere a diferentes tipos de actividad, no tan solo a actividades de conversión de materiales, como estampación, soldadura, pintura, o ensamblaje”. En este caso, se refiere al proceso como actividad que genera la conversión de materiales en un producto final; sin embargo, se debe mencionar que no siempre es así. En el libro *Las claves del éxito de Toyota, 14 principios de gestión del fabricante más grande del mundo*, Jeffrey K. Liker describe la historia de cómo Ohno de Toyota descubrió las deficiencias que marcaban gran diferencia entre las industrias Ford y Toyota. En el inicio del libro, el autor expresa: “Ohno creía que Toyota necesitaba mejorar el flujo continuo y el mejor ejemplo, en estos momentos, se encontraba en la línea de montaje en movimiento de Ford”. Este consistía básicamente en reducir el proceso y agilizar la producción de autos de forma que los costos de producción bajaran y, por ende, los costos al cliente final.

La herramienta principal que se utilizó para el análisis fue el informe A3, el cual ayuda a identificar y dar a conocer de forma sencilla la mejora. El informe A3 sirve para transmitir información que puede condicionar las actuaciones de sus destinatarios (para tomar decisiones, llevar a cabo acciones, etc.). No obstante, es mucho más que un informe, ya que obliga a seguir una disciplina concreta que lleva a abordar los problemas de una forma muy ordenada y eficaz. El autor Manel Rajadell, en su libro *Creatividad: Emprendimiento y mejora continua*, menciona que elaboraban el informe de forma que les permitiera documentar un proceso complicado de resolución de problemas, sin usar una montaña de papel, y que actualmente se sigue empleando en multinacionales de primer nivel.

El informe A3 consta de varios elementos o pasos a seguir. Es importante completar el paso anterior, pues de lo contrario no se podrá determinar el siguiente, ya que van de la mano. Los elementos del informe A3 son:

1. Definir el problema
2. Situación actual
3. Situación objetivo
4. Análisis de las causas
5. Plan de acción
6. Seguimiento
7. Resultado

Como parte fundamental del proyecto se toma el dato del *takt time*, ya que al reducirlo se obtiene una mayor capacidad en el proceso, aunque no se utilice su capacidad total. En el libro *Manual práctico de diseño de sistemas productivos* menciona que “es muy frecuente encontrar la idea de que es más eficiente y productivo cuanto más rápido se produce, midiéndose el éxito del sistema por las cantidades producidas, olvidando los recursos que se gastan para ello”; sin embargo, existe problema cuando la demanda es incrementada y la capacidad de producción es limitada por el proceso.

Se visualizan los altos costos de producción en dos de los productos estrella o altos corredores de la empresa de giro automotriz, identificando cuáles son las operaciones que generan mayor costo de producción, siendo estas: inserción manual, ya que es una operación dedicada únicamente a colocar un componente llamado “P2” pudiendo ser colocado por la máquina de *pick and place* (automatizarla); la soldadora de ola o *wave solder*, esta operación que se dedica a soldar el componente “P2”, pero debido a que la soldadura es totalmente fundida solía dañar otros componentes, este proceso se puede sustituir con el horno de reflujo; y por último, el *touch up*, dicha operación era reconocida como parte natural del proceso, ya que retrabajaban todos los defectos que salían de la *wave solder*. En un muestreo que se realizó se obtuvo que aproximadamente 60 de 100 piezas se tenían que retrabajar por defectos ocasionados en la *wave solder*.

Inicialmente el proceso fue diseñado de esta forma, ya que en su momento resultó eficiente; sin embargo, al correr el producto no se hicieron mejoras, dejando la corrida piloto como una corrida permanente en producción y aun sabiendo los problemas, las mejoras se postergaron hasta el punto en el cual el proceso pareciera inmejorable. Volviendo a hacer un análisis del estado de los procesos, ha resaltado la alta inversión de recursos, por lo que se decidió rediseñar el proceso. Otras herramientas usadas para poder llevar a cabo el proyecto fueron: el PFMEA, Work Instructions, toma de tiempos y movimientos, programación para la automatización

del proceso productivo, entre otros. Disminuir los costos de producción, el *takt time* y automatizar la línea de producción son los objetivos que se pretende alcanzar con la ayuda del informe A3, el cual emplea diversas herramientas, tales como: PFMEA, diagramas de flujo del procesos, toma de tiempos y movimientos y análisis estadístico, todo con la finalidad de atender la problemática.

Materiales y métodos

Sujeto de estudio

La empresa automotriz dedicada principalmente a la fabricación de tableros electrónicos nació de la estrategia de integración vertical que ha seguido con éxito durante los últimos 50 años. A medida que crecía el negocio de proporcionar soluciones integrales, creó el catalizador para expandirse al mercado de servicios de fabricación en general. En 1990, se estableció la capacidad del ensamblaje de cables internos y ensamblaje de PCB en las instalaciones de California y sudeste asiático. Durante los últimos 30 años ha añadido instalaciones de fabricación en los EE. UU., Inglaterra y Singapur; además, se invirtieron operaciones en México y el sudeste asiático.

La industria de estudio brinda servicios de línea cautiva para clientes clave en la industria automotriz. La instalación cuenta con capacidades de prueba y ensamblaje de PCB altamente automatizadas con controles de proceso exhaustivos, utilizando el sistema Aegis MES.

En dicha empresa, se manufacturan dos altos corredores con grandes consumos de recursos, pues su producción semanal promedio es de 12,000 piezas por cada producto. Estos altos corredores llamados “cu” y “cuu”, a pesar de ser vendidos a bajo costo su proceso no lo es, y el tiempo de producción es alto por los cuellos de botella y el retrabajo.

El proceso abarca desde que se recibe el material hasta que se hace el empaque para el cliente, pasando por diferentes estaciones, como lo son: almacén, SMT, inserción manual, *conformal coating*, pruebas ICT y FCT, inspección final, empaque final. Este proceso fue estudiado y analizado cuidadosamente después de 2 años de su corrida piloto (misma que se convirtió en su corrida final para producción), detectando las actividades que requieren ser mejoradas para reducir los costos de producción de dichos productos.

Procedimiento

La herramienta empleada en el proyecto fue el informe A3, el cual corresponde al sistema de producción de TOYOTA TPS, y consta de los siguientes pasos:

1. Definir el problema.
2. Se plasma de forma clara el problema, de preferencia con datos cuantitativos.
3. Situación actual.
4. Descripción del proceso actual donde está ubicado el problema. Se pueden utilizar diagramas.
5. Situación objetivo.
6. Representar gráficamente la situación ideal, de preferencia que muestre los mismos indicadores de la situación actual. De esta manera podrán hacer una comparación.
7. Análisis de las causas.
8. Se muestran gráficas o tablas de herramientas que ayuden al análisis para determinar la causa raíz.
9. Plan de acción.
10. Describir las acciones que se deben tomar para lograr la mejora del proceso.
11. Seguimiento.
12. Procurar que no ocurran incidencias del problema atacado. Es por eso que se deben establecer controles que apoyen al seguimiento de la mejora.
13. Resultado.
14. Debe mostrar qué se logró con la mejora realizada.

Materiales

- Formato A3

Resultados y su discusión

Definir el problema

Se identifica el proceso para ambos productos, el cual era muy similar. Solo existía una pequeña variación en el proceso, lo demás era cambio en el *set up* de SMT.

Durante la observación de los procesos actuales resaltaron 3 actividades: inserción manual, *wave solder* (soldadora de ola) y *touch up*. Estas actividades son dedicadas a instalar un conector USB llamado “P2” en los tableros electrónicos. Sin embargo, el hecho de que *touch up* se considerara parte del proceso natural del producto indica una deficiencia en el proceso, pues 60 de 100 piezas eran reparadas en

esa estación de trabajo. Inicialmente así se diseñó el proceso, siendo éste el provisional, pero por cuestiones de rotación de personal el proceso que era “provisional” se convirtió en permanente.

Se realiza la toma de tiempos y evaluación de costos de operación de esas 3 actividades, los cuales son desglosados de la siguiente manera:

- Costo de materia prima: \$47,915.56 pesos mexicanos al mes.
- Costo de energía eléctrica: \$32,525.71 pesos mexicanos al mes.
- Costo de mano de obra (4 operadores): \$22,824.06 pesos mexicanos al mes.

Además de los altos costos de operación, se presentaban algunas condiciones no deseadas en el proceso, como:

- El desecho de 40 kilos de escombros de soldadura al mes.
- Condiciones inseguras en la operación por quemaduras de la *wave solder*.

El proceso actual ocasionaba un cuello de botella debido a la inserción manual, la soldadora de ola y *touch up*, ya que en promedio solo 40 de 100 piezas salían sin defecto de soldadura y pasaban el IPC de calidad. El resto de las piezas se retrabajaban en la estación de *touch up*, si es que tenían solución.

Actualmente el *takt time* es de 50.4 segundos.

a. Situación actual

Una vez definido *process flow chart* identificado actual (figura 1), se procede al análisis visual. Se observa la corrida en todas las estaciones, para obtener así un panorama más amplio de las mejoras que se realizarían, y ayudar a definir el proceso de mejora.

b. Situación objetivo

Con la mejora se pretende eliminar por completo del proceso productivo las actividades de inserción manual, *wave solder* y *touch up*, como se muestra en la Figura 2 (autonomía del autor), por medio de herramientas como el PFEMA, diagramas de flujo de procesos, análisis estadístico, toma de tiempos y movimientos, los cuales serán parte fundamental para poder lograr implementar el informe A3 y lograr eliminar los cuellos de botella, agilizar el tiempo de producción al reducir el *takt time*, y reducir costos de producción.

Figura 1. *Process flow chart* anterior, autonomía del autor

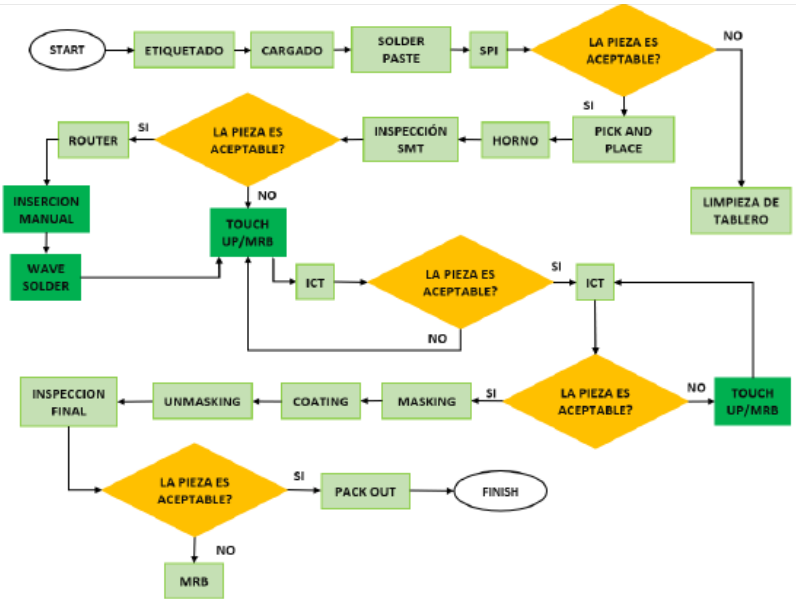
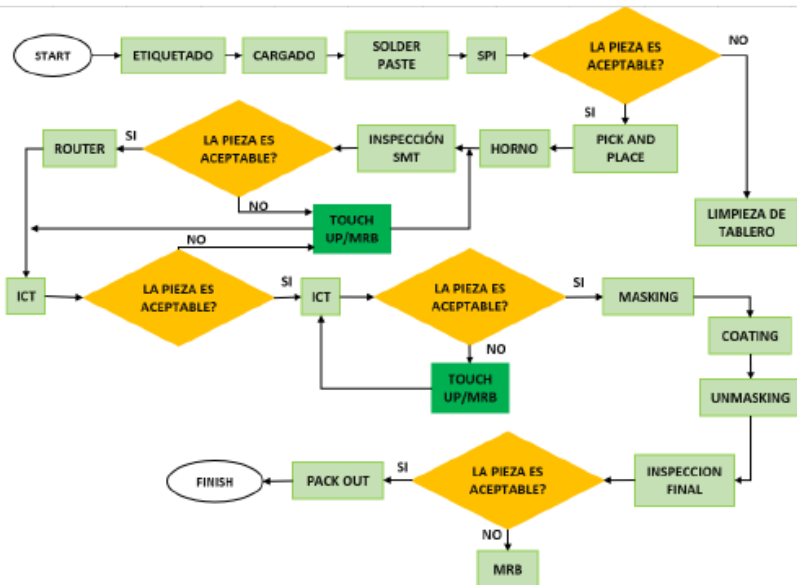


Figura 2. *Process flow chart* actual, autonomía del autor

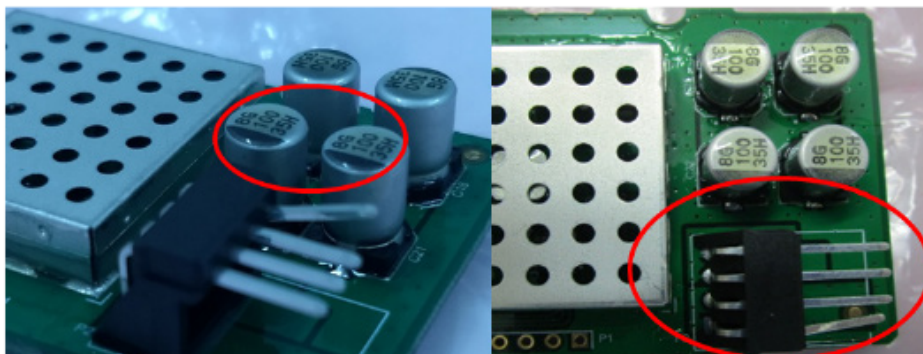


Análisis de las causas

Por medio de un PFMEA se identifican las posibles fallas que podrían suceder en todo el proceso para ambos productos. Gracias a ello se logra identificar que la máquina *pick and place* en ocasiones coloca los componentes desalineados, con polaridades invertidas o simplemente no los coloca; además de que la maquina tira cierta cantidad de componentes y esto podría ocasionar cortos de material si no se consideran esos desperdicios de la máquina. Por otro lado, existe una máquina o proceso previo a este, llamado: *solder paste* (empastadora de soldadura), maquina por medio de la cual se aplica la soldadura en pasta a los tableros con ayuda de un estencil. Sin embargo, en ocasiones la máquina pone soldadura insuficiente e impide la inserción de los componentes, así que se optó por rediseñar el estencil para colocar el conector P2 y programar la instalación en la maquina *pick and place*. De esta forma se podría eliminar la inserción y, por consecuencia, eliminar el uso de la soldadora de ola y el *touch up*.

Durante el proyecto de mejora se identificó la razón por la cual se había diseñado de esa manera el proceso, ya que el componente P2 salía levantado, pues el centro del componente no estaba equilibrado gracias a que este tiene pines alargados (figura 3); además, se creía que la máquina *pick and place* doblaba los pines del conector P2, pues llegaban a la inspección final con ese problema. No obstante, después se descartó esta condición, ya que no era ahí donde se doblaban, si no por la mala manipulación de la pieza en el proceso de empaque final; al pasar por el horno de reflujo el plástico del cuerpo del conector se deformaba, pues el calor derretía la base del componente, por lo que al ver este problema se prefirieron agregar 3 actividades al proceso solo para la colocación de ese componente. Se mostró la problemática al proveedor, por lo que se buscó una alternativa para atender dicho problema.

Figura 3. Conector P2 con pines doblados



Plan de acción

Con el análisis previo se logra visualizar las mejoras que se realizarán, y una vez aprobada por el cliente y el resto de los departamentos involucrados, se procede a la implementación de la mejora, la cual se describe a continuación:

- Se rediseñó y compró el esténcil nuevo para el producto, siendo este colocado en la máquina *solder paste*. El costo del esténcil fue de \$1,399 MXN por producto; es decir, por ambos se pagaron \$2,798 MXN.
- Se realizaron pruebas en la programación de la empastadora para reducir la probabilidad de que faltara o sobrara la pasta de soldadura en el tablero. De este modo, se logró suministrar la cantidad ideal para que el producto cumpliera con el IPC de aceptación.
- Se programó la máquina *pick and place* para la inserción/colocación del componente “P2” y se pidió al proveedor que cambiara su presentación a rollo para poder instalarlo en la máquina, ya que anteriormente tenía una presentación en tiras.
- Se modificó la plantilla de inspección de calidad para que se pudiera visualizar la faltante de componentes.
- Se rediseñó la caja de empaque final al cliente para evitar que los pines del componente se doblaran.
- El proveedor creó nuevas especificaciones. Pedimos un material más resistente a altas temperaturas y 0.23 gramos más pesado para lograr un balance y evitar que el componente se ladeara hacia el frente.

Seguimiento

Para controlar la mejora realizada, se actualizaron las ayudas visuales, se entrenó al personal para dar a conocer el cambio, el personal de almacén y producción conoció el cambio que hubo en el *loading list, set up*, la nueva presentación del conector P2, y el nuevo flujo de proceso. Se siguió estudiando la mejora por los siguientes 2 meses para ver si no ocurría una reincidencia del problema antes de cerrar la mejora. Nunca ocurrieron de nuevo los problemas.

Resultado

Finalmente se eliminaron las operaciones de inserción manual, *wave solder* y *touch up* para estos productos, obteniendo un ahorro de \$94,593 MXN mensuales, es decir, \$1,135,116.00 pesos mexicanos anuales. El personal no fue liquidado, sino reasignado a otros procesos. Gracias a este cambio se pudo lograr la mejora del proceso, fue probado con éxito y los conectores fueron colocados de forma automatizada.

Una vez realizadas las pruebas y corridas piloto del nuevo proceso se obtuvo un resultado favorable, ya que, efectivamente, el cuello de botella se eliminó al quitar del proceso el *touch up* como parte natural de la producción; el *takttime* se redujo a 37.2 segundos permitiendo una mayor capacidad de producción; se realizó la actualización del *Process Flow Chart* de ambos productos CU (T100171) y CUU (T100172) (Figura 2), y se dio a conocer al personal de producción.

La inversión de la mejora se basó únicamente en la compra de los estenciles, con un costo total de \$2,798 MXN. La plantilla de inspección se elaboró dentro de la empresa por lo que no se genera un costo de compra pero sí de materia prima en el área de moldeo.

Conclusiones y recomendaciones

Gracias a los resultados obtenidos se llegó a la conclusión de que todo tiene mejora, y al inicio del diseño de procesos se deben tomar en cuenta cuestiones básicas para prevenir costos elevados o posibles problemas a futuro que perjudiquen tanto al trabajador, proceso, medioambiente, etc.

Se recomienda seguir monitoreando la mejora frecuentemente para evitar posibles reincidencias, así como seguir los controles y con ayuda de la inspección, detectar a tiempo cualquier anomalía. Seguir estableciendo controles e implementando la mejora continua en todos los procesos productivos permitirá que el producto no tenga fallas, que su costo de producción sea menor, hará los procesos más capaces, evitará accidentes de trabajo o lesiones y controlará el proceso en general.

Referencias

- González, E. J. M., García, N. A., & Caballero, G. J. (2019). *Integración de sistemas de automatización industrial*, edición 2019. Ediciones Paraninfo.
- Guerra-López, I. J. (2007). *Evaluación y mejora continua: Conceptos y herramientas para la medición y mejora del desempeño*. Authorhouse.
- Jamnia, A. (2016). *Design of Electromechanical Products: A Systems Approach*. CRC Press.
- Liker, J. K. (2020). Las claves del éxito de Toyota: 14 principios de gestión del fabricante más grande del mundo. En: *Las claves del éxito de Toyota: 14 principios de gestión del fabricante más grande del mundo* (pp. 56–58). Paidós.
- Martin, M. (2021). *Innovación y mejora continua según el modelo EFQM de excelencia*. FísicalBook.
- M. Rother (2017). Toyota Kata. *El método que ayudó a miles de empresas a optimizar la gestión de sus negocios*. Profit Editorial I.

Rajadell, M. (2019). *Creatividad: Emprendimiento y mejora continua* (1ª ed.). Reverte, S.A.
Suñe, A. (2010). Capacidad y productividad. *En Manual práctico de diseño de sistemas productivos* (spanish edition) (p. 99). Díaz de Santos.

Capítulo 4

Método OWAS para la evaluación ergonómica de un puesto de trabajo en un aserradero

Hernán Burgos Sánchez
Susana García Vilches
Mauricio López Acosta

Resumen

La presente investigación tiene como propósito evaluar las posturas adoptadas por un trabajador al ejecutar la actividad de elaboración de tarimas y así, establecer propuestas para reducir los riesgos ergonómicos que la ejecución de dicha actividad pueda ocasionar. Este estudio fue realizado en un aserradero ubicado en Navojoa, Sonora, al empleado del área de producción. La investigación estuvo basada en la metodología para la evaluación ergonómica *Ovako Working Analysis System* (OWAS), con el fin de identificar las posturas más riesgosas que adopta el trabajador mediante la clasificación de estas en posibles combinaciones; para ello se observó y filmó el trabajo realizado y posteriormente se analizó. Con este estudio se identificaron 33 posturas diferentes que podrían repetirse durante el proceso. Asimismo, se determinó que la postura que más se repite es la posición número 1 con código de postura 1-1-7-1, donde el operador se encuentra andando con espalda recta, brazos por debajo del nivel de los hombros y con una carga menor, con 15 repeticiones. Por otra parte, la postura con más riesgo es aquella donde el trabajador, con ambas piernas flexionadas y con la espalda doblada e inclinada hacia adelante, intenta tomar una herramienta de trabajo encontrada casi al nivel del suelo. Por otro lado, de acuerdo a las frecuencias, las partes del cuerpo que poseen un riesgo considerable son espalda, piernas y brazos, en ese orden. Finalmente, se realizaron propuestas a corto y mediano plazo, para disminuir los riesgos detectados en las posturas de la actividad evaluada.

Introducción

Hoy en día, un aspecto que las empresas cuidan cada vez más es el diseñar sistemas de trabajo de manera que favorezcan la seguridad y la eficacia, teniendo en cuenta varios aspectos, tales como iluminación, temperatura, instalaciones, maquinaria y las necesidades propias del trabajador. La ergonomía busca establecer la mejor relación entre los aspectos mencionados, logrando así reducir los riesgos ergonómicos al realizar un trabajo.

De tal manera, la ergonomía es el estudio del trabajo en relación con el entorno en que se lleva a cabo y con quienes lo realizan. Se utiliza para determinar cómo diseñar o adaptar el lugar de trabajo al trabajador a fin de evitar los factores que pueden incidir en los distintos problemas de salud y de aumentar la eficiencia (Muñoz & Velasco, 2015).

Los métodos de evaluación ergonómica permiten identificar y valorar los factores de riesgo presentes en los puestos de trabajo para, posteriormente, con base en los resultados obtenidos, plantear opciones de rediseño que reduzcan el riesgo y lo sitúen en niveles aceptables de exposición para el trabajador. La exposición al riesgo de un operador en un puesto de trabajo depende de la amplitud del riesgo al que se expone, de la frecuencia del riesgo y de su duración (Diego-Mas, 2015).

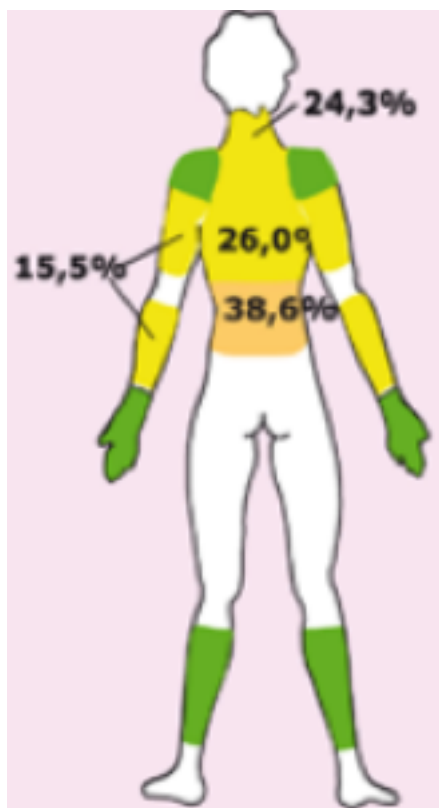
Según la Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo, los Trastornos Musculoesqueléticos (TME) de origen laboral son alteraciones que sufren estructuras corporales como los músculos, articulaciones, tendones, ligamentos, nervios, huesos y el sistema circulatorio, causadas o agravadas por el trabajo y los efectos del entorno en el que este se desarrolla, afectando principalmente a la espalda y al cuello, aunque también pueden afectar a los hombros, extremidades superiores e inferiores (Trastornos musculoesqueléticos, 2016).

De acuerdo con la Organización Internacional del Trabajo, los TME se encuentran entre los problemas más importantes de salud en el trabajo, tanto en los países desarrollados industrialmente como en los que se encuentran en vías de desarrollo, lo que implica costos elevados e impacto en la calidad de vida siendo las molestias musculoesqueléticas más frecuentes aquellas que se localizan en la espalda, con un 38.6 en la zona baja y 26% en la zona alta (Echezuria, 2013) (figura 1).

Una dificultad importante a la hora de realizar la evaluación ergonómica de un puesto para prevenir los TME es la gran cantidad de factores de riesgo que deben ser considerados. Idealmente, en la evaluación de los riesgos asociados con los TME, todos los posibles factores de riesgo deberían ser medidos; sin embargo, resulta problemático considerar todos los riesgos simultáneamente, puesto que se conoce poco sobre la importancia relativa de cada factor y de sus interacciones.

Por lo tanto, para poder determinar los riesgos ergonómicos existentes, es necesario hacer un análisis que permita evaluar la magnitud de estos, es por ello que existen métodos enfocados en el análisis de posturas y movimientos repetitivos. Tal es el caso del método de excelencia owas, desarrollado en la década de los 70 entre la Ovako Steel Company y el Finish Institute of Occupational Health en Helsinki.

Figura 1. Molestias musculoesqueléticas más frecuentes



El desarrollo de este método de análisis surge de la necesidad de identificar y evaluar posturas inadecuadas de trabajo; ya que muchas de las tareas que se desarrollaban en la industria del acero requerían de gran esfuerzo físico, por lo que acarrearaban problemas musculoesqueléticos que se reflejaban en un incremento en el número de incapacidades laborales y retiros tempranos (Bellorín, 2007).

Su metodología es sencilla, primero se debe observar la tarea a evaluar, después se delimitan las posturas de cada fase de trabajo, se categorizan y por último, se analizan teniendo en cuenta sus frecuencias de aparición (INSST, 2015).

Uno de los aspectos más importantes a cuidar en cualquier organización es el recurso humano. Primordialmente, se enfoca en disminuir la probabilidad de que en la realización de sus actividades, pudieran correr algún riesgo que desencadenara en un accidente. En su búsqueda constante por evitarlos, las empresas se han concientizado más en lo que esto representa, lo que las lleva a realizar evaluaciones ergonómicas (Guevara, 2015).

En la industria de la madera y el mueble, actividad de fabricación y otras manufacturas, en 2007 hubo 15,475 accidentes en jornada de trabajo con baja, según datos en el Anuario de Estadísticas Laborales y de Asuntos Sociales en España. Los accidentes con baja asociados a sobreesfuerzos físicos sobre el sistema musculoesquelético en esta rama fueron de 6,012 (Castelló, Piedrabuena, & Ferreras, 2009).

En la empresa Maderas y Tarimas Centenario no cuentan con antecedentes de una evaluación ergonómica, por lo que se cuestiona lo siguiente: ¿las posturas que adopta el trabajador al momento de realizar sus actividades diarias representan un riesgo para su salud?

Evaluar el grado de riesgo ergonómico en la elaboración de tarimas haciendo uso del método de evaluación ergonómica *Ovako Working Analysis System* (OWAS), que permitan identificar las posturas más riesgosas que adopta el trabajador mediante la clasificación de dichas posturas en posibles combinaciones.

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 (Memorias estadísticas IMSS, 2005-2017).

La industria de la madera y el mueble no es ajena a riesgos derivados de su actividad diaria, y que, a pesar de la disminución que ha tenido en los últimos años, aún cuenta con cifras alarmantes de accidentes de trabajo.

Como se menciona anteriormente, en esta rama de la industria, en 2007 hubo 15,475 accidentes en jornada de trabajo con baja. Los accidentes con baja asociados a sobreesfuerzos físicos sobre el sistema musculoesquelético en esta rama fueron 6,012 (Castelló, Piedrabuena, & Ferreras, 2009).

Maderas y Tarimas Centenario es una microempresa creada por el señor Burgos Lagarda, ubicada en Navjoa Sonora. Desde hace más de 20 años, la empresa se dedica al negocio de la madera, abarcando desde la elaboración de tarimas hasta la creación de ciertos tipos de muebles. Se ha logrado establecer como una maderera sólida encargada de suministrar tarimas a grandes empresas del sector, entre

ellas Celulosa y Corrugados de Sonora, enorgulleciéndose de su importante labor para el crecimiento de la región.

En la empresa bajo estudio no se tienen antecedentes de una evaluación ergonómica, lo que posiblemente derive en una mala adaptación de las condiciones de trabajo con las características del trabajador, teniendo consecuencias en la salud del trabajador, así como en la seguridad en el trabajo.

El motivo de la evaluación ergonómica del puesto de trabajo es establecer líneas de actuación que contribuyan de manera óptima a la prevención de los riesgos laborales ergonómicos de la empresa, evaluando aquellos que ocurren cuando el trabajador realiza sus actividades diarias de manera incorrecta, permitiendo así un aumento en la eficiencia.

La actividad a evaluar es la elaboración de tarimas de madera, específicamente en la actividad de ensamble, donde se busca valorar de manera conjunta todas las posturas adoptadas por el trabajador mediante el método OWAS.

Entre los beneficios que se obtienen del análisis mediante el método OWAS es que su aplicación proporciona buenos resultados, tanto en la mejora de la comodidad de los puestos, como en el aumento de la calidad de la producción, así como su capacidad para evaluar todas las posturas que adopta el trabajador al realizar sus actividades diarias (Guevara, 2015). Unos de los aspectos más importantes de la elaboración de este estudio es la relevancia social, la mejora que se obtendría de ser tomadas en cuenta las recomendaciones.

Materiales y métodos

Sujeto bajo estudio

La empresa donde se realizó esta investigación, como se mencionó anteriormente, es una que fábrica de tarimas y vende maderas para carpintería y construcción, donde se cuenta con variadas medidas en sus distintas presentaciones. La empresa es desde proveedor por mayoreo, hasta proveedor de trabajos con detallado fino específico, cuando un cliente requiere de algún mueble. Esto significa que la empresa cuenta con distintos clientes, lo cual la hace dinámica y diversa.

El sujeto bajo estudio se encuentra en el área de producción, es un trabajador dedicado a la elaboración de tarimas, donde recibe tablas como materia prima obteniendo tarimas como producto final. Las medidas dichas tarimas son de 40"x40" y un peso de 8 kg.

Entre las tareas que hace el trabajador elaborador de tarimas, se encuentra seleccionar las diferentes tablas, las cuales lleva de una pila de tarimas hacia su estación de trabajo. Estas tablas están acomodadas cada una por sus medidas. Des-

pués, va acomodando por pieza con ayuda de una pistola de clavos y une las tablas hasta formar la tarima. Por último, las apila hasta formar una torre, esperando a que llegue el montacarga a recogerlas y llevarlas almacén de producto terminado.

Procedimiento

Paso 1. Observación y recopilación

La aplicación del método comienza con el establecimiento del periodo de observación (entre 20 y 40 minutos de observación) y la frecuencia del muestreo (intervalos de entre 30 y 60 segundos). Después, se continúa a la observación de la actividad realizada por el trabajador durante el periodo definido y se registran las posturas a la frecuencia del muestreo.

Paso 2. Codificación de las posturas observadas

Asignar 4 dígitos (figura 2) a cada postura registrada en función de la posición de la espalda, los brazos, las piernas y de la carga soportada.

Paso 3. Calcular la categoría de riesgo de cada postura

Posterior a la codificación, se determina la categoría de riesgo de cada postura, reflejo de la incomodidad que supone para el trabajador. Esto permitirá identificar las posturas y posiciones más críticas.

Paso 4. Cálculo del porcentaje de repeticiones

El tratamiento estadístico de los resultados obtenidos hasta el momento permitirá la interpretación de los valores del riesgo. Se calculará el porcentaje de cada posición de cada miembro respecto al total de posturas adoptadas.

Paso 5. Cálculo de la categoría de riesgo para cada miembro, en función del porcentaje de repeticiones

Esto permitirá conocer qué miembros soportan un mayor riesgo y la necesidad de rediseño de la tarea.

Paso 6. Propuesta de acción correctiva.

Los valores del riesgo calculados para cada posición permitirán identificar aquellas partes del cuerpo que soportan mayor incomodidad y proponer acciones correctivas para el rediseño de la tarea evaluada.

Materiales

- Cámara fotográfica
- Hoja de cálculo

Resultados y su discusión

Observación y recopilación

Se decidió capturar 100 posturas, con frecuencia de muestreo de 30 segundos. Se grabó en dos partes, y se tomó captura (figura 3) en la frecuencia indicada.

Figura 3. Ejemplo de las posturas adoptadas por el trabajador



Codificación de las posturas observadas

Tomando como base las tablas 1, 2, 3 y 4 se le asignó a cada una de las posturas un “código de postura” y se agruparon, contabilizando el número de repeticiones en la celda de frecuencia (tabla 1).

Tabla 1. Posturas adoptadas por el trabajo

Postura Nº	Espalda	Brazos	Piernas	Carga	Frecuencia
1	1	1	7	1	15
2	1	2	2	1	10
3	2	1	4	1	7
4	2	2	2	1	6
5	2	1	2	1	5
6	1	1	4	1	4
7	2	3	4	1	4
8	3	2	2	1	4
9	1	3	2	1	4
10	1	2	4	1	3
11	1	3	3	1	3
12	4	1	2	1	3
13	1	3	7	1	3
14	1	1	3	1	3
15	2	1	7	1	2
16	1	1	2	1	2
17	3	2	3	1	2
18	2	2	4	1	2
19	2	1	5	1	2
20	4	2	4	1	2
21	3	1	2	1	2
22	3	3	2	1	1
23	2	2	3	1	1
24	3	1	4	1	1
25	3	1	3	1	1
26	2	2	7	1	1
27	1	3	4	1	1
28	3	1	7	1	1
29	1	2	3	1	1
30	3	3	3	1	1
31	1	2	7	1	1

Postura Nº	Espalda	Brazos	Piernas	Carga	Frecuencia
32	2	3	2	1	1
33	2	2	5	1	1

Donde la postura más repetitiva por parte del trabajador es la postura número 1 (figura 4), con un total de 15 veces.

Figura 4. Postura más repetida



Calcular la categoría de riesgo de cada postura

Después asignar un código de postura y agruparlos, se hizo el cálculo de la categoría de riesgo, donde la postura más riesgosa es la número 20 (figura 5).

Cálculo del porcentaje de repeticiones

Para considerar el riesgo de todas las posturas de forma global, se calculó la frecuencia relativa de cada posición adoptada por cada miembro. Es decir, en qué porcentaje del total de posturas registradas cada miembro se encuentra en una posición determinada (tabla 2).

Figura 5. Postura más riesgosa



Tabla 2. Porcentaje de cada posición de cada miembro respecto al total de posturas

Espalda		Brazos		Piernas	
1	50.00%	1	48.00%	1	0.00%
2	32.00%	2	34.00%	2	38.00%
3	13.00%	3	18.00%	3	12.00%
4	5.00%			4	24.00%
	100.00%		100.00%	5	3.00%
				6	0.00%
				7	23.00%
					100.00%

Carga	
1	100.00%
2	0.00%
3	0.00%
4	0.00%
	100.00%

Cálculo de la categoría de riesgo para cada miembro, en función del porcentaje de repeticiones

Una vez conocidas las frecuencias relativas, la consulta de la Tabla 1 permitirá conocer las categorías de riesgo para la espalda, los brazos y las piernas de manera global. A partir de esta información será posible identificar qué partes del cuerpo soportan una mayor incomodidad y decidir las medidas correctivas a aplicar (tabla 3).

Tabla 3. Categoría de riesgo para cada miembro en función del porcentaje de repeticiones

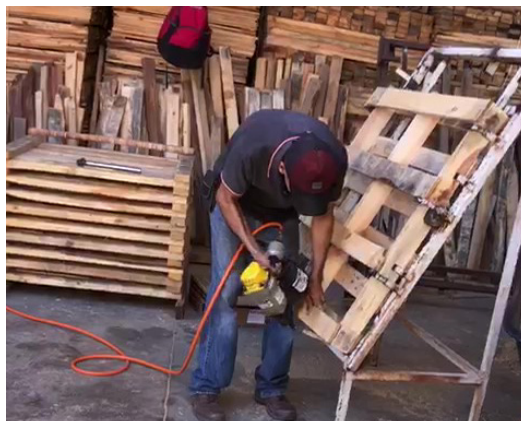
Espalda		Brazos		Piernas	
1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	1
3	1	2	2	3	1
4	1	3	1	4	2
				5	1
				6	1
				7	1

Propuesta de acción correctiva

Tomando en cuenta los datos mostrados anteriormente, el 2% de las posturas adoptadas es de categoría de riesgo 4, lo que significa que tiene efectos sumamente dañinos sobre el sistema musculoesquelético y requiere de acción inmediata. Como se aprecia en la Figura 7, el trabajador gira su cuerpo para alcanzar el instrumento de trabajo, por lo que se recomienda cambiar de lugar dicho instrumento a un sitio en el que le quede más cerca y no tan cercano al suelo.

La siguiente postura con más riesgo es la Figura 6, con categoría de riesgo 3 y con 7 repeticiones, la cual requiere acciones correctivas lo antes posible. Se propone que el trabajador busque otra posición, donde se busque tener la espalda recta o menos inclinada.

Figura 6. Segunda postura más riesgosa



Para la siguiente postura con categoría de riesgo 3 (figura 7)), se puede observar que el trabajador recoge las tablas de madera y cómo tiene que estirarse para poder alcanzarlas; incluso, se alcanza a apreciar que al momento de jalarlas se le vienen encima.

Figura 7. Postura Riesgosa



Por último, pero no menos importante, está la postura de la Figura 8, donde se muestra al trabajador apilando las tarimas de madera. Aunque no es una postura de alta categoría de riesgo, se sugiere proporcionarle una faja de seguridad al trabajador.

Figura 8. Postura riesgosa



Como acción correctiva, se propone apilar menos cantidad de tablas para que queden a la altura del trabajador, para poder evitar lesiones musculoesqueléticas y/o posibles accidentes causados por la caída de alguna tabla de madera.

Conclusiones y recomendaciones

La aplicación de la ergonomía trae consigo considerables beneficios, entre ellos condiciones laborales más sanas y seguras, así como un considerable aumento de la productividad. Un método de evaluación ergonómica permite identificar aquellas posturas que pudieran ser causantes de lesiones musculoesqueléticas, permitiendo aplicar acciones correctivas y, por ende, mejorar las condiciones de trabajo. No obstante, es sabido que el método OWAS es inferior en precisión comparado con otros métodos, ya que engloba rangos de peso. Por ello, en un mismo resultado, si varía el peso, tendrá mayor o menor afectación musculoesquelética. Esta aplicación nos dio la oportunidad de corregir errores simples, incluso con cierta lógica, pero que, por las prisas, el trabajador no detectaba. Tras la aplicación del método se detectaron 33 posturas diferentes en el procedimiento. De estas posturas obtuvimos distintos datos como que la postura número 1 presenta mayor frecuencia, con un total de 15 repeticiones, lo cual representa un 15% del procedimiento. Luego, al analizar los riesgos obtenemos que un 2% de las posturas son de riesgo 4, con un total de 2 posturas que necesitan corrección inmediata; en tema de frecuencias obtenemos un riesgo número 2 en cada una de las categorías, en los brazos con un 34%, en la espalda con un 32% y en las piernas con un 24%, excepto la carga con 100% riesgo número 1 con un peso menor a 10 kg. Por lo que se ve, los riesgos no son elevados, pero es recomendable accionar correctivamente para prolongar el daño acumulado y que no resulte ser letal para el trabajador.

Además de las recomendaciones mencionadas en el apartado de acciones correctivas, se recomienda realizar una evaluación más amplia de todos los puestos de trabajo en la empresa y que esto permita tener una base de datos, así como para evitar y/o prevenir lesiones musculoesqueléticas y/o accidentes de trabajo. Cabe destacar que el método debe escogerse con base en el factor de riesgo que se desea valorar, por lo que se recomienda una segunda aplicación de algún otro método ergonómico para complementar y profundizar la investigación, y obtener un resultado más real.

Referencias

Asensio Cuesta, S., Diego Mas, J. A. & Bastance Ceca, M. J. (2012). *Evaluación ergonómica de puestos de trabajo*. Paraninfo.

- Castelló Mercé, P., Piedrabuena Cuesta, A. & Ferreras Remesal, A. (2009). *Manual de Ergonomía del Sector de Transformados de Madera*. La Gráfica ISG.
- Diego-Mas, J. (2015). Evaluación postural mediante el método OWAS. Ergonautas, Universidad Politécnica de Valencia. [consulta 01-03-2020]. Disponible en: <http://www.ergonautas.upv.es/metodos/owas/owas-ayuda.php>
- Escalante, M., Nuñez Bottini, M., & Izquierdo Ojeda, H. (2018). Evaluación ergonómica en la producción. Caso de estudio: Sector Aluminio, Estado Bolívar. *Ingeniería industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias*.
- Gallego Fernandez, Y. (2001). *Métodos de la evaluación de la carga física de trabajo*. Mutual CYCLOPS.
- Garnita Gaitán, G., & Cruz Gómez, J. (2001). *Principios de ergonomía* (Segunda ed.). Editora Géminis Ltda.
- Llaneza Álvarez, J. (2002). *Ergonomía y psicología aplicada manual para la formación del especialista*. Lex Nova.
- Muñoz, M. & Velasco, Y. (2015). *Evaluación de posturas de trabajo en la actividad de archivar documentos de proyectos de investigación*.
- Sánchez, J. & Ordaz, C. (2013). *Análisis de posturas por el método OWAS incorporando una plataforma*. Universidad Tecnológica de Tecamachalco.
- Trastornos musculoesqueléticos. (s. f.). *Portal INSST*. <https://www.insst.es/trastornos-musculoesqueleticos1>

Capítulo 5

Reducción de costos de operación en una acuícola, mediante la aplicación de un sistema de inyección de gas a motores diésel estacionarios

Leonel Hernán Murrieta Domínguez
Allán Chacara Montes
Susana García Vilches

Resumen

Muchas empresas industriales tienen un alto consumo de insumos para elaborar sus productos. Dentro de la empresa camaronera bajo estudio se tiene un gran consumo de diésel, debido a que existen decenas de motores que funcionan las 24 horas del día, por lo que se tiene la necesidad de disminuir los consumos de diésel en los motores. Este estudio se centra en la conversión de un motor diésel para operar con dos combustibles a la vez lo que garantiza una combustión dual. Uno de los objetivos de este estudio es saber si instalar a cada uno de los motores un sistema de alimentación por gas garantizará un ahorro tanto en la compra de combustible como en su consumo. La información contenida en este documento, y que da fundamento a este proyecto, fue recabada durante el estudio realizado dentro una granja camaronera ubicada en Los Médanos, Sonora. Dicha empresa se dedica a la crianza y venta de camarón, teniendo como su principal actividad, la exportación de camarón hacia los mercados de Norteamérica y Europa. El estudio termina con la obtención de la información de uno de los motores de bombeo puestos en marcha, obteniendo datos reales que servirán para hacer un estimado del posible ahorro al instalar el resto de los equipos de conversión, ya que los 12 motores existentes poseen idénticas características de operación.

Introducción

El primer dispositivo que quemaba gas dentro de un cilindro fue creado por Jean Joseph Étienne Lenoir en 1860. Sin embargo, fue Nikolaus Otto quien desarrolló

un motor de combustión interna a partir del invento de Lenoir. No tenía una formación técnica sólida, pero en 1861 fabricó su primera máquina. En 1864 Otto fundó, en colaboración con el ingeniero y financiero Eugen Langen, una fábrica de motores que en 1872 cambió su nombre por el de Gas Motoren-Fabrik Deutz AG cerca de Colonia (Alemania). Ellos mejoraron el motor de combustión interna y en 1867 ganaron la medalla de oro en una exposición en París. Otto realizó notables estudios sobre el motor de gas y en 1876 llevó a la práctica la construcción del motor de combustión interna de cuatro tiempos (admisión, compresión, explosión y escape —el intercambio de gases es controlado por válvulas que abren y cierran los conductos de admisión y escape—). De este modo, creó una máquina motriz estática a partir de la cual desarrollaría el motor Otto. Éste se hizo famoso en todo el mundo como máquina para el accionamiento de vehículos, trenes, barcos y aviones. En los 17 años siguientes se vendieron más de 50,000 motores, muchos de los cuales se emplearon en fábricas de maquinaria. En 1886, el tribunal de justicia del imperio alemán anuló las partes más esenciales de la patente otorgada a Nikolaus August Otto para el motor de cuatro tiempos. Esta decisión supuso que la patente de Otto se hizo pública, por tanto, ocasionó el libre acceso al mercado para numerosos fabricantes de motores (Energiza, 2011).

Dentro de la empresa camaronera se tiene un gran consumo de diésel, debido a que existen motores de bombeos de agua, los cuales se encargan de dirigirla hacia los estanques donde habita el camarón, ya que estos estrictamente deben estar oxigenados las 24 horas del día. Por lo tanto, estos motores están encendidos la mayor parte del día, consumiendo grandes cantidades de combustible, por lo que se tiene la necesidad de disminuir los consumos de diésel en los motores.

Consecuentemente, se propone un proyecto de conversión de combustible para monitorear el comportamiento de un motor diésel estacionario, bajo diferentes condiciones de operación, modificando los porcentajes de inyección de diésel dentro del motor para lograr un funcionamiento. El motor es un Caterpillar modelo 3406 que cuenta con 8 cilindros.

Dicho modelo de motor es el empleado en los 12 estanques con los que se cuenta. Por otra parte, el modificar un motor a diésel para hacerlo operar con gas mejora la eficiencia de este, en cuanto a ruido, consumo y no se ve modificada la potencia. Entre otras ventajas, el diésel es el combustible más usado en el mundo, en cuanto a maquinaria pesada se trata; sin embargo, es uno de los combustibles que más alteran el medioambiente, ya que debido a las características de este, al ser quemado genera más emisiones y partículas dañinas. El motor diésel es un motor de combustión interna extremadamente fuerte en comparación a otros que utilizan combustibles alternos; por ello, al ser usado para mover enormes cargas de peso y arrastre, este consume enormes cantidades de su principal com-

bustible. Aquí surge la necesidad de combinarlo con otro combustible igual de importante y que garantice el ahorro deseado.

Se pretende dar a conocer los cambios necesarios a los interesados para convertir un motor estacionario para que opere simultáneamente con dos combustibles; es decir, tanto con diésel como con gas, dependiendo de los requerimientos de oxigenación de los estanques. Ello tiene el fin de mejorar el proceso productivo; es decir, modificar las operaciones mediante un sistema que cumpla con las características y necesidades propias de la planta acuícola, para determinar si se debe instalar a cada uno de los motores diésel un sistema de alimentación por gas. Esto garantizará un ahorro tanto en la compra de combustible como en el consumo de combustible de cada motor, con el fin de asegurar una ganancia como tal para la empresa.

Debido a la necesidad que se tiene de minimizar los gastos de operación en la planta acuícola, el proyecto a elaborar como propósito principal pretende un ahorro de combustible inmediato, ya que, comparando los precios del diésel y el gas natural, este último es un poco más del 50% más barato correspondiente al mes de septiembre del 2019 (Platts, 2019). Al utilizarse el gas como combustible se tendrá un ahorro de inmediato. Retomando lo del diésel como combustible, este es un hidrocarburo líquido que es un peligro latente por derrame en los estanques, ya que la acuícola, al ser una empresa que exporta la mayoría de sus productos al extranjero, debe manejar una excelente calidad en sus productos y que estos estén libres de residuos contaminantes. Al implementar este sistema de alimentación de combustible por gas natural, se contrarresta el riesgo de derrame en los estanques.

El proyecto abarca solo la estación de bombeo de agua del mar hacia los estanques, denominados áreas de cárcamos.

La autorización de las compras de los equipos de alimentación de combustible se ve un poco frenada, ya que depende de varias autorizaciones por la empresa. Los tiempos de entrega de los equipos de alimentación son un poco tardíos, ya que las piezas son enviadas desde el extranjero.

Materiales y métodos

Sujeto de estudio

La información contenida en este documento, y que da fundamento a este proyecto, fue recabada durante el estudio realizado dentro de acción acuícola ubicada en Los Médanos, Sonora. Dicha empresa se dedica a la crianza y venta de camarón, teniendo como su principal actividad la exportación de camarón hacia los mercados de Norteamérica y Europa. Enfocados al área de cárcamos y bombeo,

la implementación para disminuir los costos de operación está sobre la aplicación de un nuevo sistema de alimentación de combustible a los motores estacionarios.

Procedimiento

Paso 1. Definición del proceso a mejorar

Conocer la necesidad del cliente, si solo quiere convertir un par de motores o su flotilla entera, segmentar la cantidad de estanques en diferentes áreas, ya que existen cientos de ellos.

Paso 2. Identificación de los criterios a revisar

Identificar las características del motor, tanto como consumo en litros de combustible, costos de mantenimiento al año y disponibilidad de piezas. También se monitorean las condiciones climatológicas de la temporada con el fin de conocer qué tipo de protección se le otorgará al alimentador de gas.

Paso 3. Selección de instrumentos y aplicación

Se enciende uno de los motores estacionarios para hacer lecturas de su funcionamiento y consumos, con el fin de hacer comparaciones posteriormente.

Paso 4. Análisis de resultados

Una vez que se tienen a disposición los valores arrojados, se hacen las comparaciones de los dos tipos de consumo de combustible.

Paso 5. Tener a disposición los requerimientos del cliente

Qué es lo que desea hacer el cliente con base en la información que se le proporcionó.

Paso 6. Generar las órdenes de trabajo

Dar inicio a los requerimientos de piezas y equipos para su instalación.

Paso 7. Surtido en almacén

Proveer todo lo necesario para ensamblar el equipo.

Paso 8. Inicia el proceso de armado del dispositivo

Comenzar con el ensamble.

Paso 9. Comunicación

Establecer la interfaz entre el motor y el dispositivo alimentador de gas.

Paso 10. Prueba del equipo

Encender por primera vez el equipo alimentado por gas.

Paso 11. Puesta en marcha

Conocer los requerimientos de oxigenación de los tanques para configurar el nivel de carga nominal a la que se someterá el equipo para que bombee el agua.

Análisis económico. Costos implícitos del proyecto

Tabla 1. Costo de mantenimiento

Mantenimiento anual	Costo
Media reparación	\$51,690
Cambios de aceite y filtros	\$19,550
Inyectores de gas	\$15450
Equipo de gas	\$100,000
Total	\$186,690

Fuente. https://www.dieselmexico.com.mx/MLM-715251319-media-reparacion-cat-3406-spistonnes-340651028-_JM

Tabla 2. Precios de los combustibles

Precio gas/litro	\$10
Precio diésel/litro	\$20
Consumo litro/hora	23.75 L

Tabla 3. Consumos de diésel por motor

Periodo	Consumo	Costo total
Día	570	\$11,400
Mes	410,400	\$8,208,000
Año	4,760,570	\$95,211,400

Materiales

Los materiales en un proceso son lo principal de este, ya que de ellos depende que se cree o transforme un producto, y que por ende, se tenga un valor en el mismo.

General

- Bitácora y/u orden de trabajo
- Herramientas de mecánica en general
- Área de instalación
- Mano de obra

Específico

- Cilindros de almacenamiento
- Regulador de presión
- Sensores, actuadores y sistema de inyección de gas
- Mezclador de aire/combustible.
- *Software* conmutador para acoplar el sistema de gas con la computadora del vehículo
- Tuberías en general

Resultados y su discusión

Paso 1. Definición del proceso a mejorar

Dentro de las operaciones de bombeo de agua, más específico en el área de cár-camos, existe un consumo diario de combustible en cuanto a los motores estacio-narios. Estos bombeos se realizan mediante un motor a diésel, desde el mar hacia los estanques de crianza. Dicho bombeo viene existiendo desde los inicios de la empresa. El proceso habitual de operación de estos motores es que son alimentados únicamente con diésel y no generan un grado de rendimiento aceptable, donde intervienen varias causas como mal funcionamiento, fugas de combustible, malas calibraciones del motor, condiciones extremas y servicios al motor fuera de tiempo.

Actualmente el funcionamiento de estos motores está dado por un combustible muy caro, es por ello que, con el propósito de disminuir los costos de operación, se implementará la conversión a gas. Los cambios aportados a los motores garantizarán el mismo desempeño que tenían los motores con anterioridad. Dichos ahorros se estarán monitoreando con las bitácoras de compra de combustible.

Al implementar y aplicar uno de los prototipos en uno de los motores estacionarios, se obtuvieron resultados que nos indican que la mejor opción al reemplazar el diésel por el gas, es un 30% de sustitución de este, ya que garantiza la mejor relación de potencia-consumo. Esto sucede porque a mayor sustitución de gas, menor potencia en el motor; por lo tanto, la carga de empuje del agua hacia los estanques se vería afectada. Ello pone en problemas las cantidades de oxígeno en los estanques. Por tanto, depende del operador saber en qué niveles de oxigenación se encuentran los estanques, para poder modificar la concentración de inyección en el motor.

Tabla 4. Se muestra el costo por equipo y costo total del proyecto

Costo del equipo a instalar		Ahorro anual
1 motor	\$100,000	14,000,000 pesos aprox.
12 motores	\$1,200,000	-

Paso 2. Identificación de los criterios a revisar

Para poder controlar un proceso, es necesario conocer sus requerimientos tanto de operación, materia prima, equipo, mano de obra, indicadores, etc. Es por eso que se tiene la necesidad de conocer las características y consumos de los motores diésel estacionarios, por lo que se realizó un estudio práctico en el cual se monitoreó el consumo de diésel de un motor y el tiempo que dura encendido; además, se programaron los tiempos en los que se deben dar sus respectivos mantenimientos con el fin de garantizar que los valores medidos obtenidos no fluctúen mucho y se mantengan entre sí.

Paso 3. Selección de instrumentos y aplicación

Para el inicio de la implementación se comenzó con el monitoreo de un solo motor, ya que los existentes en el área de cárcamos son de las mismas características y modelos. Se realizó un estudio en donde se obtuvieron los datos como: el tiempo que duran encendidos los motores, el tiempo de sus mantenimientos, el rendimiento específico de combustible según la marca del motor, precios del

diésel, precios del gas. Todo esto fue necesario para poder crear un plan de acción que cumpliera con los requerimientos para el estudio y poder dar una respuesta y que las autoridades correspondientes tomaran su decisión.

Paso 4. Análisis de resultados

La implementación del nuevo sistema permite una fusión de los dos combustibles, en el cual un porcentaje del diésel sería remplazado por gas. Este último es 50% mucho más económico, lo cual garantizaría un amplio margen de ahorro.

Paso 5. Tener a disposición los requerimientos del cliente

Como punto inicial, se debe conocer la necesidad del cliente, qué es lo que desea y cómo lo desea. En este caso, si solo quiere convertir un par de motores o su flotilla entera.

Paso 6. Generar las órdenes de trabajo

Con base a la información obtenida de los requerimientos del cliente, se fabrica una bitácora en la cual se predeterminan fechas de término de la instalación y material, para darle una respuesta de entrega al cliente y que vea que se está trabajando en su sistema de conversión.

Paso 7. Surtido en almacén

Ya que se tiene la bitácora, el operador pasa a recoger las piezas exactas que se van a requerir. Además, el surtidor registra la salida de las piezas para llevar el control de inventario. Esto evitará muchos retrasos a la hora de completar un sistema de gas.

Paso 8. Inicia el proceso de armado del dispositivo

Una vez que se tienen a disposición las órdenes del cliente, las piezas, y la mano de obra, se comienza el armado de el convertidor de diésel a gas, se monta el tanque de gas junto al motor, se colocan todos los sensores necesarios; tales como de presión, de oxígeno, de flujo, de llenado y filtros de purificación, así como los reguladores de baja y alta presión en la entrada del turbo de aire al motor de combustión. Una vez ensamblados estos dispositivos en el motor, se instalan las piezas auxiliares como la válvulas de alivio y de presión, interruptores de apagado y encendido y, por último, se ensambla el inyector del equipo en la entrada de alimentación del motor, con sus respectivas manqueras de comunicación.

Paso 9. Comunicación

Para poder hacer funcionar el equipo de gas es necesario que la unidad de control electrónica del equipo reciba sus señales e información de sensores. Es por eso que se entabla una interfaz entre los sensores y actuadores del motor. Todo esto se hace mediante un *software* especializado que se encarga de comunicar y conectar los actuadores, para que puedan accionar los componentes del sistema.

Paso 10. Prueba del equipo

Se enciende por primera vez el motor y se monitorean los diferentes actuadores, se checan los niveles permisibles de emisiones y se hace una inspección general de funcionamiento, Si en la inspección visual se detecta alguna anomalía, el jefe de taller corrige la falla, si todo está en orden, el vehículo es probado en campo.

Paso 11. Puesta en marcha

Una vez probado el equipo bajo las diferentes pruebas que se le realizan, el motor es puesto en marcha con el nuevo sistema de alimentación por gas y con la carga nominal a la que deberá trabajar (bombeo de agua).

Evaluación económica

Tabla 5. Se muestran los porcentajes de ahorro en pesos mexicanos, en cuanto a la cantidad de diésel reemplazado por gas

Periodo	Consumo	Costo total	Costo diésel reemplazado al 30%	Costo del gas	Ahorro total
Día	570	\$11400	\$7980	\$1710	\$1,710
Mes	410,400	\$8,208,000	\$5,745,600	\$1,231,200	\$1,231,200
Año	4,760,570	\$95,211,400	\$66,647,980	\$14,281,710	\$14,281,710

Con el estudio aplicado a la problemática que se tiene, no solo se obtuvo un diagnóstico de su situación, sino que se lograron detectar posibles vías alternativas de operación, las cuales pudieran generar a la empresa grandes ahorros monetarios y detectar posibles cambios benéficos, además de encontrar mejoras en el proceso de bombeo con el fin de lograr el uso adecuado de los insumos y equipos disponibles dentro del proceso. Esta información primordial conduce a los interesados

a tomar una decisión óptima que garantice el beneficio y la ganancia que busca toda empresa; es decir, saber operar eficientemente los recursos disponibles y maquinaria conlleva a explotar al máximo las actividades diarias, haciendo más con menos logrando así una satisfacción plena y una buena operación empresarial que garantice el bienestar de los involucrados. Por lo tanto, es sumamente conveniente instalar los equipos de inyección de gas a los motores estacionarios, ya que este sistema tiene un amplio margen de ahorro, relacionado con los objetivos propuestos.

Tabla 6. Porcentajes de recuperación del valor del equipo de gas

Periodo	Recuperación del equipo al 30% de reemplazo de diésel
Días	59
Meses	2

Se puede observar que desde el 30% de gas reemplazado se tiene un ahorro de \$14,281,710 pesos mexicanos, por lo que al primer año de haber comprado el sistema, se recuperaría la inversión. El ahorro sería de \$100,000.00 mexicanos para cada motor, con un periodo de dos meses de recuperación de la inversión.

Conclusiones y recomendaciones

Al finalizar este trabajo el objetivo buscado se ha cumplido en su mayoría, pues se ha logrado proponer los cambios necesarios para llevar a cabo la conversión del motor diésel Caterpillar 3406 de 8 cilindros, así como el dar a conocer los ahorros teóricos que se puedan llegar a tener, respetando las recomendaciones dadas.

El motor modificado es un motor que posee grandes ventajas sobre el operar solo con diésel, ya que se obtiene combustión más limpia y un considerable ahorro de consumo de combustible. Uno de los puntos en los que hace hincapié este estudio son los diferentes factores que se pueden presentar en la operación, tales como condiciones climatológicas, errores humanos y faltas de mantenimiento. Todo este tipo de subproblemas modifican los valores propuestos a la hora de la verdadera operación del motor. Es por ello que se deben de controlar estos factores en su mayor parte del tiempo, para poder garantizar lo propuesto en este estudio.

Se da por hecho que, para poder seguir obteniendo una eficiencia en el proceso estudiado, así como en la calidad del producto, es necesario llevar control de las operaciones que se realizan en campo. De esta manera se puede medir lo que el proceso está arrojando; es decir, la cantidad de horas que deben estar encendidos, entre otros puntos que a continuación se detallan. Para llevar un buen procedimiento se requiere llevar al pie de la letra las siguientes recomendaciones.

Referencias

- Baquero, M. & Ávila, O. (2010). *Automatización y diseño del sistema mezclador de combustible en vehículos con equipos de conversión a gas natural*. Universidad de La Salle.
- Carrero, R. (2018). *Plan indicativo de abastecimiento de GLP*. Obtenido de http://www1.upme.gov.co/hidrocarburos/publicaciones/plan_glp_19102018.pdf
- EDIBON. Equipamiento Didáctico Técnico. Termodinámica y Termotecnia. 2016. Disponible en: <http://www.edibon.com/index.php?lang=es>
- Energiza. (2011). *Energiza*. especial motores a gas, 52.
- Ingenieros, C. (22 de mayo de 2019). Ingenieros ciete. Obtenido de <http://ciete.es/gas-licuado-del-petroleo-glp-el-autogas/>
- Petróleo, I. M. (20 de noviembre de 2018). IMP. Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/540979/informe_ejecutivo_asesoria_tcnica_para_la_revision_de_la_nom-001-secre-2010_por_el_imp.pdf
- Platts, R. P. (2019). Reporte diario de precios de gas natural, gas licuado de petróleo, combustóleo y petróleo.
- Rodríguez, B. (s.f.). Sistema v3000 / v5000 hd. Sistemas de conversión vehicular GNC, GNL, propano e hidrógeno. (Vargas, 2015). Reporte kit media reparación. Obtenido de https://www.dieselmexico.com.mx/MLM-715251319-media-reparacion-cat-3406-spistones-340651028-_JM <https://www.gascomb.com/hardstaff-beneficios-sistema-conversion-vehicular-gas-dual-fuel-hardstaff.html>

Capítulo 6

Evaluación ergonómica en diferentes puestos de trabajo con base en la NOM-036-I-STPS-2018

Daniel Francisco Bautista Rodríguez
Mauricio López Acosta
José Manuel Velarde Cantú

Resumen

La presente investigación se realizó en una empresa dedicada a productos derivados del cerdo, en la cual se busca disminuir o bien, eliminar los riesgos y lesiones musculares provocadas por el manejo manual de cargas, teniendo como objetivo evaluar y analizar los diferentes puestos de trabajo conforme los criterios de la NOM-036-I-STPS-2018, con el propósito de mantener un ambiente libre de riesgos o lesiones y teniendo a los colaboradores seguros. Las áreas que se tomaron a consideración son en las que se hace uso del manejo manual de cargas o bien, en donde los trabajadores tienen antecedentes de molestias musculares. Se consideraron 14 actividades divididas entre las 6 áreas que conforman la empresa, en las cuales se realiza manejo manual de cargas o se han presentado molestias por parte de los colaboradores. Se obtuvo de la evaluación de los riesgos que, de las 14 actividades, 6 son de riesgo medio y 8 son de riesgo alto. Con base en estos resultados se determinaron los diferentes planes de acción a implementar para disminuir los niveles de riesgos al mínimo, los cuales iban desde proporcionar capacitación de cómo realizar las actividades de manera correcta y agregar pausas activas dentro de la actividad hasta la reingeniería de los puestos de trabajo para facilitar las actividades a los colaboradores y cuidar su salud.

Introducción

En tiempos en los que el trabajo ocupa gran parte del tiempo en la vida de las personas, la ergonomía se ha convertido en un pilar imprescindible para conseguir que los trabajadores sean personas estables, libres de estrés, eficientes y pro-

ductivas en sus puestos de trabajo. La ergonomía en el puesto de trabajo es el estudio o el conjunto de conocimientos destinados a crear relaciones positivas entre el trabajador, las máquinas y el entorno donde se desarrolla la actividad laboral. Se centra en estudiar cómo mejorar el trabajo, sus sistemas y los ambientes para que los trabajadores puedan desarrollar sus tareas de forma cómoda y segura, evitando lesiones que pueden provocar determinados movimientos y posturas, entre otras cosas. La ergonomía en el trabajo y la productividad laboral están estrechamente relacionadas. Esto se debe a que la ergonomía es capaz de afectar en gran medida a la productividad de los trabajadores. Para que un determinado trabajo o tarea puntual se desarrolle adecuadamente es fundamental que los empleados que van a desarrollar dicho trabajo se sientan cómodos, y para ello, es necesario ofrecerles las mejores condiciones posibles. Para ofrecerles estas condiciones es clave conocer perfectamente cuáles son las necesidades de cada trabajador y tener en cuenta el puesto que desempeña, cuáles son sus operaciones y movimientos durante la jornada laboral, etcétera. Teniendo toda esta información en la mano podremos ofrecer a los empleados unas condiciones óptimas que potencien su productividad y eficiencia.

Según la Organización Internacional del Trabajo (OIT), a diario ocurren cerca de 868 mil accidentes de trabajo, de los cuales 1,100 suceden en México. En la mayoría de los casos, los accidentes de trabajo suceden debido a las condiciones peligrosas que existen en los equipos, maquinarias, herramientas de trabajo e instalaciones, así como por la actitud o actos inseguros de los trabajadores al realizar sus actividades.

Los accidentes de trabajo y las enfermedades profesionales representan un problema humano y económico que constituye una grave preocupación en todo el orbe. A pesar de los esfuerzos desplegados a escala mundial para abordar la situación de la seguridad y salud en el trabajo, la Organización Internacional del Trabajo estima que cada 15 segundos, un trabajador muere a causa de accidentes o enfermedades relacionadas con el trabajo y 153 trabajadores tienen un accidente laboral. Cada día mueren 6,300 personas a causa de accidentes o enfermedades relacionadas con el trabajo, estas son más de 2 millones de muertes por año. Anualmente ocurren más de 300 millones de accidentes en el trabajo, que en gran medida resultan en ausentismo laboral. El costo de esta adversidad cotidiana es enorme y la carga económica de las malas prácticas de seguridad y salud se estima en un 4% del producto interno bruto global cada año.

En México, durante 2016, se registraron 516 mil 734 accidentes de trabajo y en trayecto, 12 mil 622 personas enfermaron a causa de las labores que realizan y mil 408 fallecieron desempeñando sus labores o a consecuencia de ellas.

A nivel nacional, la OIT (2019) tiene registros de que, en México, en el año 2015 hubo 236 casos de lesiones profesionales fatales en las industrias y 152,133 casos de lesiones profesionales no fatales.

La Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS) ha emitido nuevas normas oficiales mexicanas cuyo objetivo es garantizar el bienestar de los empleados, mismas que se han convertido en nuevos requisitos que las empresas deben cumplir de forma obligatoria. En este caso sería la NOM-036-I-STPS-2018 Factores de riesgo ergonómico en el trabajo-identificación, análisis, prevención y control. Parte 1: Manejo manual de cargas. Esta NOM aplica a todos los centros de trabajo en México, donde existan trabajadores cuya actividad implique, más de una vez al día, el manejo manual de cargas superiores a los 3 kilogramos de peso.

Siguiendo esta línea, la NOM-036-I-STPS-2018 tiene por objetivo establecer los elementos para identificar, analizar, prevenir y controlar los factores de riesgo ergonómico en los centros de trabajo derivados del manejo manual de cargas, a efecto de prevenir accidentes o alteraciones a la salud de los trabajadores por los movimientos repetitivos.

El cumplimiento de esta normativa evitaría la imposición de multas por incumplimiento, las cuales van desde los 25,670 a los 513,400 pesos mexicanos, (Secretaría del Trabajo y Previsión Social, 2017).

En la empresa bajo estudio se presentan riesgos debido al manejo manual de cargas que se emplea, así como también por actividades repetitivas. Se tienen antecedentes de molestias musculares por parte de los colaboradores en algunas de las actividades que se desarrollan dentro de la empresa. También, se realizó la inspección de diferentes actividades en las distintas áreas que conforman la empresa para determinar si era necesaria su evaluación en este estudio. De esta forma, se busca disminuir o bien, eliminar los riesgos y lesiones musculares provocadas por el manejo manual de cargas. El objetivo es evaluar y analizar los diferentes puestos de trabajo conforme los criterios de la NOM-036-I-STPS-2018, con el propósito de mantener un ambiente libre de riesgos o lesiones y teniendo a los colaboradores seguros, por lo que se tiene que cumplir con la normativa antes mencionada. Para la correcta realización de este estudio fue necesario asistir a la empresa y desarrollar la evaluación ergonómica correspondiente en cada área, gracias a lo cual se pudieron obtener los diferentes resultados del nivel de riesgo de estas actividades. Al llevarse a cabo esta investigación la empresa estará protegiendo a sus empleados de los riesgos ergonómicos existentes por el manejo manual de cargas, así como también se asegurará de que está cumpliendo con la normativa. Por tanto, estaría evitando multas por incumplimiento de esta misma norma.

Materiales y métodos

Sujeto bajo estudio

El sujeto bajo estudio es una empresa mexicana que inició sus operaciones desde el año de 1984, como proyecto de un conjunto de porcicultores, industria cárnica de cerdos nacional e internacional, dedicada a la producción de alimentos varios derivados del cerdo. En la empresa se realizan actividades en donde se hace uso del manejo manual de cargas o que resultan ser muy repetitivas; asimismo, incluyen manejo manual de cargas y los trabajadores que las realizan tienen antecedentes de molestias musculares por el manejo de cargas. Existe un total de 14 actividades divididas entre las 6 áreas que conforman la empresa, las cuales se detallan a continuación. Primero, está el área de sacrificio donde se recibe el cerdo proveniente de las granjas para posteriormente sacrificarlo y mandarlo a la siguiente área, la cual es corte. En esta área se realizan los cortes al cerdo dependiendo de la pieza de carne necesaria para elaborar un producto específico. Una vez realizado el corte de las diferentes partes del cerdo, se pasa a las siguientes áreas, ya sea valor agregado, en donde se encargan de agregar valor a la carne del cerdo (como su nombre lo indica), convirtiéndola en productos más específicos, como brochetas, filetes, entre otros, o bien, se manda al área de procesados, en donde se desarrollan productos que ya pasaron por un proceso de transformación, como lo son las salchichas, jamones, entre otros. Una vez terminado el proceso de elaboración de los diferentes productos provenientes de la carne de cerdo, estos son mandados al área de embarque, donde se cargan los camiones con los diferentes productos solicitados por parte del cliente, para posteriormente ser trasladados a su destino.

Procedimiento

Para el cumplimiento de los objetivos planteados, se presenta a continuación el orden de los pasos a seguir:

1. Caracterización del sistema

En esta etapa se lleva a cabo la identificación de las actividades que conlleven factores de riesgo ergonómico debido a manejo manual de cargas; es decir, que impliquen levantar, bajar, transportar, empujar, jalar y/o estibar materiales.

2. Descripción de las actividades

Hacer una descripción de las actividades identificadas, involucrando a los trabajadores expuestos, la frecuencia con que realizan la actividad y el tiempo de duración de las actividades.

3. Estimación del nivel de riesgo

La estimación del nivel de riesgo, debido al manejo manual de cargas, deberá realizarse para: a) actividades que impliquen levantar, bajar o transportar cargas y b) actividades que impliquen empujar y jalar o arrastrar materiales, con o sin la ayuda de equipo auxiliar. Se debe considerar:

- Evaluación del riesgo de operaciones que impliquen levantamiento/descenso de carga con un solo trabajador
- Estimación del riesgo de operaciones de transporte de cargas
- Evaluación del riesgo de operaciones de manejo manual de cargas en equipo
- Evaluación del riesgo de actividades que impliquen empuje o arrastre de cargas sin uso de equipo auxiliar
- Evaluación del riesgo de actividades que impliquen empujar o jalar cargas con el uso de equipo auxiliar

Para cualquier tipo de actividad se deberá

- a. Registrar el color y valor obtenido en cada uno de los factores analizados para cada tipo de actividad
- b. Determinar el nivel de riesgo
- c. Definir las acciones, conforme al nivel de riesgo obtenido

Materiales

Para realizar esta investigación fue necesario elaborar archivos de bases de datos ergonómicos de los diferentes puestos de trabajo, formatos de evaluación del método MAC y de la NOM-036-I-STPS-2018 y hojas de Excel para registrar y procesar datos.

Resultados y su discusión

Al llevar a cabo la presente investigación se identificaron cuáles son las actividades que realizan un manejo manual de cargas y que tienen un nivel de riesgo, ya sea bajo, medio o alto dentro de la empresa. Fueron 14 las actividades que realizan el manejo manual de cargas. Todas estas implican ya sea levantar, bajar, transportar, empujar, jalar y/o estibar materiales.

1. Caracterización de sistema

Para hacer la identificación de las actividades que conlleven factores de riesgo ergonómico debido a manejo manual de cargas, nos basamos en antecedentes de molestias musculares por parte de los colaboradores, así como también en inspecciones realizadas en diferentes actividades dentro de toda la empresa donde se realicen actividades de manejo manual de cargas, eligiendo las que son más propensas a lesiones musculares por la manera en que se realizan.

2. Descripción de actividades

Tabla 1. Descripción general de las actividades

Área	Actividad	Puesto	Descripción de la actividad	Frecuencia con la que se realiza la actividad	Tiempo de duración de las actividades
Corte	Espaldilla	Colaborador 1	En esta actividad se retira el hueso de la espaldilla proveniente de la pieza del cerdo.	Cada 30 s	7:30 horas
	Descuerado	Colaborador 1	Consiste en retirar el cuero de la carne proveniente de la espaldilla.	Cada 20 s	7:30 horas
	Limpieza	Colaborador 1	Se encarga de quitar los excesos de grasa de la carne proveniente del descuerado.	Cada 20 s	7:30 horas
	Envoltura de pieza de carne	Colaborador 1	Envolver la pieza limpia de grasa proveniente del proceso anterior.	Cada 30 s	7:30 horas
Procesados	Recepción de materia prima (ingredientes)	Colaborador 1	Esta actividad consiste en el recibimiento del producto (ingredientes), el cual viene en distintas presentaciones; desde sacos, cubetas, cajas, entre otras, teniendo una variación de pesos de entre 20 a 25 kg, depositando estos en una tarima para posteriormente ser transportados en <i>pallets</i> .	Cada 30 min	4 horas
		Colaborador 2			
	Traslado de jaulas de embutidos (jamón)	Colaborador 1	Esta actividad consiste en el traslado de las jaulas que contienen los embutidos dentro de los moldes a la siguiente área.	Cada 30 min	7:30 horas
Colaborador 2					

Área	Actividad	Puesto	Descripción de la actividad	Frecuencia con la que se realiza la actividad	Tiempo de duración de las actividades
Procesados	Recepción de materia prima (carne)	Colaborador 1	Esta actividad consiste en el desembarcado y desvariado del producto, la cual suele ser de 25 a 30 toneladas, desarrollada entre 4 colaboradores. Estos mismos trabajadores se encargan de entregar los productos dependiendo del área donde sean requeridos.	Cada 5 min	7:30 horas
		Colaborador 2			
Cartonera	Área de recepción	Colaborador 1	La actividad consiste en la recepción de cartón proveniente de la planta de abajo y transportada hacia la planta de arriba por medio de una banda.	Cada 20 s	3 horas
		Colaborador 2			
	Armado de cajas	Colaborador 1	Se encarga del armado manual de cajas y del traslado de estas mismas dependiendo de los paquetes que se pidan en las diferentes áreas.	Cada 3 min	7:30 horas
		Colaborador 2			
Sacrificio	Personal de gambreles	Colaborador 1	Se encarga de realizar un orificio en la pata del cerdo para poder introducir los gambreles y que sean transportados a la siguiente área (prensa de gambreles)	Cada 30 s	7:30 horas
		Colaborador 2			
	Transporte de canastillas de cabezas	Colaborador 1	Esta actividad se basa en el transporte de las cabezas de cerdo en canastillas, depositando estas mismas en carritos para posteriormente ser trasladadas. El peso en promedio por canastilla es de 22 kg y se apilan 4 canastillas en cada transporte de los carritos, dando un peso total de 88 kg por transporte.	Cada 5 min	7:30 horas
		Colaborador 2			
Embarque	Área de riel o carga	Colaborador 1	En esta actividad se transportan todos los productos del área de corte al siguiente destino, el cual es embarque, ya sean productos de exportación o nacionales. Se realiza en los congeladores de la empresa, los cuales se encuentran a temperaturas bajo cero.	Cada 5 min	7:30 horas
		Colaborador 2			

Área	Actividad	Puesto	Descripción de la actividad	Frecuencia con la que se realiza la actividad	Tiempo de duración de las actividades
Limpieza externa	Góndola	Colaborador 1	En esta actividad se transportan las canastillas con las vísceras del cerdo a la banda que lleva a la góndola, se depositan en una plataforma muy elevada donde el otro colaborador las coloca en la banda.	Cada 5 a 10 min	7:30 horas
	Prensa	Colaborador 1	Esta actividad se basa en el prensado del cartón (cartón que no sirve o se echó a perder) y compactarlo convirtiéndolo en pacas. De esta forma, se reduce su volumen. Esta actividad se realiza en la prensa de cartón, el producto resultante pesa alrededor de 100 a 150 kg dependiendo de la condición del cartón.	Cada hora	7:30 horas

3. *Estimación del nivel de riesgo*

En la Tabla 2 se presenta un ejemplo de la evaluación del nivel de riesgo para una actividad de levantamiento. Este mismo ejercicio se llevó a cabo para todas las actividades de los puestos analizados dentro de la empresa. Se añadirá un ejemplo de cada tipo de evaluación en caso de que se haya aplicado.

Tabla 2. Evaluación del nivel de riesgo de carga manual del puesto de espaldilla

Área:	Corte					
Puesto:	Espaldilla (colaborador 1)					
Factores de riesgo	Levantar		Transportar		Equipo	
	Color	Valor	Color	Valor	Color	Valor
Peso y ascenso de la carga/ frecuencia de transporte	Verde	0	-	-	-	-
Distancia horizontal entre las manos desde la parte inferior de la espalda	Naranja	3	-	-	-	-
Región de levantamiento vertical	Naranja	1	-	-	-	-
Torsión y flexión lateral del torso; carga asimétrica sobre el torso (transporte)	Naranja	1	-	-	-	-

Área:	Corte					
Puesto:	Espaldilla (colaborador 1)					
Factores de riesgo	Levantar		Transportar		Equipo	
	Color	Valor	Color	Valor	Color	Valor
Restricciones posturales (posturas incómodas, forzadas o restringidas)	Naranja	1	-	-	-	-
Acoplamiento mano-carga (elementos de sujeción)	Rojo	2	-	-	-	-
Superficie de trabajo	Rojo	2	-	-	-	-
Otros factores ambientales	Rojo	2	-	-	-	-
Distancia de transporte	-	-	-	-	-	-
Obstáculos en la ruta (sólo en transporte)	-	-	-	-	-	-
Comunicación, coordinación y control (sólo manejo manual de cargas en equipo)	-	-	-	-	-	-
Puntuación	12		-		-	
Nivel de riesgo	Medio posible		-		-	

Tabla 3. Evaluación de riesgo de actividades que impliquen empuje o arrastre de cargas sin uso de equipo auxiliar del puesto de prensa externa

Área:	Limpieza externa					
Puesto:	Prensa (colaborador 1)					
Factores de riesgo	Rodando		Girando sobre su base		Arrastrando/ jalando o deslizando	
	Color	Valor	Color	Valor	Color	Valor
Peso de la carga	Naranja	2	-	-	-	-
Postura	Rojo	6	-	-	-	-
Agarre de la mano	Naranja	1	-	-	-	-
Patrón de trabajo	Verde	0	-	-	-	-
Distancia por viaje	Naranja	1	-	-	-	-
Superficie de trabajo	Naranja	1	-	-	-	-
Obstáculos a lo largo de la ruta	Naranja	2	-	-	-	-

Área:	Limpieza externa					
Puesto:	Prensa (colaborador 1)					
Factores de riesgo	Rodando		Girando sobre su base		Arrastrando/jalando o deslizando	
	Color	Valor	Color	Valor	Color	Valor
Otros factores	Naranja	1	-	-	-	-
Puntuación		14	-	-	-	-
Nivel de riesgo	Alto significativo	-	-	-	-	-

Tabla 4. Evaluación de riesgo de actividades que impliquen empujar o jalar cargas con el uso de equipo auxiliar del puesto de traslado de jaulas de embutidos

Área:	Procesados					
Puesto:	Traslado de jaulas de embutidos (colaborador 1)					
Factores de riesgo	Equipo pequeño		Equipo mediano		Equipo grande	
	Color	Valor	Color	Valor	Color	Valor
Postura	-	-	Rojo	8	-	-
Peso de la carga	-	-	Naranja	3	-	-
Postura	-	-	Verde	0	-	-
Agarre de la mano	-	-	Naranja	1	-	-
Patrón de trabajo	-	-	Verde	0	-	-
Distancia por viaje	-	-	Naranja	1	-	-
Superficie de trabajo	-	-	Naranja	1	-	-
Obstáculos a lo largo de la ruta	-	-	Rojo	3	-	-
Otros factores	-	-	Rojo	2	-	-
Puntuación	-	-	-	19	-	-
Nivel de riesgo	Alto a significativo	-	-	-	-	-

Para tener un panorama general de todos resultados de los puestos evaluados se muestra a continuación la Tabla 6, en donde se puede observar la actividad evaluada, el área a la que corresponde, qué tipo de manejo manual de cargas se realizan en la actividad y el grado de riesgo con el que se está realizando tal actividad.

Tabla 5. Evaluación de riesgo de actividades que impliquen empuje o arrastre de cargas sin uso de equipo auxiliar del puesto de prensa externa

Área:	Sacrificio					
Puesto:	Gambreles					
Factores de riesgo	Rodando		Girando sobre su base		Arrastrando/ jalando o deslizando	
	Color	Valor	Color	Valor	Color	Valor
Peso de la carga	-	-	-	-	Naranja	2
Postura	-	-	-	-	Naranja	3
Agarre de la mano	-	-	-	-	Naranja	1
Patrón de trabajo	-	-	-	-	Naranja	1
Distancia por viaje	-	-	-	-	Verde	0
Superficie de trabajo	-	-	-	-	Rojo	4
Obstáculos a lo largo de la ruta	-	-	-	-	Rojo	3
Otros factores	-	-	-	-	Rojo	2
Puntuación	-	-	-	-	-	16
Nivel de riesgo	Alto a significativo		-	-	-	-

Tabla 6. Resultados generales de los niveles de riesgo de las actividades

Área	Actividad	Puesto	Carga manual			Sin el uso de equipo auxiliar			Con el uso de equipo auxiliar		
			Levantar	Transportar	En Equipo	Rodando	Girando sobre su base	Arrastrando o jalando	Equipo pequeño	Equipo mediano	Equipo grande
Corte	Espaldilla	Colaborador 1	Medio	-	-	-	-	-	-	-	-
	Descuerado	Colaborador 1	Alto	-	-	-	-	-	-	-	-
	Limpieza	Colaborador 1	Medio	-	-	-	-	-	-	-	-
	Envoltura de pieza de carne	Colaborador 1	Alto	-	-	-	-	-	-	-	-
Procesados	Recepción de materia prima (ingredientes)	Colaborador 1	Medio	-	-	-	-	-	-	-	Medio
		Colaborador 2				-	-	-	-	-	Medio

Área	Actividad	Puesto	Carga manual			Sin el uso de equipo auxiliar			Con el uso de equipo auxiliar		
			Levantar	Transportar	En equipo	Rodando	Girando sobre su base	Arrastrando o jalando	Equipo pequeño	Equipo mediano	Equipo grande
Procesados	Traslado de jaulas de embutidos (jamón)	Colaborador 1	-	-	-	-	-	-	-	Alto	-
		Colaborador 2	-	-	-	-	-	-	-	Alto	-
	Recepción de materia prima (carne)	Colaborador 1	Alto	-	-	-	-	-	Medio	-	-
		Colaborador 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cartonera	Área de recepción	Colaborador 1	Alto	-	-	-	-	-	-	-	-
		Colaborador 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Armado de cajas	Colaborador 1	Alto	-	-	-	-	-	Medio	-	-
		Colaborador 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sacrificio	Personal de gambreles	Colaborador 1	-	-	-	-	-	Alto	-	-	-
		Colaborador 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Transporte de canastillas de cabezas	Colaborador 1	Medio	-	-	-	-	-	Alto	-	-
		Colaborador 2	Alto	-	-	-	-	-	Alto	-	-
Embarque	Área de riel o carga	Colaborador 1	Medio	-	-	-	-	-	-	Alto	-
		Colaborador 2	-	-	-	-	-	-	-	Alto	-
Limpieza externa	Góndola	Colaborador 1	Alto	-	-	-	-	-	Alto	-	-
	Prensa	Colaborador 1	-	-	-	Alto	-	-	-	-	-

Tras realizar este análisis del total de las actividades que incluyen el manejo manual de cargas, se concluyó que aunque en la empresa ya se aplican medidas para la prevención de riesgos por el manejo de cargas, no se tiene una cultura correcta de las posturas al momento de hacer los levantamientos por parte de los colaboradores, ya que en la mayoría de las actividades se obtuvieron resultados de alto riesgo, pues los colaboradores hacían sus actividades de manera incorrecta.

Algunas de las recomendaciones y planes de acción a implementar son:

- Estiramientos de las partes superiores del cuerpo antes de empezar con sus actividades.
- Implementar pausas activas.
- Capacitaciones de técnicas correctas de manejo manual de cargas a todo el personal expuesto.
- En el área de recepción en la cartonera el plan de acción que se tomó fue la reingeniería de la banda, ya que se encontraba a una altura muy baja, casi al ras del piso, por lo que se optó por reconstruir la banda, haciendo que tuviera una sección más. De esta forma, elevaría su altura hasta la cintura y no generaría obstrucción alguna en el área. También se sugirió hacer un reacomodo del botón de paro de emergencia para facilitar su acceso.
- En otras áreas donde la actividad era demasiado repetitiva y propensa a lesiones musculares, se optó por diseñar equipos de trabajo y hacer rotación de personal cada cierto tiempo. De esta forma, se mitigó el esfuerzo muscular que se tiene que realizar por parte de los colaboradores.
- En el caso del área de limpieza externa en la actividad de prensa, el plan de acción a implementar es introducir unos rodillos en el suelo de la prensa para que al momento de que se genera la paca de cartón, aterrice sobre esos rodillos y facilite el transporte al colaborador. De esta forma, se minimizó en gran parte el riesgo de que pueda surgir alguna lesión muscular.
- Por otro lado, en esta misma área, pero en la actividad de góndola, ya se cuenta con un plan de rotación de personal semanal, lo que ayuda a mitigar el desgaste muscular. De igual manera, se propuso que la banda transportadora se extienda hasta una altura óptima para su alcance al nivel del suelo o incluir una banda más pequeña que quede a nivel del piso y descargue en la otra. De esta forma, se disminuye el nivel de riesgo al que se somete al colaborador.

Conclusiones y recomendaciones

En este estudio se identificaron las actividades donde se realiza manejo manual de cargas, con base en la NOM-036-I-STPS-2018, que es un documento obligatorio formulado para salvaguardar la integridad de los empleados que se dedican al manejo manual de cargas, que obliga al patrón y trabajadores a realizar su trabajo de una forma correcta, con el objetivo de identificar, reducir, prevenir y controlar los riesgos derivados al manejo manual de cargas. Se realizó la evaluación del riesgo asociado al manejo manual de cargas, de forma que se pudo detectar cuáles son las actividades que presentan un nivel de riesgo alto para los colaboradores, y con base en ello, se concluyó que la empresa en la actualidad no cumple con todos

los puntos que la normativa evalúa; sin embargo, no está lejos de dar cumplimiento a dicha normativa, debido a que ya se cuenta con una cultura del cuidado del trabajador y la prevención de riesgos.

Se diseñaron los diferentes planes de acción a implementar en las 14 actividades dentro de la empresa, los cuales van desde la capacitación para realizar calentamientos previos a sus actividades hasta capacitación en la correcta forma de realizar las actividades. Por otro lado, también hubo planes de acción más a fondo de la actividad, en los cuales se tuvieron que rediseñar algunos lugares de trabajo, desde la reingeniería de una banda transportadora en el área de recepción de cartonera hasta la adición de otra banda pequeña en la banda encargada de transportar piezas de cerdo en el área de la góndola, para facilitar el alcance por parte de los colaboradores y de esta forma evitar el sobre esfuerzo. De este modo, los trabajadores se vieron menos propensos a lesiones musculares.

Aplicar los distintos planes de acción que se propusieron en las diferentes áreas de la empresa traería varios beneficios para esta misma, ya que disminuir los riesgos de lesiones en los colaboradores evita que surjan accidentes, ya sea a corto, mediano o largo plazo, evitando que se pierda temporal o definitivamente a esta persona. De igual forma, se ahorraría mucho dinero en gastos médicos y en primas de seguro anuales.

Teniendo un plan de trabajo que se base en la seguridad y salud de los colaboradores no sólo se cubre el aspecto legal, sino que también se favorece la productividad y bienestar de estos mismos. De igual forma, se obtiene una reducción en gastos médicos, resolución de problemas operativos y de eficiencia. Asimismo, se mejoró el compromiso por parte de los colaboradores con la empresa.

Referencias

- Ávalos, L., & Ávalos, L. (2021). Empresas deberán proteger a empleados de riesgos ergonómicos con NOM-036-I-STPS-2018 - GRUVAIN. <https://gruvain.mx/2020/08/06/empresas-deberan-protger-a-empleados-de-riesgos-ergonomicos-con-nom-036-1-stps-2018/>
- Health and Safety Executive. (2003). Metodología MAC (Manual Handling Assessment Charts) HSE
- Instituto Mexicano del Seguro Social. (2017). Obtenido de <http://datos.imss.gob.mx>
- Norma Oficial Mexicana NOM-036-I-STPS-2018. (2018). Factores de riesgo ergonómico en el Trabajo-Identificación, análisis, prevención y control. Parte 1: Manejo manual de cargas. Diario Oficial de la Federación.
- Organización Internacional del Trabajo (1996-2019). Obtenido de Organización Internacional del Trabajo. ILOSTAT: <https://www.ilo.org>

Seguridad y salud en el trabajo en México (2021). Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/279153/Libro_Seguridad_y_salud_en_el_trabajo_en_Mexico_Avances_retos_y_desafios_Digital.pdf
Sociedad de Ergonomistas de México A.C. (8 de febrero de 2019). Obtenido de SEMAC: <http://www.semac.org.mx>

Capítulo 7

Análisis e implementación de metodología ABC en almacén de una compañía productora de tintas flexográficas

Rodolfo Castillo Félix
Allán Chacara Montes
José Manuel Velarde Cantú

Resumen

El presente proyecto consiste en la implementación de un sistema para mejorar la organización de las materias primas de un almacén de tintas flexográficas que trabaja internamente en la empresa productora de cartón (CECSO), en la cual se verán los problemas con respecto a la gestión de sus inventarios y en la salida de los insumos con respecto a sus fechas de caducidad. Dicho almacén se encarga del abastecimiento de tinta a las máquinas impresoras que se encargan de darle color a las cajas de cartón producidas en dicha empresa.

El acomodo y salida de materia prima se encuentra controlado por personal de la compañía que constantemente presenta problemas a la hora de acomodar el material cuando tienen nuevas entradas de materia. Cabe mencionar que no se les da una buena salida conforme a las fechas de caducidad de la materia. La propuesta de mejora está basada en el sistema ABC así como en la aplicación de la metodología PEPS (primero en entrar, primero en salir), la cual tiene como objetivo organizar los productos del almacén con base en su rotación, teniendo a mayor alcance los productos con más demanda diaria para la jornada laboral y a su vez, *stock*. Esto permitirá tener una mejor organización en los almacenes, una mejor rotación en los inventarios, evitar una pérdida parcial o total de los productos y, a su vez, reducir los tiempos de abastecimiento del material a las áreas que requieran de su uso.

Introducción

General Products es una empresa dedicada a la venta de servicios aplicados a las artes gráficas, como lo son diferentes tipos de tintas según las necesidades de sus clientes. Contar con una buena organización en los inventarios es de gran importancia hoy en día para cualquier empresa, ya que contar con un buen acomodo de sus materias primas les ayuda a trabajar de mejor manera, ofrecer un mejor servicio a sus clientes y ser más efectivos a la hora de ofrecer sus insumos a sus clientes.

Es muy importante que las empresas tengan su inventario controlado, vigilado y ordenado, ya que la finalidad es distribuir y abastecer de forma adecuada el material del que se dispone. Sin duda alguna, para cualquier tipo de empresa se hacen necesarios los inventarios, puesto que son estos los que van a permitir:

1. Tener control de la mercancía
2. Generar reportes de la situación económica del negocio

Debemos tener presente que el no tener en inventario lo que se necesita, puede llevar al paro de producción a la empresa a la cual le tenemos que abastecer de dicho artículo. Se decidió desarrollar este tema, ya que desde el primer día que se revisó el almacén se vio como un punto débil con el cual contaban, ya que sus empleados perdían mucho tiempo a la hora de buscar algún material y no lo encontraban por su mal acomodo y distribución de *racks* para el resguardo de sus materiales. A lo largo de toda la cadena de suministro tiene que haber espacios donde almacenar y depositar la mercancía mientras no sea necesario su tratamiento. Una vez que se adquieren las materias primas para la fabricación de productos terminados, deberán transportarse y almacenar en un lugar determinado y con unas técnicas de almacenamiento concretas (Brenes, 2015). Podemos definir el almacén como el recinto donde se realizan las funciones de recepción, manipulación, conservación, protección y posterior expedición de productos. Para (Mecalux, 2021), los problemas más frecuentes a los que se enfrenta una organización dentro de sus almacenes son:

- Espacio insuficiente
- Personal con falta de capacitación y/o conocimiento
- Mala distribución del almacén
- Deficiente colocación de los materiales (dificultad para localizar los materiales)

El inventario debe ser administrado eficientemente, ya que según Ehrhardt y Brigham (2007), persigue dos objetivos fundamentales: 1) garantizar con el inventario disponible, la operatividad de la empresa y 2) conservar niveles óptimos que permitan minimizar los costos totales (de pedido y de mantenimiento). Un

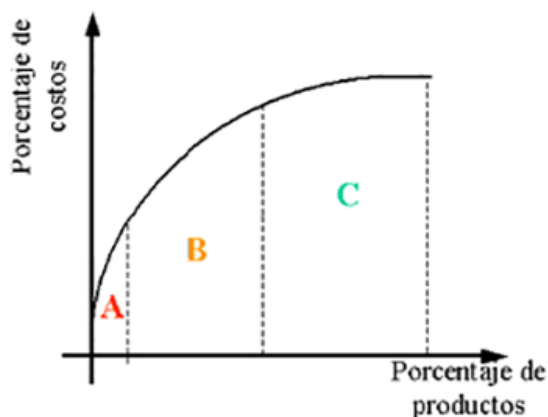
inventario bajo hace aumentar los costos de pedido, mientras que los inventarios altos incrementan los costos de mantenimiento.

Análisis de inventario ABC. El método de control de inventarios ABC (por sus siglas en inglés: *Activity Based Costing*; es decir, basado en actividades) es una herramienta que permite realizar la relación entre los productos o insumos, su precio unitario y la demanda, con el fin de determinar el valor de los artículos para priorizarlos de forma descendente, optimizando así la administración de los recursos de inventarios y logrando mejorar las tomas de decisiones. Este análisis es muy importante y muy utilizado en el control y la gestión de *stocks*, pues es una herramienta que se enfoca en identificar los materiales que requieren mayor atención. De este modo, para realizar un buen análisis, se debe determinar el periodo de análisis y el inventario debe estar correctamente valorizado, así como los datos históricos del periodo de tiempo que se pretende analizar (Duque, 2019).

El método ABC establece que, al revisar el inventario, una empresa debería clasificar los artículos de la A a la C, basando su clasificación en las siguientes reglas:

- Los artículos A son bienes cuyo valor de consumo anual es el más elevado. El principal 70-80% del valor del consumo anual de la empresa generalmente representa solo entre el 10 y el 20% de los artículos de inventarios totales.
- Los artículos B son artículos de clase intermedia, con un valor de consumo medio. Este 15-25% de valor de consumo anual generalmente representa el 30% de los artículos de inventarios totales.
- Los artículos C son, al contrario, artículos con el menor valor de consumo. Es el 5% más bajo del valor de consumo anual y generalmente representa el 50% de los artículos de inventarios totales.

Figura 1. Gráfico ABC



Método PEPS: la definición y funcionamiento del método FIFO (o PEPS, en español) en el almacenaje industrial tiene que ver con la forma en la que mueven las mercancías y es sencillo: primera en entrar (*first in*), primera en salir (*first out*). Como lo menciona (Pedreño, 2010), consiste en darle uso a las mercancías más antiguas con la finalidad de mantener un flujo que no permite el rezago de los materiales. Para ello, se desarrollan sistemas de almacenaje industrial específicos que facilitan este tipo de proceso, tanto en términos operativos como de gestión. El método FIFO o PEPS es utilizado habitualmente para la gestión de *stock* de productos perecederos, con fecha de caducidad, siendo los más comunes los alimentos, medicamentos o productos cosméticos.

Metodología 5S. El método 5S surge en Japón tras la Segunda Guerra Mundial. Se implantó por primera vez en los años 60 dentro de una fábrica de producción de Toyota. Según (Adalvert, 2016), las 5S tienen como objetivo realizar cambios ágiles y rápidos, con una visión a largo plazo, en la que participan activamente todas las personas de la organización para idear e implementar sus mejoras. Es determinar la implicación y participación de todos los niveles de la organización, sobre todo de la dirección y gerencia. Las 5S tienen como fin lograr un mayor orden, eficiencia, y disciplina en el lugar de trabajo (Gemba). Las 5S se derivan de las palabras japonesas: *seiri*, *seiton*, *seiso*, *seiketsu* y *shitsuke* (Masaaki, 1998).

Las “5S” son las iniciales de cinco palabras japonesas que nombran a cada una de las cinco fases que componen el método:

1. *Seiri*: clasificación. Consiste en identificar y separar los materiales necesarios de los innecesarios y en desprenderse de estos últimos.
2. *Seiton*: orden. Se trata de establecer el modo en que deben ubicarse e identificarse los materiales necesarios, de manera que sea fácil y rápida para encontrarlos, utilizarlos y reponerlos.
3. *Seiso*: limpieza. Basada en identificar y eliminar las fuentes de suciedad, asegurando que todos los medios se encuentran siempre en perfecto estado.
4. *Seiketsu*: estandarización. El objetivo es distinguir fácilmente una situación normal de otra anormal, mediante normas sencillas y visibles para todos, dando lugar a un control visual.
5. *Shitsuke*: disciplina. Consiste en trabajar permanentemente de acuerdo con las normas establecidas.

La calidad empieza por la propia persona y por el ambiente que le rodea. Esta es la razón de la utilización de la metodología 5S, enfocada a lograr sitios de trabajo realmente excepcionales, donde se respire un ambiente eficiente, seguro y confortable (Eurofins, 2020).

Materiales y métodos

Sujeto bajo estudio

El presente proyecto se llevará a cabo en un almacén de tintas, el cual se encarga de abastecer los turnos de producción de cajas en una empresa de la ciudad. Se cuenta con 3 despachadores, lo cuales son los encargados de surtir al recolector de tinta con el material solicitado para dar inicio a las corridas durante el turno.

Procedimiento

Paso 1. Se llevará a cabo un conteo sobre las cubetas diarias necesitadas en cada turno para poder empezar con el inicio de la jornada laboral; se anotará tono y cantidad surtida por los despachadores para poder tener una muestra sobre cuáles son las tintas más utilizadas durante el mes y, a su vez, tener un mejor panorama sobre cómo debe de estar organizado el almacén en cuanto al acomodo de las tintas para así tener un acceso más rápido a las tintas más utilizadas diariamente y así reducir los tiempos de entrega de abastecimiento. Una vez recolectados los datos, se realizará una tabla donde se describirá el nombre del tono y la cantidad utilizada semanalmente, a su vez, la misma tabla se ordenará de mayor a menor para saber cuáles fueron las de mayor demanda.

Paso 2. Se pretende llevar a cabo una revisión cada vez que entre material nuevo al almacén para que las cubetas con mayor antigüedad sean las que queden al frente del *rack* y que la tinta nueva vaya quedando atrás. Esto, para lograr una mejor salida de material y evitar que el material vaya caducando y quedando obsoleto.

Paso 3. Por último, se desarrollará un plan de orden y limpieza del área, el cual se deberá de llevar a cabo diariamente. Esto, con el fin de que los pasillos, *racks* y cubetas permanezcan limpias y ordenadas. Dicho formato será revisado por el encargado en el inicio del primer turno y en caso de que presente alguna anomalía, se le notificará para una corrección con el despachador en turno.

Materiales

- Reporte de salidas de materiales
- Vales de consumo
- Plumaz
- *Software* (Excel, ERP CECOSO)

Resultados y su discusión

Paso 1. Se gestionaron las salidas diarias que tenía cada tinta en el almacén para llevar un control de cada una de ellas y así poder evaluar su flujo de salida. Actualmente se tiene un total de 196 tonos diferentes para el abastecimiento a el área de producción. De esta manera, nos daríamos cuenta de cuáles son las tintas que mayor demanda tienen para la producción y también de qué tipo de acomodo es el más viable para el almacén, para así dar un mejor servicio disminuyendo los tiempos de entrega del material y evitar pérdidas de tiempo por no encontrar el material solicitado por los abastecedores. Cabe recordar que cuando se tiene un mal acomodo de las tintas, muchas veces los despachadores tienden a tardar hasta 10 o 15 min buscando la tinta solicitada; de esta manera, se busca tener identificados los estantes de manera visual y así mejorar la localización de los insumos.

A continuación, se muestra cómo es que se encontraba el almacén antes de hacer un reacomodo y de las revisiones de orden y limpieza donde se puede observar que en algunos pasillos las tintas se encuentran fuera de los límites permitidos, algunos *racks* libres cuando se tiene tinta en el piso y también se cuenta con material caducado en *stock*.

Figura 2. Situación actual de almacén



Paso 2. En la siguiente tabla se ve una muestra de las tintas, una vez aplicado el método ABC, donde nos arrojó cuáles son los tonos de tinta con mayor flujo de salida para así poder acomodarlos de mejor manera en el almacén y facilitar su localización al momento de despachar este insumo.

Los primeros 11 tonos son los que más demanda diaria tienen y, a su vez, son los que estarán acomodados en los primeros *racks* del almacén para tener un acceso más rápido a ellos y ahorrar tiempo buscándolos. Los siguientes 10 tonos son los de demanda media, los cuales estarán situados en los pasillos centrales del almacén y que tienen demanda pero no tanto como los anteriores. Finalmente, los últimos 10 tonos son los que tienen menor demanda o nula en algunos casos, los cuales estarán al final del almacén, ya que son los que menos demanda tienen.

Tabla 1. Acomodo tintas con metodología ABC

Tonos	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Total
Blanco especial intenso	200	145	375	1,250.00	1970
Negro GCM1-90	140	320	380	420	1260
Rojo GCM1 609 SUNFED	200	300	380	360	1240
Negro intenso	360	180	140	380	1060
Impermeabilizante	220	260	220	340	1040
Rojo GCM1-75	220	260	160	380	1020
Verde GCM1-2081	200	420	280	115	1015
Verde GCM1-24	300	120	300	210	930
Azul GCM1-31 SUNFED	200	300	180	220	900
Amarillo GCM1-13	0	240	560	40	840
VERDE GCM1-20	360	220	0	260	840
Café GCM1-908	0	120	0	160	280
Rojo GCM1-73	100	20	40	100	260
Rojo GCM1-74 cascada	20	20	80	140	260
VERDE GCM1-2081 cascada	120	100	0	40	260
Rojo GCM1-76	20	180	20	20	240
AZUL GCM1-30	20	60	100	40	220
Ward red U	0	120	100	0	220

Tonos	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Total
Amarillo PMS 122 U	100	20	40	60	220
Base negra especial	100	0	100	13.8	213.8
Amarillo <i>process</i>	0	80	20	100	200
Verde PMS 3262 U	0	0	40	0	40
Naranja GCM1 80 intemperie	0	0	40	0	40
Verde PMS 554 U intemperie	0	0	20	20	40
Verde GCM1-25 cascada	20	0	20	0	40
Naranja GCM1-80 cascada	20	0	0	20	40
Azul <i>winter</i> cascada	0	0	40	0	40

Paso 3. Una vez reacomodado el almacén nos dimos a la tarea de diseñar un formato que nos permite identificar las tintas según su código, nombre del tono, número de lote, número de entrada y la fecha de entrada al almacén. Esto, con el fin de que cada material esté identificado y también para que cada tono tenga su lugar específico al momento de la llegada de material nuevo.


Figura 3. Formato de identificación

IDENTIFICACION POR LOTE	
CÓDIGO DE MATERIAL:	060-001-0368
DESCRIPCIÓN:	VERDE PMS 368-U
NUMERO DE LOTE:	B-94785
NÚM. ENTRADA:	168=1_00054
FECHA:	19/08/2021
_____ RECIBIO	

Finalmente, se diseñó un plan de limpieza para el almacén donde se especifica el responsable y la fecha de limpieza del área. Ello, con el fin de mantener un ambiente limpio y ordenado dentro de las instalaciones. La revisión se llevará a

cabo por el encargado, el cual revisará diariamente los estantes y pasillos donde se anotará la fecha en que se revisó y las observaciones encontradas.

Figura 4. Formato de orden y limpieza

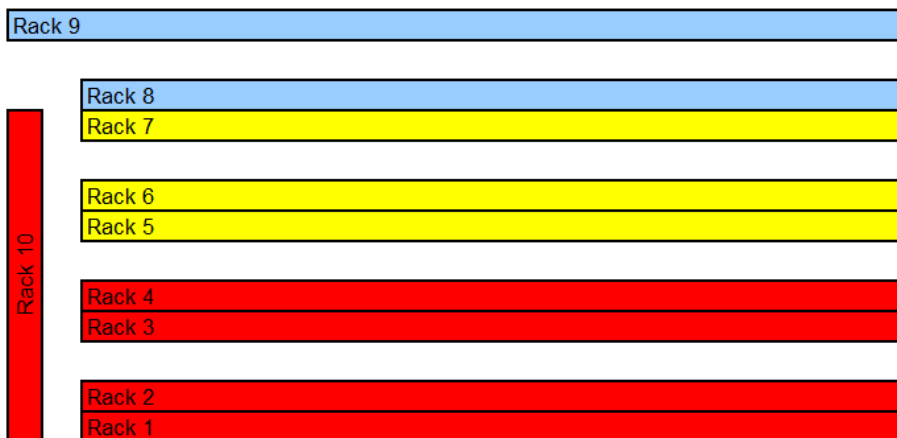


Orden y Limpieza

NOMBRE	AREA ASIGNADA	Barrer		Limpiar estante		Dejó cubetas en piso		Observaciones
		Si	No	Si	No	Si	No	
NOMBRE 1	Identificación, orden y limpieza estante #1 y 2							
NOMBRE 2	Identificación, orden y limpieza estante # 3 y 4			Frecuencia		Dejó cubetas en piso		Observaciones
		Si	No	Si	No	Si	No	
NOMBRE 3	Identificación, orden y limpieza estante # 5 y 6	Cumple		Frecuencia		Dejó cubetas en piso		Observaciones
		Si	No	Si	No	Si	No	

Una vez implementado el método ABC, se reorganizó el almacén quedando de la siguiente manera: en los *racks* de color rojo estarán situadas las tintas con mayor demanda, seguidas por los *racks* de color amarillo, que son las de demanda media, y finalmente, en los *racks* en color azul, las tintas con poca o nula demanda.

Figura 5. *Layout* del almacén de almacén



Conclusiones y recomendaciones

En todas las empresas se necesita tener un cierto control de inventarios para tener un alcance d , por ello se puede decir que el sistema ABC es un método que sirve para asignar costos y corregir deficiencias que se pueden tener al comparar los recursos consumidos con los productos finales. El sistema ABC asigna el costo total de todas las actividades que fueron usadas para la manufacturación del producto.

En todas las empresas se necesita tener cierto sistema de control en sus inventarios para tener un mejor alcance de sus materiales. Esto les ayuda a tener mejores eficiencias a la hora de proveer sus insumos a las áreas correspondientes de abastecimiento a sus consumidores finales. El método ABC les permite tener un mejor control en cuanto a las materias más utilizadas y que mayor demanda diaria tienen.

A su vez, se hará periódicamente un recorrido por los estantes para checar las caducidades de las tintas para así evitar la pérdida de material y también se realizarán jornadas de limpieza periódicas para mantener un área limpia y organizada, logrando una mejor vista del almacén.

Se recomienda al supervisor checar las actividades de los despachadores para que no caigan en lo mismo y se mantenga un almacén limpio y organizado. Asimismo, se sugiere trabajar en un ambiente de trabajo limpio que garantice que los trabajadores laboren más a gusto, encuentren con mayor facilidad los materiales requeridos y haya menor riesgo de algún accidente laboral.

Referencias

- Adalvert, P. (2016). *5S para la mejora Continua: La base del Lean*. Talent, S.L.
- Brenes, P. (2015). *Técnicas de almacén*. Editex.
- Duque, W. R. (2019). *Análisis e implementación del sistema ABC en el inventario agrícola de una planta de producción de alcohol*. Cali.
- Ehrhardt, M. y Brigham, E. (2007). *Finanzas corporativas*. Segunda edición. Editorial Thomson.
- Eurofins. (2020). *¿En qué consiste el método de las 5s?* Recuperado el día 20/11/2021 de <https://envira.es/es/en-que-consiste-el-metodo-de-las-5/>
- Imai Masaaki (1998). *Cómo implementar el Kaizen en el sitio de trabajo (Gemba)*. McGraw-Hill
- Mecalux. (2021). *Los 10 problemas logísticos más comunes en un almacén*. Recuperado el día 20/11/2021 de <https://www.mecalux.com.mx/blog/problemas-logisticos>
- Predeño, E. P. (2010). *Contabilidad: Iniciación Práctica*. Lex Nova S.A.

Capítulo 8

Aplicación del mapa de cadena de valor en una planta de elaboración de alimento para cerdos

Aureliano Galaviz Bleizeffer
Allán Chacara Montes

Resumen

El presente proyecto plantea el mapeo de un proceso de elaboración de alimento para cerdo mediante el mapeo de cadena de valor (*Value stream Mapping*) con el motivo de conocer el estado actual del proceso de producción y generar las acciones de mejora que propicien el cumplimiento del objetivo de este proyecto, el cual es elevar la productividad.

Mediante el mapa de estado actual del proceso de producción se realizó un análisis del mismo para detectar cualquier tipo de desperdicio y posteriormente realizar las acciones de mejora y plasmarlas en el mapa del estado futuro. Se encontró que el porcentaje de utilización y la eficiencia de los equipos se encontraban al 50% de su capacidad, ocasionado por una deficiente planeación de producción y horarios para cargar los camiones con el producto terminado. Con la propuesta de implementar un programa de producción en las granjas se logró eliminar los huecos entre procesos y la panificación de horarios para cargar los camiones. También se logró elevar casi un 40% la utilización y la eficiencia de los equipos, lo que se tradujo en un aumento de la productividad en un 50%. Además de la aplicación del vsm, se hizo uso de otras herramientas como el Kaizen *newspaper* para enlistar los problemas encontrados y generar las acciones de mejora para cada uno de estos problemas, así como la matriz de causa-efecto para determinar cuáles procesos tienen mayor influencia o impacto en el resultado del producto terminado y el diagrama de Pareto para representar la relación entre las entradas y salidas del proceso.

Introducción

Hoy en día las empresas industriales se encuentran en constante lucha por asegurar la competitividad en el mercado global, donde se presenta la necesidad de mejorar los sistemas de producción, optimizando los recursos y eliminando los desperdicios que se generan dentro del sistema (Barcia, 2007). Lean manufacturing, dentro de sus herramientas, engloba las características de aplicabilidad que toda empresa debe tomar en consideración si quiere ser competitiva (Hernández y Vizán, 2013). Para el desarrollo de este proyecto se estará trabajando con una de las herramientas Lean, el vsm (*Value Stream Mapping*) o mapa de cadena de valor, el cual tuvo su origen en Toyota, conocido como “mapeo de flujo de materiales y de información” y finalmente fue desarrollada por Rother y Shook en su libro *Learning to see* (1998) (Serrano Lasa, 2007). Según Paredes Rodríguez (2017), el vsm es una herramienta visual que representa el flujo de materiales e información requeridos para la elaboración de un producto, con la finalidad de identificar las actividades que generan y las que no generan valor; así como, identificar los desperdicios y las áreas de oportunidad de un sistema de producción. El autor Cabrera Calva (2012) afirma que el vsm aporta un flujo de valor que muestra sistemáticamente aquello que el cliente valora, incluyendo la información, materiales y procesos que contribuyen a la obtención de lo que el cliente está dispuesto a pagar.

Por tanto, vsm es una herramienta que visualiza todas las actividades que se realizan desde que entra la materia prima hasta que se transforma en producto terminado (Arrieta, Muñoz, Echeverri & Gutiérrez, 2011). Por esta característica, López (2013) utilizó el vsm como estrategia para la reducción de costos en una línea de ensamblaje de motores, el cual fue realizado mediante el mapeo del proceso con el que se determinó el estado actual de este.

El presente proyecto se desarrollará en una planta procesadora de alimentos balanceados para cerdo, donde a raíz de un incremento en la demanda del producto, surge la necesidad de analizar el proceso de producción con la finalidad de detectar los desperdicios y áreas de oportunidad, además de determinar si la planta tiene la capacidad de satisfacer la demanda requerida, lo cual llevó a la siguiente pregunta de investigación: ¿se podrán detectar las áreas de oportunidad utilizando herramientas Kaizen y simular el aumento de demanda, utilizando el *vsm*? Se consideraron los siguientes objetivos:

- Detectar las áreas de oportunidad utilizando herramientas Kaizen y simular el aumento de demanda, utilizando el *vsm*.
- Definir proceso actual de la organización para conocer las diferentes actividades que se realizan y poder realizar un análisis.

- Establecer los indicadores pertinentes que nos ayuden a diagnosticar el estado actual del proceso de producción.
- Identificar, por medio de un análisis, qué actividades son las que no agregan valor al objetivo general de la organización.
- Aplicar la metodología Kaizen, para adaptar mejoras en las actividades y procesos que no generan valor.
- Definir vsm futuro para llevar a cabo las mejoras propuestas en los procesos de la empresa y que serán las actividades analizadas y actualizadas para lograr las metas deseadas.

La importancia del proyecto de aplicación del mapa de cadena de valor en la planta de alimento para cerdo garantiza un incremento en la productividad mediante la detección de las áreas de oportunidad y los desperdicios generados en el proceso.

El análisis del estado actual permitirá generar una estructura visual del proceso en general permitiendo definir las fallas que afectan de manera directa e indirecta las actividades de producción, y con base en esto, generar las propuestas de mejora con la finalidad de proponer el estado futuro; es decir, alcanzar el estado ideal libre de desperdicios.

Mediante la implementación de las propuestas de mejora se pretende reducir los tiempos muertos, tiempos de espera, estandarizar actividades, mejorar el flujo de producción y crear un canal de comunicación de información fácil de entender entre los involucrados, a fin de alcanzar los objetivos de la organización. Algunas limitaciones del estudio son: confidencialidad de la información, acceso a la información requerida y disponibilidad de horarios del personal involucrado; teniendo como delimitaciones que la aplicación del vsm solo será al proceso de producción de alimento balanceado para cerdo.

Materiales y métodos

Sujeto de estudio

El sujeto bajo estudio para esta investigación será el proceso de producción de una planta de elaboración de alimentos para cerdo. Dicha planta pertenece a un importante grupo porcicultor de la región y tiene el propósito de producir alimento para autoconsumo; es decir, el producto elaborado por la planta productora no está destinado para la venta al público, sino que el alimento producido está destinado únicamente para satisfacer la demanda de las granjas pertenecientes al mismo grupo.

La planta produce diferentes tipos de alimento. Para producir cualquiera de estos se utiliza el mismo proceso, las únicas diferencias son las porciones de grano y el tipo de suplemento utilizado; esto, según la etapa del cerdo al cual va destinado el alimento.

Procedimiento

En el procedimiento utilizado para el desarrollo de la investigación se detallan las acciones y actividades realizadas de manera secuencial, asegurando que cada una de estas cumplan con los objetivos específicos planteados en el capítulo 1, y a la vez, que estos satisfagan el objetivo general de la investigación. El procedimiento utilizado es el siguiente.

Paso 1. Definir proceso actual

1. Analizar la planta para identificar las áreas que la componen.
2. Observar el proceso de producción para definir los procesos clave de este.
3. Definir como procesos clave los que estén enfocados directamente a la producción del alimento.
4. Representar gráficamente los procesos clave.

Paso 2. Mapeo del proceso actual

1. Obtener los datos de operación para cada uno de los procesos.
2. Tiempo de ciclo.
3. Disponibilidad del equipo.
4. Definir los indicadores adicionales que tienen alto impacto en el proceso.
5. Obtener los datos de los indicadores adicionales.
6. Determinar el inventario de cada etapa del proceso, comenzando con lo que se encuentra en el almacén de materia prima, después el que se encuentra en proceso y por último, el de producto terminado.
7. Conocer la demanda, la manera en que pide el cliente y la cantidad requerida.
8. Representar el mapa del estado actual mediante el programa Visio, de manera que se integre dentro del gráfico cada uno de los elementos involucrados para la obtención del producto terminado. Estos se representan mediante un símbolo específico y se unen a través de flechas de información o de producto en movimiento, según sea el caso, para obtener la secuencia del proceso.
9. Introducir la información obtenida correspondiente a cada elemento dibujado en el mapa del estado actual.

10. Dibujar la cadena de tiempo.

Paso 3. Evaluación del proceso actual

1. Determinar *takt time*.
2. Realizar los cálculos de los indicadores que se desean evaluar para obtener del nivel operativo actual del proceso productivo.
3. Definir el nivel mínimo aceptable de los indicadores para hacer la comparación de los resultados obtenidos y determinar en qué estado se encuentran.
4. Identificar los indicadores con resultados bajos y remarcarlos dentro del mapa, indicando que es un área que requiere atención.
5. Crear la cadena de tiempo para determinar el tiempo de valor no agregado.

Paso 4. Desarrollo de acciones de mejora

1. Analizar las áreas señaladas que requieren atención para identificar los problemas que presentan.
2. Enlistar los problemas identificados.
3. Utilizar la herramienta Kaizen *newspaper* (anexo A) para asignar una o más acciones de mejora a cada problema identificado.
4. Definir aquellas acciones de mejora que serán prioritarias.

Paso 5. Mapeo del proceso del estado futuro

1. Corroborar *takt time*.
2. Utilizar una matriz de evaluación de proceso para definir los porcentajes que se desean alcanzar, introducir los porcentajes reales y hacer la comparación entre estos dos para obtener la diferencia o el posible beneficio obtenido.
3. Realizar la matriz causa-efecto para determinar la relación entre las entradas y salidas del proceso productivo; es decir, cuáles actividades del proceso tienen mayor impacto en el producto terminado.
4. Realizar un diagrama de Pareto para las entradas y uno para las salidas, para representar gráficamente el impacto que tiene cada elemento de cada gráfica.

Materiales

Software

- Office Visio para la elaboración del mapa del estado actual y futuro.
- Plantillas en Office Excel para la elaboración del Kaizen *newspaper*, la matriz

de evaluación de proceso, la matriz de causa-efecto y los diagramas de Pareto.

- Office Word para la redacción del documento.
- Artículos de oficina.
- Cronómetro.
- Bitácora de tiempos.

Resultados y su discusión

Paso 1. Definir el proceso actual

Bitácora de tiempos:

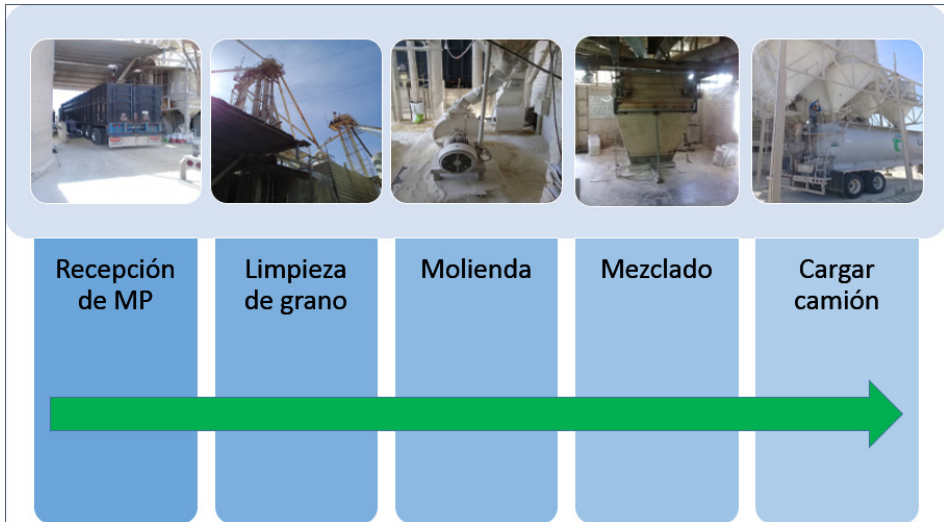
En la primera etapa del proyecto se estudió y analizó la planta de producción de alimento para cerdos con el motivo de conocer su proceso productivo y entender cómo se compone, cuáles son los procesos que lo constituyen y definir los procesos clave del proceso de producción. Al realizar el estudio se encontró que la organización está constituida por las siguientes áreas y procesos:

- Control de producción administrativo (oficina).
- Báscula
- Recepción de materia prima (pila de descarga).
- Limpieza de grano.
- Molienda.
- Premezclado.
- Mezclado.
- Cargar camión.

Al realizar el análisis se encontró que la organización tenía definido como tal un proceso general y sus diferentes áreas, sin embargo, no se encontraban definidos los procesos claves de este sistema productivo. Por tal razón, para fines del desarrollo del proyecto y poder alcanzar el objetivo del mismo, se definieron como procesos claves a la recepción de materia prima, limpieza de grano, molienda, mezclado y cargar camión, debido a que en estos la materia prima es transformada para obtener el producto terminado.

En la Figura 1 podemos observar los procesos clave desde la llegada de la materia prima hasta cargar el producto terminado en el tráiler.

Figura 1. Procesos clave



Paso 2. Mapeo del proceso actual

En esta segunda etapa se llevó a cabo el mapeo del proceso para obtener el diagnóstico del estado actual del proceso productivo, el cual será representado mediante la estructura del mapa de flujo de valor (vsm). El procedimiento indica obtener ciertos datos pertinentes a las operaciones del proceso productivo para formar la estructura mencionada (ver tabla 1).

En la siguiente tabla se muestran los datos de operación de los procesos del sistema productivo que se requieren para realizar el análisis de la situación en la que se encuentra el mencionado sistema.

- Disponibilidad: $(\text{tiempo}/\text{tiempo programado para producir}) \times 100$
- D: 10.9 h/22 h = 49%
- Desempeño: $(\text{cantidad de producción real}/\text{cantidad de producción teórica}) \times 100$
- D: 136 t/170 t = 80%
- Calidad: $(\text{cantidad de productos buenos}/\text{cantidad total producida}) \times 100$
- C: 136 t/136 t = 100%
- OEE: 39.2%

Se requiere conocer los inventarios de materia prima, inventario en proceso e inventario de producto terminado (ver tabla 2).

Tabla 1. Datos de operación de los procesos

Operación	Tiempo de ciclo	Capacidad	% de utilización	Tiempo disponible	Eficiencia del equipo (OEE)
Recepción de M.P. (pila de descarga)	N/A	25 t	N/A	N/A	N/A
Limpieza de grano	2.4 h	10 t/h	46.59%	22 h	39.65%
Molienda	2.9 h	8.4 t/h	51.13%	22 h	40.0%
Mezclado	1.2 h	2 t/6 min	34.04%	21 h	34%
Cargar camión	25 min/camión		13.15%	10 h	N/A
Báscula	4 min/camión	75 t	20%	10 h	N/A
Premezclado	20 min	98 kg/20 min	10.23%	21 h	1.3%

Tabla 2. Inventarios

Inventario	Tipo de inventario	Cantidad	Capacidad (Ton)
Silos	Materia prima	2 silos	1300 y 300
Grano entero	En proceso	2 tolvas	12 t c/u
Grano molido	En proceso	8 tolvas	2 de 30 t y 6 de 14 t
Producto terminado	Producto terminado	14 tolvas	4 de 5 t, 8 de 6 t y 2 de 8 t

Se encontró que los silos se encontraban al 50% de su capacidad, lo que se traduce en aproximadamente 800 toneladas de grano, mientras que las tolvas de grano entero, grano molido y de producto terminado se encontraban al 100% de su capacidad.

Otro de los requerimientos de este mapeo inicial es identificar la demanda; es decir, la manera y cantidad en las que el cliente pide. Este es un dato sumamente necesario para determinar el *takt time*, el cual resulta necesario para determinar cómo el sistema de producción debe ser ajustado para satisfacer la demanda. Es importante mencionar que este es un sistema donde la demanda diaria no es fija; es decir, la demanda cambia día a día. Por tal motivo, se hace mención de que el día en que se llevó a cabo el mapeo inicial la demanda fue de 118 toneladas; además, se tiene el dato que en la situación actual en la que se encuentra la planta de producción se puede producir un máximo de 170 tonela-

das diarias de alimento para cerdo. Como datos adicionales necesarios se tiene el tiempo de ciclo que fue calculado para un camión de 24 toneladas y el tiempo total disponible de la planta.

Tabla 3. Demanda

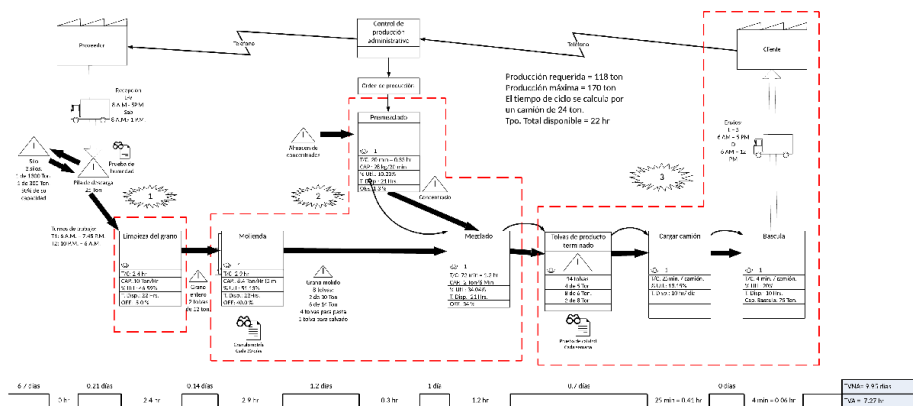
Producción requerida (demanda)	118 t
Producción máxima	170 t
Tiempo total disponible	22 h

Una vez recopilados los datos técnicos de operación requeridos para el análisis del proceso de producción, se utilizó el *software* Office Visio como herramienta para crear el gráfico del mapa del estado actual del proceso (ver figura 2).

En la Figura 2, se muestra la estructura formada con base en los datos recopilados del sistema de producción, de tal manera que se observa el flujo de operación del proceso. El mapa del estado actual es una representación gráfica del proceso, en el cual se estructuró sistemáticamente cada uno de los elementos que componen el sistema productivo, donde, a la vez, cada uno de estos elementos es acompañado de sus datos de operación, formando una poderosa herramienta de apoyo.

Cada uno de los elementos, además de mostrar sus datos técnicos, fue relacionado uno con otro utilizando el tipo de flecha de conexión, permitiendo identificar tanto el flujo de los materiales como el flujo de información en el proceso de producción.

Figura 2. vsm estado actual



Pas 3. Evaluación del proceso actual

Durante la evaluación del proceso actual se calculó el *takt time* para tener la referencia de la velocidad en la que se tiene que producir la demanda. Se sabe que la demanda son 118 t y que el tiempo disponible es de 22 h; por lo tanto, al sustituir estos valores en la fórmula del cálculo del *takt time* se obtiene el siguiente resultado:

Formula de *takt time*: $T = T_a / D$

T: tiempo de fabricación necesario para satisfacer la demanda.

T_a = tiempo neto para trabajar.

D= demanda del cliente.

$T = 79,200 \text{ seg} / 118 \text{ t} = 672 \text{ s/t}$

Continuando con la evaluación del estado actual se generó información de los indicadores deficientes que tiene la finalidad de mostrar los indicadores que se consideraron estar en un nivel no deseable.

Tabla 4. Indicadores deficientes

Proceso	Indicador	Nivel real
Limpieza del grano	% de utilización	46.59%
	OEE	39.56%
Molienda	% de utilización	51.13%
	OEE	40%
Mezclado	% de utilización	34.04%
	OEE	34%

Como se puede observar en la Tabla 4, los indicadores que presentaron un nivel bajo de desempeño, son porcentaje de utilización y el OEE. Estos se considera que están en una situación crítica. Mediante eventos, Kaizen se indicó dentro del mapa del estado actual las áreas que requerían atención; es decir, los indicadores críticos de bajo desempeño o las áreas que fueron destinadas a ser estudiadas con la finalidad de encontrar las causas del déficit en los indicadores de porcentaje de utilización y el OEE.

Después de estudiar las áreas identificadas con los eventos Kaizen, fueron identificados los problemas y causas que ocasionaban que los indicadores de operación del proceso arrojaran niveles bajos de desempeño. Dichos problemas son los siguientes:

- En el proceso de limpieza de grano, parte de este se va al depósito de impurezas.
- Paro imprevisto por sobrecarga de la banda transportadora.
- No hay continuidad en las órdenes de producción, lo cual provoca paros en los equipos de limpieza de grano, molienda, premezclado y mezclado.
- Paro imprevisto por sobrecarga de la banda transportadora y llenado de tolvas de producto terminado.
- La eficiencia de los equipos de premezclado, mezclado y molienda fue de 1.3%, 34% y 40%, respectivamente. Esto fue ocasionado por la baja utilización.
- Se pierden aproximadamente 2 horas esperando que sea recibido un camión a ser cargado. Esto provoca que se pare el proceso por tener tolvas llenas.

Paso 4. Desarrollar acciones de mejora

El desarrollo de las acciones de mejora se realizó con el apoyo de la herramienta Kaizen *newspaper* para facilitar enlistar las problemáticas, identificar el área a la que pertenecen según el evento Kaizen en el mapa del estado actual y de igual manera, enlistar las acciones de mejora para cada problemática (ver tabla 5).

Paso 5. Mapeo del proceso del estado futuro

Lo primero que se realizó durante el mapeo del proceso del estado futuro fue corroborar el *takt time* con las acciones de mejora, donde se espera elevar la producción a 238 t/día de alimento para cerdo, con el mismo tiempo disponible de 22 h/día. Por lo tanto, se obtuvo el siguiente *takt time*:

$$\text{Takt time} = 79,200 \text{ s} / 238 \text{ t} = 333 \text{ s/t}$$

Después de calcular el *takt time* se procedió a crear el mapa del estado futuro, el cual representa la situación ideal del proceso de producción después de haber implementado las acciones de mejora (ver figura 3).

Se realizó una matriz de evaluación de proceso para hacer la comparación entre los datos de operación del mapeo del estado actual y el mapeo del estado futuro y mostrar la diferencia entre estos dos.

En cuanto a los indicadores de operación porcentaje de utilización y eficiencia (OEE) identificados como críticos de los procesos limpieza de grano, molienda y mezclado debido a su bajo nivel de rendimiento, se encontró que con las acciones de mejora estos tuvieron un aumento, además de que la producción puede elevarse respectivamente para cada proceso.

En el análisis del estado futuro se utilizó una matriz causa-efecto para identificar cuáles de los procesos tienen mayor relación con lo que el cliente espera del producto terminado. Dicho de otra manera, cuáles procesos tienen mayor impacto

en el producto terminado que pudiesen afectar lo que el cliente espera del producto terminado.

El resultado, a través de la matriz causa-efecto, determinó las áreas que tienen mayor influencia en aquello que el cliente espera del producto terminado, el cual es la consistencia del alimento, ingredientes de acuerdo a receta y cantidad correcta del pedido, son los procesos de molienda, premezclado y mezclado (ver figuras 5 y 6). Mediante un diagrama de Pareto se representó gráficamente, clasificando en orden de mayor a menor las entradas (procesos) que tienen mayor repercusión en las salidas (lo que el cliente espera del producto terminado); esto, para dar un orden prioritario de atención. De igual manera, se realizó un diagrama de Pareto para las salidas, con el fin de identificar los principales requerimientos del cliente y enfocar esfuerzos en satisfacer estos mismos.

Tabla 5. Kaizen newspaper

Kaizen newspaper			
Proyecto: planta de producción de alimento para cerdo			
Ref.	No.	Problema/oportunidad	Acción de mejora
1	1	En el proceso de limpieza de grano, parte de este se va al depósito de impurezas.	Utilizar metodología de diseño de experimentos para determinar una medida estándar para el paso del grano utilizado.
	2	Paro imprevisto por sobrecarga de la banda transportadora.	Redefinir velocidad y trabajo estándar.
2	3	No hay continuidad en las órdenes de producción, lo cual provoca paros en los equipos de limpieza de grano, molienda, premezclado y mezclado.	Desarrollar sistema de control de producción, en conjunto con las granjas, para dar prioridad a la producción y evitar huecos entre ellas.
	4	Paro imprevisto por sobrecarga de la banda transportadora y llenado de tolvas de producto terminado.	Redefinir velocidad y el trabajo estándar. Diseñar control visual en las tolvas para asegurar cuando estén llenas.
	5	La eficiencia de los equipos de premezclado, mezclado y molienda fue de 1.3%, 34% y 40%, respectivamente, ocasionada por la baja utilización.	Desarrollar programa de seguimiento del indicador de eficiencia del equipo (OEE) por turno para levantar este indicador.
3	6	Se pierden aproximadamente 2 horas esperando que sea recibido un camión a ser cargado. Esto provoca que se pare el proceso por tener tolvas llenas.	Establecer programa de carga y descarga de camiones, con horarios definidos.

Tabla 6. Matriz de evaluación del proceso

CONCEPTO	META	UDM	ANTES	DESPUÉS	DEFERENCIA	VÁLOR (\$)	MEJORA PERDIDA SIN CAMBIO
LIMPIEZA DE GRANO							
Porcentaje de utilización	85%	%	46.6%	85%	38.4%		
Eficiencia (OEE)	80%	%	39.6%	80%	40.4%		
Producción		Ton/día	118	238	120		
MOLIENDA							
Porcentaje de utilización	85%	%	51.1%	85%	33.9%		
Eficiencia (OEE)	80%	%	40.0%	80%	40.0%		
Producción		Ton/día	118	236	118		
MEZCLADO							
Porcentaje de utilización	85%	%	34.0%	85%	51.0%		
Eficiencia (OEE)	80%	%	34.0%	80%	46.0%		
Producción		Ton/día	118	278	160		
						\$	
TOTAL						-	

MEJORA

PÉRDIDA

SIN CAMBIO

Figura 4. Matriz causa-efecto

Cause and Effect Matrix

Project: Proyecto la Cacharamba Correlation: 9: High 3: Medium 1: Low 0: No correlation

Importance to Customer (I-10): 8 9 10 6 5 6

Output Variables (Ys) → Consistencia del alimento Ingredientes de acuerdo a receta Alimento correcto Cantidad correcta del pedido

Process Step Input Variables (Xs) ↓

Step	Consistencia del alimento	Ingredientes de acuerdo a receta	Alimento correcto	Cantidad correcta del pedido	Weighted Score (K)	%	Rank	Status (critical, potential, or eliminated)
1. Recepción de materia prima	0	0	0	0				Eliminated
2. Limpieza del grano	3	0	0	0	24	5.4%	7	Potential
3. Molienda	9	1	0	0	81	18.4%	3	Critical
4. Premezcla	0	9	0	1	87	19.7%	2	Critical
5. Mezclado	9	3	0	3	117	26.5%	1	Critical
6. Tolvas de prod. terminado	0	0	3	0	30	6.8%	6	Potential
7. Cargar camión	0	0	3	3	48	10.9%	5	Potential
8. Báscula	0	0	0	9	54	12.2%	4	Potential
Weighted Score (Y)	168	117	60	96	441			
Rank	1	2	4	3				

Comments/Conclusion:
De acuerdo al análisis realizado, las actividades críticas del proceso son mezclado, premezclado y molienda que afectan a los requerimientos del cliente

Guide:
1. Before you start, collect the causes and effects.
2. Insert the causes on the left hand column.
3. Insert the effects on the top row.
4. Indicate the relationships between each pair.
5. Address the causes with the highest overall score.

En cuanto a las entradas del proceso se observó que el que mayor impacto tiene con las salidas es mezclado, luego le sigue premezclado y molienda. Por otro lado, en las salidas, el que mayor relación tiene con los procesos es consistencia del alimento, luego los ingredientes de acuerdo a la receta y cantidad correcta del producto.

Figura 5. Diagrama de Pareto sobre las entradas del proceso

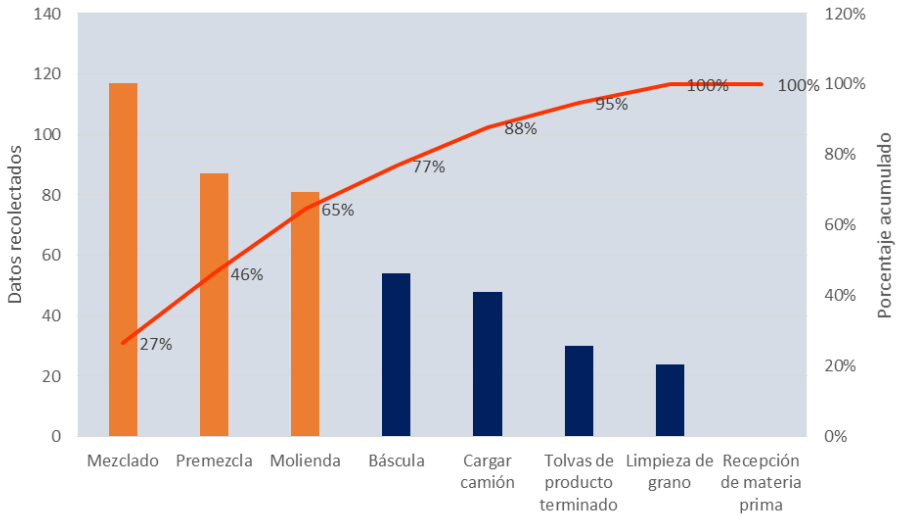
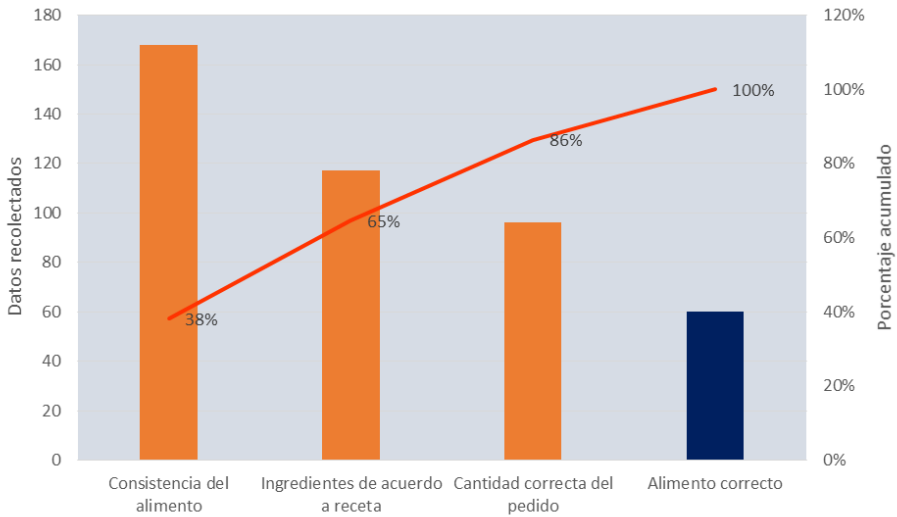


Figura 6. Diagrama de Pareto sobre las salidas del proceso



Conclusiones y recomendaciones

Durante el análisis de la situación actual se encontraron diversas problemáticas; sin embargo, al estudiar a fondo cada una de estas, se encontró que dos de las problemáticas causaban en 80% de las fallas del proceso de producción. Una de estas es que al no haber una continuidad en los órdenes de producción, se generaba demasiado tiempo muerto, lo que provocaba el bajo nivel en los indicadores de porcentaje de utilización y de eficiencia. El motivo de no generar los órdenes de producción de manera continua se debe a que no se cuenta con un plan de producción en coordinación con las granjas; es decir, cuando se inician labores en la planta, se desconoce la cantidad de órdenes de producción que se ejecutarán y se desconoce el momento en el que los órdenes llegarán a la planta.

La otra problemática encontrada se asocia a una deficiente programación de carga de camiones con el producto terminado para su envío a las granjas. Esto provocaba que al no contar con un camión disponible para ser cargado, las tolvas de producto terminado llegaban a su capacidad máxima, por lo que la producción era interrumpida hasta que un camión llegaba a ser cargado y vaciar las tolvas de alimento y poder seguir produciendo. Como consecuencia, de igual manera que la problemática anterior, el porcentaje de utilización y la eficiencia de los equipos a causa de los paros de producción son afectados.

Para solucionar las problemáticas detectadas se propuso implementar un sistema de producción que estuviera en coordinación con las granjas. Este plan de producción propone que las granjas determinen el consumo diario de alimento para que conozcan cuándo tienen que requerir alimento, ya que se plantea establecer horarios de recepción de órdenes de producción para eliminar los huecos entre estas. En conjunto con el plan de producción, se propone establecer un sistema con horarios definidos para carga de camiones, con la finalidad de mejorar la continuidad de producción.

Como se mencionó, tan solo el problema de planeación de producción y de carga de camiones son los causantes del 80% de las causas que ocasionan la baja productividad del sistema. Mediante la implementación de las acciones de mejora se lograría incrementar los indicadores para los siguientes procesos:

Limpieza de grano

- % de utilización de 46.6% a 85%, un incremento de 38.4% de mejora
- OEE de 39.6% a 80%, un incremento de 40.4% de mejora

Molienda

- % de utilización de 51.1% a 85%, un incremento de 33.9%
- OEE de 40% a 80%, un incremento de 40%

Mezclado

- % de utilización de 34% a 85%, un incremento de 51%
- OEE de 34% a 80%, un incremento de 46%

Producción en general de 118 t/día a 178 t/día, un incremento de 160 t/día de producto terminado.

El beneficio obtenido es notorio al elevarse en forma positiva los indicadores de eficiencia y porcentaje de utilización, lo cual indica un aumento de la productividad en el proceso de producción. Mediante el desarrollo de un flujo continuo, se aprovecha al máximo el tiempo disponible de la maquinaria. Con base en esto, se concluye que se logró el objetivo de este proyecto, el cual es incrementar la productividad del proceso de producción de alimento para cerdo.

Recomendaciones

- Informar a todos los empleados de la empresa los resultados del análisis aplicado
- Dar seguimiento a las actividades de mejora propuestas
- Desarrollar un plan de seguimiento de los indicadores críticos
- Documentar los procesos una vez estandarizados
- Establecer programa de capacitación al personal
- Elaborar un plan de producción tomando en cuenta la demanda, la recepción de materia prima y la carga de camiones con producto terminado

Referencias

- Arrieta, J., Muñoz, J. Echeverri, A. & Gutiérrez, S. (2011). *Aplicacion Lean manufacturing en la industria colombiana. Revisión de la literatura en tesis y proyectos de grado*. [Tesis].
- Barcia, K. (octubre, 2007). *metodología para mejorar un proceso de ensamble aplicando el mapeo de la cadena de valor (vsm)*. *Revista tecnologica ESPOL*, 31-38.
- Barcia, K. (2007). *Metodología para mejorar un proceso de ensamble aplicando el mapeo de la cadena de valor*.
- Cabrera, R. (2012). *Manual de lean manufacturing*. Fernández, F. (2013).
- Hernández, J. (2013). *Lean manufacturing conceptos, técnicas e implementación*. Fundación EOI.

- INSHT,T. (SF). INSHT. Obtenido de http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/Folletos/Generales/Ficheros/Que_es_eval_riesgos.pdf
- López, B. (2013). Mapeo de la cadena de valor (vsm) como estrategia de reducción de costos, caso práctico: motor baja S.A. de C.V. [Tesis].
- Paredes, A. (2017). Aplicacion de la herramienta *value stream mapping* a una empresa embaladora de productos de vidrio. *Ingenieria y tecnologia*, 263-264.
- Ríos, J. (2009). Mapeo de la cadena de valor para el aumento de la productividad dentro del proceso de rectificado en una planta manufacturera ITSON, tesis MILC.

Capítulo 9

Control de variación: acciones para los procesos del área de *microwave* de una empresa del giro aeroespacial

María del Pilar Lizardi Duarte
Héctor Plutarco Domínguez Moreno
Alejandro Arellano González
Alma Alicia Sortillón Álvarez

Resumen

El proyecto abordó la problemática surgida en el área *microwave* referente a cómo controlar la variación en el proceso de elaboración de antenas en una empresa de giro aeroespacial de la región, la cual presentaba niveles de variación en cuanto a la cantidad de defectos obtenidos por arriba del límite superior permitido por la organización, que es de 170 errores máximo al mes, además de un aumento en el número de defectos permitidos por mes desde el año 2019 a la fecha, identificándose un aumento de hasta 293 defectos por mes en periodo crítico. Esta situación ocasiona un incremento de costos de producción de hasta 20 mil dólares al mes. Partiendo de la problemática anterior, se planteó el objetivo de generar acciones que apoyen en el control de la variación del proceso de elaboración de antenas, se utilizó un procedimiento basado en la metodología AMEF y la reducción de la variación en los defectos en el proceso fue un factor importante para el cumplimiento de los requerimientos del cliente, ya que al disminuir los defectos en la producción de antenas se disminuyeron en un 75% las inconformidades y devoluciones de los clientes. Esto genera un impacto positivo en los costos, ya que el tener menor variación de los defectos ocasiona mayor tiempo disponible de producción y cumplir con los requerimientos del cliente, además que disminuyeron los costos por retrabajos. Se establecieron tres planes de acción para mitigar el riesgo y acciones correctivas para eliminar o reducir el riesgo de modo de fallo para las distintas actividades del proceso.

Introducción

Alrededor del mundo, al aprovechamiento de los recursos naturales en la región se le conoce como actividad económica. En los países, esta actividad es dividida en sectores económicos, los cuales se clasifican con base en los procesos de producción que ocurren al interior de cada uno de ellos. De acuerdo a Iberiform (2021), la división de los sectores económicos es la siguiente:

- **Primarios:** comprenden todas las actividades que se basan en la extracción de bienes y recursos procedentes del medio natural: agricultura, ganadería, pesca, caza, explotación forestal y minería.
- **Secundarios:** agrupan las actividades económicas encargadas de la transformación de los bienes y recursos extraídos del medio natural (materias primas) en productos elaborados. Las actividades esenciales del sector son la construcción y la industria.
- **Terciarias:** incluyen todas aquellas actividades que no producen bienes materiales de forma directa y, por tanto, no encajan dentro de los sectores primario y secundario.

Como se muestra, el sector secundario gira en torno a la construcción y la industria, donde toma un gran papel la industria manufacturera, la cual el INEGI (2015) define como la actividad económica que transforma una gran diversidad de materias primas en diferentes artículos para el consumo. Martínez (2020), en el marco de Expo Manufactura 2020, da a conocer que en los primeros ocho meses de 2019, el valor de la producción de la industria manufacturera en México sumó 5,506 billones de pesos, cifra 2.2% superior a la observada en los primeros ocho meses de 2018. El personal total ocupado en la industria manufacturera mexicana creció 1.31% en relación al anual y se integraron 2.6% más empleados y 1.2% más obreros en promedio. El autor señala que la industria de la manufactura continúa empujando el motor de la economía en México. De acuerdo con estadísticas presentadas por INEGI (2018), en su colección de estudios sectoriales, la fabricación de maquinaria y equipo tiene un mejor desempeño que el resto de la industria y la economía, pues registra cerca de un 4% de crecimiento en forma anual y la industria metalmecánica representa el 12.7% del *Producto Interno Bruto*.

Por su parte, Vilchis (2019), en la Federación Mexicana de la Industria Aeroespacial (FEMIA), compartió que dentro cinco años México se convertirá en uno de los 10 países más importantes de la industria aeroespacial global, pues ha mostrado un crecimiento sostenido del sector de un 14% durante los últimos 15 años. Asimismo, INEGI (2018) señala que actualmente existe una flota aérea mundial de 23,480 aviones y para 2036 se espera que dicho número aumente

a 46,900. Esta es una oportunidad importante que debe aprovecharse, pues la industria aeroespacial mexicana se expandió 145% en los últimos 10 años. La industria aeroespacial representa hoy en día una de las de mayor impacto a nivel mundial, su mercado se ha estimado del orden de los 450 mil millones de dólares. Este sector se encuentra estrechamente vinculado a la continua innovación y al desarrollo de nuevas tecnologías y materiales de vanguardia, contribuyendo de manera relevante en el desarrollo económico y social de los países con alta participación (Vilchis, 2019). La evolución de la producción generalmente se mide con el *Producto Interno Bruto* (PIB). Así, el PIB de la fabricación de equipo aeroespacial muestra un desempeño positivo. Después de la crisis económica de 2008-2009, el PIB de esta industria creció 152% de 2009 a 2017, en términos reales. La fabricación de equipo aeroespacial es una industria joven en el país que registró un mayor dinamismo que el PIB de las industrias manufactureras.

El personal ocupado en la fabricación de equipo aeroespacial está aumentando a un ritmo muy favorable si se compara con el observado en las industrias manufactureras. Incluso durante la crisis económica de 2008-2009, el personal ocupado en la fabricación de equipo aeroespacial aumentó, a diferencia de lo que sucedió en las industrias manufactureras, en donde disminuyó. El aumento del personal ocupado en la fabricación de equipo aeroespacial se debe al incremento registrado tanto en el personal operativo como en el administrativo. La consultora PwC (2020) publicó su informe anual de clasificación de países atractivos para la fabricación aeroespacial. En el *top 10* no aparece México. La lista es encabezada por Estados Unidos, pese a la actual crisis sanitaria y los estragos de ella. A Estados Unidos, le siguen Singapur, Canadá, Corea del Sur, Japón, Australia, Reino Unido, Alemania, Suiza y Hong Kong.

La pandemia de COVID-19 cambió el enfoque para la selección de los países, por lo que ahora se toma en cuenta la liquidez y gestión de riesgo en la cadena de suministros, mientras se proyecta un retorno de volumen entre tres a cinco años. El coronavirus también propició la revaluación de las empresas en el aspecto laboral; trasladar la cadena de suministro a territorios de origen o a países como México, Vietnam o Filipinas, podría reducir el riesgo y obtener beneficios, como menores costos laborales, políticas gubernamentales favorables y economías de escala.

En los últimos años algunas de las empresas más importantes del giro aeroespacial optaron por establecer plantas de producción de sus franquicias en México. Cabe mencionar que las empresas establecidas en la región tienen un gran impacto tanto en la economía como en el crecimiento de industria aeroespacial en México. México se ha consolidado como un líder global en el sector aeroespacial. Ha registrado un crecimiento en las exportaciones de 17.2% anual en los últimos

nueve años. Actualmente, existen 287 empresas y entidades de apoyo en el país, la mayoría de las cuales cuentan con certificaciones NADCAP y AS 9100. Estas últimas están localizadas principalmente en cinco estados y emplean a más de 32,600 profesionales de alto valor (Modern Machine Shop México, 2015). Ahora bien, de acuerdo con Vázquez y Bocanegra (2018), los años noventa marcaron el inicio de la industria aeroespacial en el país y se ha venido acentuado su crecimiento, destacando la proyección ascendente en inversión, empresas y empleo hacia el 2020. Los autores señalan que en el 2013 el número de empresas aeroespaciales eran 267 concentradas en cinco estados (75.28% del total), y que los estados más importantes eran cuatro estados fronterizos. El resto de estas industrias se repartía en otros 13 estados del país. Comentan también que, según información de la Secretaría de Economía, para 2015 el total de empresas se había incrementado a 300, distribuidas en 18 estados, y que esta industria generaba más de 43 mil empleos, y que los cinco estados con mayor número de empresas aeroespaciales son: Baja California (71), Sonora (52), Chihuahua (35), Querétaro (41) y Nuevo León (32), su respectivo potencial de producción son los siguientes:

- Chihuahua: con capacidad industrial y de manufactura avanzada, es la entidad con el mayor desarrollo y potencial en el sector del país.
- Baja California: Centra sus capacidades de innovación en servicios basados en KPO para la industria aeroespacial y de defensa. Tiene potencial para desarrollar sistemas de fuselaje y plantas de poder.
- Sonora: su estrategia se basa en el desarrollo de la cadena de suministro, con un enfoque en la innovación, principalmente en la fabricación de turbinas, y la generación de talento especializado en las necesidades de la industria.
- Querétaro: con el potencial para especializarse en diseño de turbinas, manufactura, ensamblado y mantenimiento y reparación de partes complejas de fuselajes, turbinas y trenes de aterrizaje.

El sector aeroespacial en Sonora cuenta con 45 empresas y exporta cerca de 164 millones de dólares, siendo Estados Unidos el principal destino de las exportaciones. El clúster aeroespacial de Sonora cuenta con procesos de fundición, maquinado y procesos secundarios, así como operaciones de aeroestructuras y materiales compuestos (Secretaría de Economía, 2016). En la Figura 1 se observan las empresas potenciales de la industria aeroespacial en el estado de Sonora.

La empresa bajo estudio se encuentra en el sector industrial en el ámbito aeroespacial. Su principal función es la manufactura de productos para los sectores militar, espacial y de telecomunicaciones. El área seleccionada es el área de *microwave*, la cual con cuatro procesos que son ensamble, soldadura, encapsulado y pruebas funcionales de productos militares. El objeto bajo estudio es el proceso de

ensamble de la antena que cuenta con nueve subprocesos para su elaboración. El mercado principal al que atiende la empresa son: Boeing, Airbus, Harris, Thales, Panasonic, General Electric, Alcatel e Interruptores General Dynamics.

Las principales actividades que se realizan en la empresa bajo estudio son la manufactura de: fibra óptica, *switches*, conectores coaxiales, ensamble de cables coaxiales, antenas militares, maquinado de conectores, platinado de conectores.

El problema que se presenta en el área de producción de antenas, y que se observa desde hace un año, es que no se tienen los procesos bajo control, hay mucha variación con respecto a la cantidad de defectos producida por mes, donde es permitido tener 170 defectos por cada 1,000 antenas. La empresa quiere llevar sus procesos a 6 SIGMA para mejorar la calidad de sus productos, llevar un mejor control en sus procesos y ampliar la cantidad de clientes que se tiene actualmente. En la Figura 2 se muestra el diagrama de Ishikawa donde, con los datos recolectados de la organización, se pudieron determinar los diferentes factores que afectan el área de la empresa que se está estudiando.

Figura 1. Empresas de giro aeroespacial en el estado de Sonora



Fuente: Secretaría de Economía (2016).

En la organización se llevó a cabo un análisis de la variación de los defectos de la producción de antenas y se determinó que no solo se tienen defectos, sino que también se cuenta mucha variación en los mismos defectos, como se muestra en la Figura 3.

Como se muestra en la Figura 4, la producción de antenas tiene una tolerancia de 170 defectos por mes. En cambio, se puede observar que en uno de los meses se tuvo una cantidad de 463 defectos en el mes. La brecha que separa a la tolerancia de defectos por mes es de 293 defectos, siendo este uno de los mayores problemas del área bajo estudio. De igual manera, la empresa bajo estudio detectó un incremento considerablemente alto en el año, el cual se muestra en la Figura 4.

Figura 2. Diagrama de Ishikawa

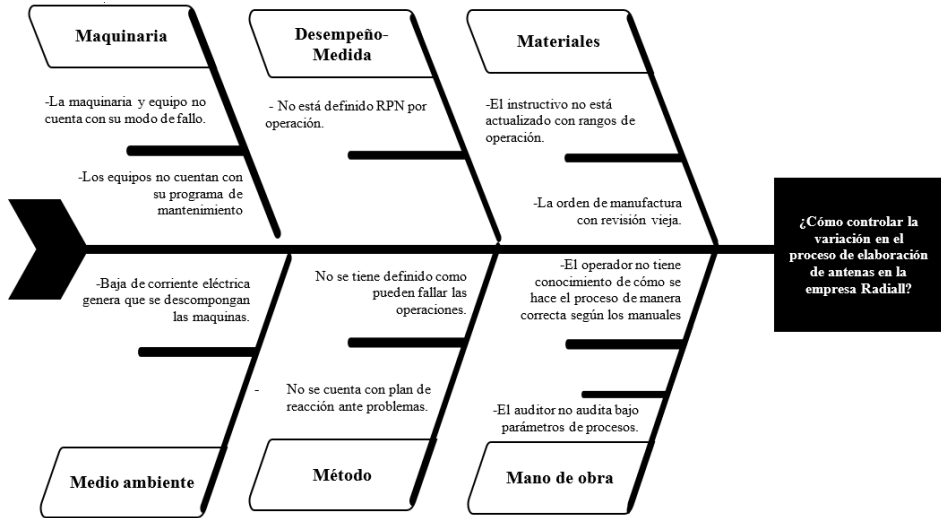
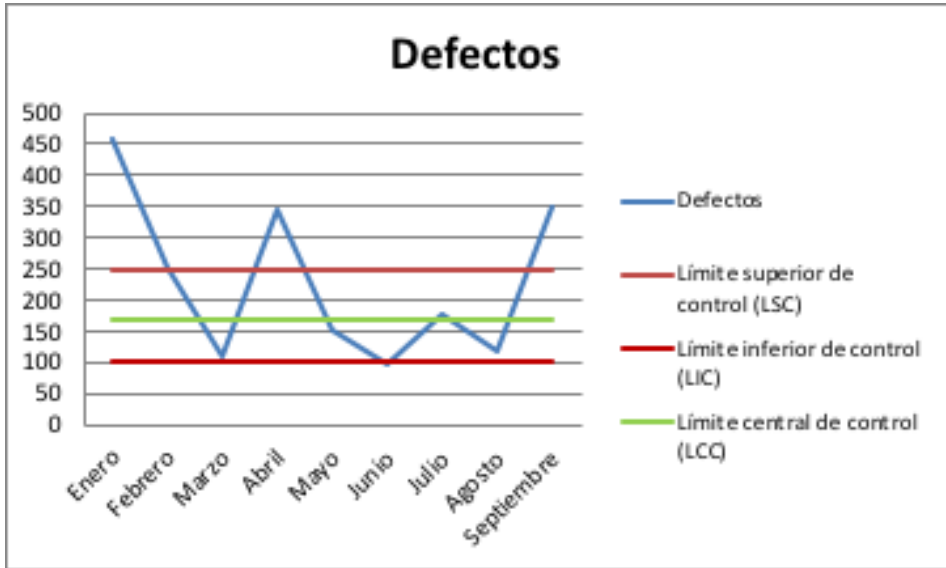


Figura 3. Gráficas de defectos en las antenas por mes



Figura 4. Gráfica de número de defectos por mes en 2019



Por lo descrito anteriormente, se establece la siguiente pregunta de investigación:
¿Cómo controlar la variación en el proceso de elaboración de antenas en la empresa I?

Objetivo: generar acciones que apoyen en el control de la variación del proceso de elaboración de antenas en una empresa del giro aeroespacial.

Materiales y métodos

A continuación se presenta el método que se realizó para el proyecto. Este procedimiento fue construido con base en la metodología AMEF (Análisis de Modo de Fallo y Efecto) generada en el ejército de Estados Unidos.

Sujeto de estudio

El objeto bajo estudio de este proyecto fue el proceso de elaboración de antenas de una empresa de giro aeroespacial de la región del sur de Sonora, específicamente en sus cuatro procesos, que fueron soldadura, encapsulado, marcado y ensamble.

Procedimiento

1. Analizar la definición raíz del sistema de producción de antenas

Se retomó la información conseguida y se formuló la definición raíz utilizando el formato del análisis CATWOE.

2. Identificar los pasos del proceso a analizar

Se listaron las actividades y subactividades del proceso de producción de antenas y se realizó un diagrama de flujo del proceso y su localización en el organigrama.

3. Realizar el análisis del modo y efecto de falla de defectos del proceso

Con la información proporcionada por el personal entrevistado, se hizo el análisis AMEF para los cuatro procesos del área de producción de antenas de la empresa bajo estudio. Se enlistan los pasos que se siguieron para esta actividad:

1. Determinar los posibles modos de falla de cada paso o componente.
2. Listar los efectos de cada potencial modo de falla.
3. Asignar el grado de severidad de cada efecto. Severidad es la consecuencia de que la falla ocurra.
4. Asignar el grado de ocurrencia de cada modo de falla. Ocurrencia es la probabilidad de que la falla ocurra.
5. Describir si hay controles actuales de prevención
6. Describir si hay controles actuales de detección.
7. Asignar el grado de detección de cada modo de falla.
8. Calcular el NPR (número prioritario de riesgo) de cada efecto.
9. Priorizar los modos de falla con el NPR, de mayor a menor.
10. Generar acciones (acciones recomendadas) para eliminar o reducir el riesgo del modo de falla.

4. Diseñar el plan de control para los procesos

Esto se hizo utilizando el formato de control del plan ya definido por la empresa.

Materiales

Los materiales que se utilizaron para este proyecto se enlistan a continuación:

- Formato de entrevistas a operadores del área bajo estudio, con el fin de recaudar información acerca de la forma en la que realizan los procesos internos.
- Formato de AMEF: se utilizó el formato AMEF para determinar cada uno de los modos de falla que se pueden generar para cada proceso, que permita detectar qué modos de falla serán priorizados para generar acciones.

- Formato de plan de control: se utilizó para controlar los procesos que se efectúan para cada actividad que se realice. Este formato permitió detectar donde ocurre un fallo en el proceso en caso de existir una queja con el cliente.

Resultados y su discusión

En cuanto al **análisis de la definición raíz del sistema de producción de antenas**, se obtuvo la Tabla 1, donde se muestra el análisis CATWOE para el proceso de elaboración de antenas del área de *microwave*.

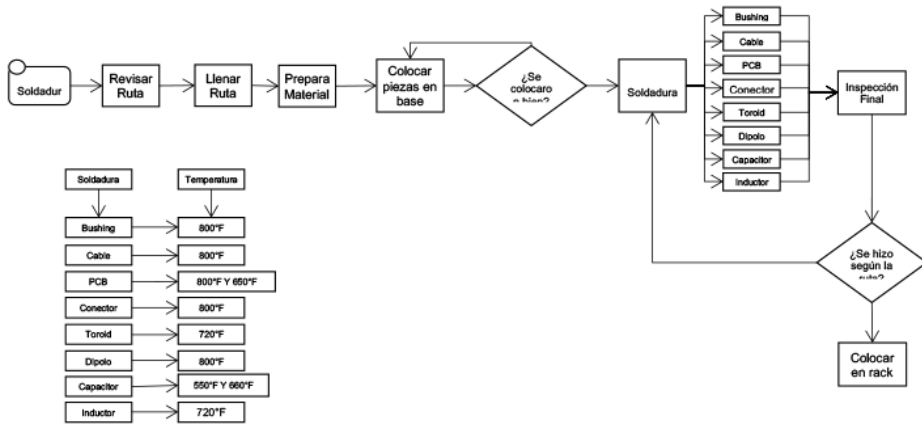
Tabla 1. Análisis CATWOE

CATWOE	Elemento de estudio	Descripción
Cliente	Harris.	Para el proceso de producción de antenas en el área, se tienen 3 clientes: Harris: antenas militares. Thales: antenas militares comerciales. General Dynamics: antenas comerciales.
	Thales.	
	General Dynamics.	
Actor	Personal del área.	Para el proceso de producción de antenas los actores son el ingeniero responsable de implementar soluciones y llevar un control en el proceso, y el operador quien lleva a cabo el proceso.
Transformación	- Soldadura capacitor 1.	El proceso de producción de antenas empieza con la operación de soldadura, donde se soldan los componentes que requiere la antena. A continuación se aplica una prueba de vna donde se detecta si el componente soldado funciona.
	-Soldadura capacitor 2.	
	-Soldadura de componentes.	
	-Soldadura de <i>bushing</i> y conector.	
	-Inspección de soldadura.	
	-Estampado.	
	-Encapsulado.	
	-Curado 1.	
	-Curado 2.	
	-Horneado.	
-Ensamble final.		

CATWOE	Elemento de estudio	Descripción
Transformación	-Inspección final.	A continuación, se marca la antena con las leyendas que lo requiera el número de parte. Se encapsula la antena con resina para proteger los componentes internos de la antena. Se hace el ensamble final de la antena para, a continuación, inspeccionar y empaquetar para su envío.
	-Empaque final.	
Vision global	Para la correcta elaboración de antenas de uso militar.	Se determinó que el proceso de elaboración de antenas es vital para su correcta fabricación, ya que los pasos que se siguen permiten que las antenas se elaboren en el menor tiempo y con los menores desperdicios, ya sea de tiempo o de material.
Propietario	Responsable de proceso.	El propietario del proceso es el ingeniero, ya que él es el encargado de que el proceso se haga correctamente y de implementar soluciones o mejoras al mismo.
Ambiente	Bajón de electricidad.	En el proceso se determinó que el único factor ambiental que afecta son los bajones de corriente eléctrica, ya que podrían ocasionar que una de las maquinas se descomponga, lo que también generaría costos y retrasos en los siguientes pedidos de producción.

Continuando con el **análisis del modo y efecto de falla de defectos del proceso**, la primera actividad fue construir los diagramas de flujo de los 4 procesos que forman la producción de antenas, siendo estos: soldadura, encapsulado, marcado y ensamble. A continuación se presenta la Figura 5 con el diagrama de flujo para el proceso de soldadura.

Figura 5. Diagrama de flujo del proceso de soldadura



Todas las actividades del procedimiento se hicieron para los 4 procesos. Para efectos de este escrito solo se presenta el del proceso de soldadura. Después se realizó el análisis del modo y efecto de falla de defectos del proceso. En la Tabla 2, se muestra un fragmento de la tabla AMEF para el proceso de soldadura.

Tabla 2. Análisis AMEF del proceso de soldadura

Operación	Falla	Efectos de la falla	IPR	Acción que se lleva a cabo
Soldadura de conector	Falta de soldadura	Falla de vna	175	Modificar <i>check list</i> de entrenamiento
	Exceso de soldadura	Falla de vna	175	
	Puente	Falla de vna	175	
	Temperatura mayor a 720° F	Conductor central levantada	135	Definir parámetros de temperatura para retrabajo
	Tipo de soldadura	Falla de vna	75	
Soldadura de dipolo	La soldadura no hace contacto	Falla de vna (queja de cliente)	175	Modificar método de soldadura
Prueba de vna	Programa mal cargado	Falla de vna (vswr, ganancia)	125	Modificar método de soldadura
	Radio equivocado (cable o chasis)	Falla de vna (vswr, ganancia)	125	

Operación	Falla	Efectos de la falla	IPR	Acción que se lleva a cabo
Prueba de VNA	Más de dos personas dentro de la cabina	Falla de VNA (VSWR, ganancia)	45	
	Uso de equipos electrónicos dentro de la cabina	Falla de VNA (VSWR, ganancia)	25	
	Voltaje superior a 3.1	Falla de VNA	225	Cambio de fuente de alimentación automática
	Resistencia 50 ohms	Falla de VNA (VSWR)	35	
	Método	Falla de VNA (VSWR, ganancia)	105	Definir herramientas en ruta de trabajo

En la Tabla 2, se observa un fragmento con los elementos más relevantes de la tabla AMEF, donde se muestran algunas de las operaciones que tuvieron una ponderación más alta en el IPR con algunas de sus propuestas para disminuir el nivel de gravedad.

Posteriormente, se procedió a diseñar el plan de control para los procesos y se analizó cada una de las actividades que se llevan a cabo para la elaboración de antenas. Con este análisis se pudo diseñar un plan de control, donde en cada una de sus columnas se introdujo la información recolectada en el análisis de proceso. Un fragmento del plan de control para el proceso de soldadura se presenta en la Tabla 3, a continuación.

En la Tabla 3, se observa un fragmento del plan de control del proceso de soldadura. En las columnas se muestra todo lo que se requiere para poder tener un buen control de la actividad, como sus características de producto, los parámetros que se tienen que cumplir para que el proceso se realice según los estándares que se requieren, las diferentes herramientas que se utilizarán en el proceso y los documentos de referencia con que se cuenta para realizar la actividad etc.

Lo anterior permitirá poder auditar el proceso en cualquier momento y determinar por qué no se está realizando correctamente el proceso, así como poder determinar en dónde está ocurriendo el modo de fallo.

En cuanto a las mejoras realizadas, se enlistan a continuación algunas de las mejoras que fueron aplicadas. Después de realizar el análisis AMEF, se implementaron acciones en el proceso de soldadura, como las siguientes:

- Actualización de listas de verificación de entrenamiento para identificar fallas en soldaduras.

- Redefinición de los parámetros de temperatura para las actividades de retrabajo.
- Modificación del método de soldadura, para eliminar causales de fallas.
- Se cambiaron las fuentes de alimentación automática.
- Definición de herramientas a utilizar en cada ruta de trabajo.
- Actualización de instructivos de trabajo con herramientas de medición.

Estas acciones permitieron bajar todos los índices de prioridad de riesgo que se tenían en rojo en el periodo de realización del estudio, por lo cual avanzaron a verde. A continuación, se presenta en la Tabla 4 un comparativo de los errores obtenidos por mes, antes y después de la implementación de estas acciones.

Tabla 3. Control plan proceso soldadura

Etape du Synoptique	Comp osant	Opérati on	Caractéristi que Produit	Paramètre process	K C	Verrou	Type de moyen ou N°	Maintenan ce	Document de référence	Sévi du process us	Fréquence et type de surveillance			Taille de l'échanil lon	Plan de réaction	Archivage
											Control frequency					
											1	2	3			
Flowchart stop	Comp onent	Operati on	Product characteristi	Process parameter	K C	Securisar ion	Mean type or number	Maintenan ce	Reference documenta tion	Process Follow up	1	2	3	Sample size	Reaction plan	Storage
											1	2	3			
80	Toroid PCB	Soldad ura de Toroid	Soldadura conforme IPC-A-610 J. ESTÁNDAR	-	K C	Inspecció n Visual	-	Resertifcación cada 2 años	TBO	MO	100 %	100 %	100%	TDB	link de MO	
			-	720°F				PCKA YOKKE de Soldadura	TM-06308 TM-06296 T-0074	Mantenim ento preventivo	FIP MEX 2 767 FIP MEX 2 628 FIP MEX 2 633 FIP MEX 2 656 FIP MEX 2 667 FIP MEX 2 77c FIP MEX 2 66* FIP MEX 2 73c FIP MEX 2 663 FIP MEX 2 734	MO	100 %			100 %
90	Blindaje PCB	Soldad ura de Blindaje	Soldadura conforme IPC-A-610 J. ESTÁNDAR	-	K C	Inspecció n Visual	-	Resertifcación cada 2 años	TBO	MO	100 %	100 %	100%	TDB	link de MO	
			-	800°F				PCKA YOKKE de Soldadura	TM-01382	Mantenim ento preventivo	FIP MEX 2 661 FIP MEX 2 73c	MO	100 %			100 %
100	Cable	Soldad ura de Cable	Soldadura conforme IPC-A-610 J. ESTÁNDAR	-	K C	Inspecció n Visual	-	Resertifcación cada 2 años	TBO	MO	100 %	100 %	100%	TDB	link de MO	
			-	600°F 800°F 0082,0084(2, 008-2.0"16 in) 858.31.289(2, 008-2.0"16 in) 858.31.390(2, 008-2.0"16 in) M015-040(20- 33 in) M018-007(20- 33 in)				PCKA YOKKE de Soldadura	TM-06310 TM-06343 TM-06302 V17-REN20176 647-01A	Mantenim ento preventivo	FIP MEX 2 646 FIP MEX 2 728 FIP MEX 2 755 FIP MEX 2 727 FIP MEX 2 75c	MO	100 %			100 %

Lo expuesto permitió una disminución de errores por mes de un promedio del 38%, siendo el mes de agosto el mes que reportó mayores avances de un periodo a otro pues presentó un 55% de reducción de errores. Cabe también resaltar que,

con esta disminución del porcentaje de errores, fue posible cumplir con la meta establecida por la empresa de 170 errores máximos permitidos por mes, pues como se puede ver en la Tabla, todos los meses del análisis tienen menos de este número de errores después de implementadas las acciones de control.

Tabla 4. Comparativo de defectos

Mes	Defectos antes del proyecto	Defectos después de acciones de control	% mejora
Enero	463	164	35
Febrero	241	58	24
Marzo	115	45	39
Abril	340	112	32
Mayo	149	60	40
Junio	85	20	23
Julio	179	89	49
Agosto	123	68	55
Septiembre	347	160	46
Total defectos	1695	616	38

Conclusiones y recomendaciones

El Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF) es una herramienta de mejora de procesos, sistemática y de trabajo en equipo, que permite rediseñar un proceso para evitar fallas o errores antes de que estos ocurran.

En este proyecto se realizó el análisis del modo y efecto de la falla en cuatro procesos que se desprenden de la producción de antenas de una empresa de giro aeroespacial, se trabajó con el proceso de soldadura, encapsulado, marcado y el ensamble. Para cada uno de ellos se recabó información a través de entrevistas directas con los trabajadores de cada proceso, lo que permitió identificar información de primera mano y confiable sobre el proceso y sus áreas de mejora. Esta parte del contacto directo con el trabajador fue clave para el proyecto, aunque fue difícil ganarse la confianza de los empleados y convencerlos que el proyecto era para su mejora en su área de trabajo. Una vez logrado esto, el resultado del análisis se potenció enormemente y se identificaron muchas más áreas de oportunidad con la herramienta aplicada. Se generaron cuatro diagramas de flujo, para cada uno de los respectivos procesos, se realizó el análisis AMEF de cada proceso y se finalizó realizando un control plan para cada proceso. Este último

exige revisar todas las características del producto y del proceso, quién es el responsable, qué registro se debe de llenar y su plan de reacción; ayuda a distinguir cuáles son las características especiales, las que afectan el proceso.

Este proyecto fue muy importante para la empresa porque los formatos de análisis AMEF con los que contaba la empresa no estaban actualizados y la realidad del proceso actualmente era muy diferente.

Además de esto se puede comentar acerca del impacto económico que representa el haber realizado estos diseños AMEF, ya que generó un impacto económico diferenciado en función a la antenna que se esté produciendo en cada periodo de tiempo, por ejemplo en el caso de la navaja más demandada, representa un impacto de hasta 20 mil dólares mensuales, ya que dicho tipo de navaja es difícil de elaborar y produce a su vez muchos fallos e inconformidades con el cliente, lo que genera retrasos en los envíos y en algunos casos el re TRABAJAR productos desde cero, aumentando así los costos de producción.

Actualmente en la industria manufacturera, y sobre todo en el sector aeroespacial, existen muchos Sistemas de apoyo para la Gestión de la mejora continua de toda empresa o industrial, pero sobre todos los sistemas de mejora continua implementados por las empresas del sector industrial, se basan en la herramienta de la mejora continua, siendo una de ellas el Análisis del Modo y Efectos de la Falla (método AMEF), esta herramienta ayuda a la empresa a determinar acciones de prevención a partir de la identificación de riesgos en el análisis de posibles fallas futuras que pudieran presentarse en diferentes contextos, tales como: productos, servicios, procesos o sistemas, esta herramienta de análisis ayuda a establecer los controles adecuados que eviten la ocurrencia de las mismas. Aplicando el método AMEF se puede reconocer o identificar errores o fallas potenciales, principalmente en los procesos de producción, con el propósito de eliminarlos o de minimizar el riesgo asociado a las mismas, esto ayuda enormemente a aumentar la confiabilidad de los procesos o productos analizados., ayuda a que los tiempos de estos procesos sean más cortos, por la ausencia de paros por fallas, o por su disminución, lo que impacta directamente en la satisfacción de los clientes y es una base para documentar los conocimientos sobre los procesos internos de la organización.

Referencias

- Iberiform. (2021). Clasificación para las actividades económicas. Obtenido de: <https://www.iberinform.es/noticias/detalle/sectores-economicos>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2018). Colección de estudios sectoriales y regionales, Conociendo la industria Aeroespacial INEGI. Obtenido de:

- https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/315125/conociendo_la_industria_aeroespacial_23mar2018.pdf
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2015). Perfil de las empresas manufactureras. Obtenido de: https://www.inegi.org.mx/contenido/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825070571.pdf
- Martínez, E. (2020). Mexico Industry, Industria manufacturera impulsa el crecimiento en el país. Obtenido de: <https://mexicoindustry.com/noticia/industria-manufacturera-impulsa-el-crecimiento-en-el-pais>
- Modern Machine Shop México. (2015). Panorama de la industria aeroespacial de México en 2015. Obtenido de: <https://www.mms-mexico.com/articulos/industria-aeroespacial-de-mexico-sigue-su-vuelo-alto>
- Modern Machine Shop México. (2015). Industria aeroespacial de México sigue creciendo. Obtenido de: <https://www.mms-mexico.com/articulos/industria-aeroespacial-de-mexico-sigue-creciendo>
- PwC. (2020). A21 MX, Países más atractivos para manufactura aeroespacial. Obtenido de: <https://a21.com.mx/aeronautica/2020/09/10/cuales-son-los-paises-mas-atractivos-para-manufactura-aeroespacial>
- Secretaría de Economía (2016). Aeronáutico. Obtenido de: <https://www.economiasonora.gob.mx/portal/component/content/article?id=110:aeronautico>
- Vázquez, M. & Bocanegra, C. (2018). La industria aeroespacial en México: características y retos en Sonora. *Problemas del desarrollo*, 49(195), 153-176. Obtenido de: <https://doi.org/10.22201/iiec.20078951e.2018.195.63183>
- Vichis, R. C. (2019). FEMIA. En 5 años, México entra al top de la industria aeroespacial. Obtenido de: <https://a21.com.mx/aeronautica/2019/08/14/en-5-anos-mexico-entra-al-top-de-la-industria-aeroespacial>

Capítulo 10

Ergonomía: evaluación de riesgos ergonómicos en un proceso de manufactura de carne de cerdo

Andrés de Jesús Castro Mendoza
Mauricio López Acosta
Susana García Vilches

Resumen

La ergonomía tiene como principal objetivo promover la salud y comodidad de los operadores de una organización o empresa. El fin es lograr comodidad, seguridad e higiene laboral, promoviendo así la salud entre los operadores consiguiendo que aumente considerablemente la satisfacción laboral. El objetivo de este proyecto es disminuir los problemas musculoesqueléticos de los operadores, ya que es un problema que a simple vista no es detectado, pero que puede tener consecuencias muy graves en la salud de los operadores. De esta manera, se aplicó un método ergonómico que seleccionado de acuerdo a la actividad que se realiza en la línea de producción; en este caso, se evaluaron posturas de las operadoras desempeñando sus labores de forma normal. Para ello se escogió el método RULA desarrollado para evaluar la exposición de los trabajadores a factores de riesgo que pueden ocasionar trastornos musculoesqueléticos en los miembros superiores del cuerpo, tales como las posturas adoptadas, la repetitividad de los movimientos y la fuerza aplicada en la labor. Fueron evaluados 12 operadores de sexo femenino de una línea de producción en donde adoptaban posturas fuera de rango y, además, el rendimiento no era el esperado. En una primera evaluación se obtuvieron resultados no deseados, ya que las operadoras arrojaron puntuaciones de riesgo medio en sus puntuaciones finales. Al momento de realizar cambios para mejorar sus diferentes posturas, se realizó una segunda evaluación, obteniendo los resultados deseados y se observó la diferencia en las operadoras en cuanto a sus posturas.

Introducción

El presente proyecto fue realizado en una empresa productora de carne de cerdo en un área de producción interna. El problema de los operadores provino de las quejas que se expresaban al facilitador del área en cuanto a cansancios, molestias, dolores de brazos, piernas, cuello y muñecas, los cuales afectaban su rendimiento laboral y esto generaba tiempos muertos y baja producción.

La problemática que se presenta se deriva de las posturas no ideales que adoptan los operadores. Como ya se conoce, adoptar posturas incorrectas puede generar daños musculoesqueléticos en la persona, tal y como se observó durante el análisis y evaluación que se hizo durante el recorrido en el área bajo estudio, identificando rápidamente la manera como trabajaban desde todos los ángulos de sus extremidades corporales.

Los riesgos ergonómicos son la probabilidad de desarrollar un trastorno musculoesquelético por el tipo e intensidad de actividad física que se realiza en el trabajo. Si no se identifican y abordan los peligros y riesgos ergonómicos a tiempo y no se crean instrumentos de gestión adecuados, éstos irán en aumento y, por consiguiente, acarrearán grandes costes económicos y humanos en un futuro próximo. (CENEA, 2019).

Los trastornos musculoesqueléticos (TME) se refieren a cualquier tipo de lesión, daño o trastorno de las articulaciones u otros tejidos de las extremidades superiores o inferiores. Los TME son la categoría más grande de accidentes laborales y son responsables de casi el 30% de costos de compensación del trabajador.

Los trastornos musculoesqueléticos relacionados con el trabajo (TMERT) son trastornos de estructuras corporales, como: músculos, articulaciones, tendones, ligamentos, nervios, huesos el sistema circulatorio localizado. Los TME son causados o agravados principalmente por el trabajo y por los efectos del entorno inmediato en el que se realiza el trabajo. Los factores físicos, psicosociales, organizativos e individuales pueden contribuir al desarrollo de este tipo de TME. Los TME son afecciones o enfermedades que involucran a los tendones, músculos, nervios y otras estructuras que dan soporte y estabilidad al cuerpo humano. Es por ello que se tomó la decisión de realizar una evaluación del método rula, con la intención de identificar las causas que originaban los problemas de TME en las operadoras (Romero, s.f.).

En el área se trabaja el moldeo de piezas, las cuales llegan en mayor proporción, para ello los operadores realizan esa labor que es repetitiva y constante, ya que es la única tarea que realizan. Es importante destacar que cuentan con una jornada laboral de 7 horas en donde es poco el tiempo que tienen de descanso, ya que se trabaja mediante un pistón de gradeo en los cerdos y la producción no

deja de progresar durante todo el turno del trabajo, solo en caso de que ocurra un paro no programado en el área de producción.

El objetivo es disminuir y prevenir los posibles riesgos a los cuales están expuestos los trabajadores, los cuales surgen de las posturas a las cuales están acostumbrados y que no son las adecuadas para realizar de una manera correcta su labor.

Algunos de los factores que se tomaron en cuenta para la evaluación del método fueron:

1. Determinar los ciclos de trabajo y observar al trabajador durante varios de estos ciclos.
2. Seleccionar las posturas que se evaluarán.
3. Determinar si se evaluará el lado izquierdo del cuerpo o el derecho.
4. Tomar los datos angulares requeridos.

Como finalidad, la evaluación del método RULA en los operadores busca mejorar y cambiar esas posturas por las correctas y adecuadas para ellos y disminuir las molestias que se presentan a diario por parte de los operadores. De igual forma, pretende cuidar la salud y bienestar de las operadoras del área de producción.

Materiales y métodos

Sujeto de estudio

El sujeto bajo estudio es una empresa productora de carne, la cual cuenta con diferentes áreas de producción, siendo una de ellas la elegida para la evaluación del método. El área se encarga del moldeo de producto cárnico, el cual es un producto fino, ya que requiere de diferentes especificaciones de calidad, debido a su delicadez y su elaboración.

Después de conocer el área, se observa cómo es que los operadores realizan un trabajo constante, en el cual están ejerciendo movimientos constantes de sus extremidades corporales por un tiempo prolongado. Durante su jornada laboral cuentan solo con aproximadamente 40 a 60 minutos de descanso, el cual no es totalmente suficiente para la recuperación del cansancio generado en su cuerpo. Debido a ello, se enfocó el método en los 12 operadores que se encargan del moldeo de producto en la línea de producción.

Como datos se tiene que su jornada laboral es en un turno matutino de 6:00 a. m. a 13:00 p. m., en donde las operadoras tienen una meta diaria de 2,000 kg de producción en los diferentes productos que realizan.

Procedimiento

La aplicación del método constó en una evaluación mediante el formato del método, observando y dando puntuación a cada una de las extremidades evaluadas en las operadoras.

El procedimiento para aplicar el método RULA se basa en los siguientes pasos:

1. **Determinar los ciclos de trabajo y observar al trabajador durante varios de estos ciclos.**
 - a. Si el ciclo es muy largo o no existen ciclos, se pueden realizar evaluaciones a intervalos regulares.
2. **Seleccionar las posturas que se evaluarán.**
 - a. Se seleccionarán aquellas que, a prioridad, supongan una mayor carga postural bien por su duración, por su frecuencia o porque presentan mayor desviación respecto a la posición neutra.
3. **Determinar si se evaluará el lado izquierdo del cuerpo o el derecho.**
 - a. En caso de duda se analizarán los dos lados; esto, debido a que la actividad que se realiza requiere del uso de las extremidades corporales, las cuales son evaluadas dentro del método.
4. **Determinar las puntuaciones parciales para cada parte del cuerpo.**
 - a. Se realiza una evaluación de las partes del cuerpo que están en posible riesgo y que pueden generar un tipo de TME dependiendo el caso a evaluar.
5. **Obtener las puntuaciones finales del método para determinar la existencia de riesgos y establecer el nivel de actuación.**
 - a. El nivel de actuación depende de cada evaluación realizada al operador, ya que el ritmo de trabajo varía en cada caso planteado. Es por ello que se determina el riesgo ergonómico.
6. **Si se requieren, determinar qué tipo de medidas deben adoptarse.**
 - a. Revisar las puntuaciones de las diferentes partes del cuerpo para determinar dónde es necesario aplicar correcciones. Después de realizar los cambios de mejora se requiere de nuevo hacer una evaluación para inspeccionar los cambios, ya sea si hubo mejoras o no, para poder seguir realizando el mejoramiento continuo.
7. **Rediseñar el puesto o introducir cambios para mejorar la postura, si es necesario.**
8. **En caso de haber introducido cambios, evaluar de nuevo la postura con el método RULA para comprobar la efectividad de la mejora.**

Materiales

- Formato del método RULA. Ver Anexo 1.

Resultados y su discusión

Los resultados generados durante la evaluación son puntuaciones obtenidas de la evaluación realizada mediante el formato del método en el área estudiada. De esta manera, se observarán las puntuaciones parciales y las puntuaciones finales tanto en la primera evaluación para determinar los riesgos, como en la segunda evaluación al momento de haber realizado los cambios de mejora planteados y ejecutados.

Resultados de las evaluaciones

1. Determinar los ciclos de trabajo y observar al trabajador durante varios de estos ciclos

En el paso 1 se tomaron tiempos de ciclo por actividad realizada obteniendo un promedio de los tiempos como se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Tiempos de ciclo

	OP1	OP2	OP3	OP4	OP5	OP6	OP7	OP8	OP9	OP10	OP11	OP12
N o.	Tiem po	Tiem po	Tiem po	Tiem po	Tiem po	Tiem po	Tiem po	Tiem po	Tiem po	Tiem po	Tiem po	Tiem po
1	0.032	0.036	0.042	0.044	0.054	0.048	0.044	0.048	0.048	0.052	0.056	0.048
2	0.044	0.046	0.048	0.046	0.064	0.048	0.046	0.048	0.052	0.05	0.062	0.056
3	0.052	0.072	0.072	0.07	0.08	0.062	0.078	0.07	0.084	0.074	0.082	0.078
4	0.094	0.08	0.078	0.088	0.098	0.08	0.09	0.086	0.086	0.074	0.094	0.074
5	0.408	0.664	0.538	0.444	0.462	0.488	0.454	0.548	0.402	0.366	0.476	0.402
6	0.14	0.126	0.126	0.098	0.128	0.088	0.108	0.098	0.094	0.11	0.094	0.096
7	1.014	1.138	1.28	1.04	1.202	1.198	1.138	1.292	1.154	1.224	1.256	1.192
8	0.184	0.152	0.096	0.084	0.128	0.088	0.098	0.088	0.088	0.086	0.096	0.086
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0.102	0.116	0.126	0.09	0.11	0.108	0.102	0.09	0.084	0.09	0.088	0.096

2. Seleccionar las posturas que se evaluarán

En el paso 2 se evaluarán las posturas que contiene el método, ya que es importante realizar una evaluación concreta. Para ello se evaluarán las siguientes partes del cuerpo.

Grupo A

- Postura del brazo
- Postura del antebrazo
- Postura de la muñeca
- Postura del giro-muñeca

Grupo B

- Postura del cuello
- Postura del tronco
- Postura de las piernas

3. Determinar si se evaluará el lado izquierdo del cuerpo o el derecho

En el paso 3 se realizó la evaluación a ambos lados debido a que la actividad requiere del uso de las dos partes del cuerpo, tanto izquierdo como derecho.

4. Determinar las puntuaciones para cada parte del cuerpo

En el paso 4 se determinaron las evaluaciones a los operadores y se obtuvieron las puntuaciones parciales mostradas en la Tabla 2.

No se permitió tomar fotografías al momento de realizar las evaluaciones por políticas de la empresa en donde se realizó.

Tabla 2. Resultados parciales

Resumen de datos												
Grupo A	OP 1	OP 2	OP 3	OP 4	OP 5	OP 6	OP 7	OP 8	OP 9	OP 10	OP 11	OP 12
Puntuación del brazo	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Puntuación del antebrazo	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Puntuación de la muñeca	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3
Puntuación giro de muñeca	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Puntuación tipo act. muscular grupo A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Puntuación de carga/fuerza grupo A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Resumen de datos												
Grupo B												
Puntuación cuello	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2	2	2
Puntuación tronco	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1
Puntuación piernas	2	2	2	2	1	2	1	1	1	2	2	2
Puntuación tipo act. muscular grupo B	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Puntuación carga/fuerza grupo B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nivel de riesgo y actuación												
Puntuación final rula	5	5	5	5	4	6	6	6	6	5	5	5
Nivel de riesgo	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3

5. Obtener las puntuaciones finales del método para determinar la existencia de riesgos y establecer el nivel de actuación

En el paso 5 se determinaron los niveles de riesgos observados y generados al término de la evaluación, plasmados en la Tabla 3.

Tabla 3. Nivel de riesgo y actuación

Nivel de riesgo y actuación		
	Puntuación final RULA	Nivel de riesgo
Operador 1	5	3
Operador 2	5	3
Operador 3	5	3
Operador 4	5	3
Operador 5	4	2
Operador 6	6	3
Operador 7	6	3
Operador 8	6	3
Operador 9	5	3
Operador 10	5	3
Operador 11	5	3
Operador 12	5	3

6. Si se requieren, determinar qué tipo de medidas deben adoptarse

En el paso 6 se requiere establecer las medidas a tomarse. Con base en los resultados obtenidos, se puede apreciar que la mayoría de las operadoras están en un riesgo medio o un riesgo en el cual pueden requerirse cambios en la tarea o requerimiento de rediseño de la tarea.

Para ello, después de estudiar y verificar los resultados finales, se propusieron cambios para mejorar esos resultados y cambiar las posturas a las cuales estaban acostumbrados los operadores y poder disminuir esa puntuación para así poder cambiar el nivel de riesgo a bajo y tener como respaldo los cambios ya realizados en las operadoras de las líneas.

7. Rediseñar el puesto o introducir cambios para mejorar la postura si es necesario

En el paso 7 se realizaron mejoras de cambio y rediseño en el puesto de trabajo, buscando generar cambios en las posturas de las operadoras.

Mejoras realizadas:

1. Escalón para pie y generar postura de espalda recta y descanso

Esta mejora realizada ayuda al descanso de ambas piernas, descansando primero una y luego la otra. De esta manera, también se genera que la espalda se mantenga recta al momento de estar tomando el descanso de las piernas.

2. Ajuste de mesas de moldeo en cuanto a altura (enderezamiento de cuello)

Esta mejora ayuda a realizar una clasificación de operadores y elegir quiénes trabajan en las diferentes mesas de moldeo.

3. Reacomodo de personal de acuerdo a su estatura y altura modificada de la mesa de moldeo

Esta mejora ayudó a realizar un rediseño en cuanto al lugar de trabajo del operador.

8. En caso de haber introducido cambios, evaluar de nuevo la postura con el método RULA para comprobar la efectividad de la mejora

En el paso 8 se realizó de nuevo el evalúo del método. Esto, para comprobar que los cambios implementados hayan generado un avance en cuanto al objetivo que se tenía planteado.

Para ello, después de realizarse nuevamente el evalúo con cambios efectuados, se obtuvieron las siguientes puntuaciones parciales del cuerpo mostradas en la Tabla 4, y se determinaron los niveles de riesgo y actuación mostrados en la Tabla 5 (ver tablas 4 y 5).

Tabla 4. Resultados parciales después de aplicar los cambios

Resumen de datos												
Grupo A	OP 1	OP 2	OP 3	OP 4	OP 5	OP 6	OP 7	OP 8	OP 9	OP 10	OP 11	OP 12
Puntuación brazo	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Puntuación antebrazo	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Puntuación muñeca	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Puntuación giro de muñeca	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Puntuación tipo act. muscular grupo A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Puntuación carga/ fuerza grupo A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Grupo B												
Puntuación cuello	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Puntuación tronco	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Puntuación piernas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Puntuación tipo act. muscular grupo B	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Puntuación carga/ fuerza grupo B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nivel de riesgo y actuación												
Puntuación final rula	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Nivel de riesgo	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Tabla 5. Nivel de riesgo y actuación

Nivel de riesgo y actuación		
	Puntuación final RULA	Nivel de riesgo
Operador 1	4	2
Operador 2	4	2

Nivel de riesgo y actuación		
Operador 3	4	2
Operador 4	4	2
Operador 5	4	2
Operador 6	4	2
Operador 7	4	2
Operador 8	4	2
Operador 9	4	2
Operador 10	4	2
Operador 11	4	2
Operador 12	4	2

Como se muestra en las tablas anteriores, se observan las puntuaciones parciales y finales de la evaluación realizada con cambios aplicados. Esto, para inspeccionar y verificar que hayan sido beneficiosos para las operadoras, principalmente, y para la empresa.

Conclusiones y recomendaciones

Como conclusión de este proyecto podemos destacar que la evaluación del método fue muy simple y que las puntuaciones a primera instancia no fueron como esperábamos.

Esta evaluación se realizó una primera vez, y después de haber hecho cambios de mejora se volvió a realizar la misma evaluación. Entonces, se pudo observar los cambios de riesgos que se obtuvieron, disminuyendo en cuanto a riesgos lo más que se pudo, por lo que se puede decir que las operadoras empezaron a adoptar las posturas correctas y que en un tiempo se sentirá el cambio de mejora. Esto les facilitará realizar sus labores de manera cómoda y eficiente, teniendo resultados favorables tanto en salud como en rendimiento en el área de producción con las operadoras evaluadas.

Las mejoras realizadas quedaron a disposición de seguridad industrial de la empresa, siendo confidenciales por políticas de la misma.

Estos resultados fueron inspeccionados por personal interno de la empresa y aprobados, como cambios de mejora positivos para las operadoras evaluadas.

Los resultados obtenidos con base en la evaluación del método han sido identificados para dar un seguimiento continuo por parte de la empresa en donde se realizó el estudio, buscando mayor efectividad y tratando de poder realizar evaluaciones en las diferentes áreas en donde se detecte algún tipo de anomalía en

cuanto a este tema, el cual causó un impacto muy grande, tanto para las operadoras como para los jefes inmediatos.

Los riesgos ergonómicos identificados y reducidos fueron de ayuda para poder determinar los problemas presentados, ya que esos riesgos debieron haber sido detectado hace tiempo, lo que hace referencia a que estamos expuestos en la empresa o en cualquier ejercicio que requiera movimiento de extremidades corporales a ese tipo de riesgos y muchas veces no se siente el daño, sino hasta un largo tiempo, lo cual puede tener secuelas graves.

Como recomendaciones generales, se propone realizar evaluaciones constantes en cualquier organización en donde sea aplicable este método o cualquier otro relacionado con el tema, ya que muchas veces no se observa el trabajo desde un punto de vista ergonómico y es ahí donde, sin saber, están ocurriendo problemas que en un determinado tiempo pueden afectar a los trabajadores de la organización.

Por último, se destaca el trabajo realizado en la empresa, dejando claro los riesgos que se detectaron y que se solucionaron, obteniendo resultados favorables.

Referencias

- AEPSAL. (2021). Los trastornos musculoesqueléticos. La enfermedad común más frecuente en Europa. Consultado el 14 de noviembre de 2021 en <https://www.aepsal.com/los-trastornos-musculoesqueleticos-la-enfermedad-comun-mas-frecuente-en-europa/>
- CENEA. (2021). Qué son los Riesgos Ergonómicos-Guía Definitiva. Consultado el 14 de noviembre de 2021 en <https://www.cenea.eu/riesgos-ergonomicos/>
- CENEA. (2021). Cómo identificar los riesgos ergonómicos a tiempo. Recuperado el 29 de noviembre de 2021 de <https://www.cenea.eu/como-identificar-los-riesgos-ergonomicos/>
- Diego-Mas, J. (2021). Método RULA - Evaluación rápida de miembros superiores. Consultado el 14 de noviembre de 2021 en <http://www.ergonautas.upv.es/metodos/rula/rula-ayuda.php>
- Los mejores cursos. (2021). Prevención de riesgos laborales: Ergonomía. Recuperado el 2 de diciembre de 2021 de <https://www.losmejorescursos.online/metodo-rula/>
- Praxys. (2021). Cómo corregir malas posturas en el trabajo. Recuperado el 2 de diciembre de 2021 de <https://praxys.es/como-corregir-malas-posturas-en-el-trabajo/>
- Universidad Anáhuac México. (2021). ¿Qué es la ergonomía? Recuperado el 14 de noviembre de 2021, de <https://www.anahuac.mx/mexico/noticias/Que-es-la-ergonomia>

Anexo 1

PUNTAJACIÓN Tabla A

Brazo	Ante brazo			
	1	2	3	4
1	1	2	1	2
2	2	2	2	3
3	2	2	3	3
4	3	2	3	3
5	1	3	3	4
6	2	3	4	4
7	3	4	4	5
8	1	4	4	5
9	2	4	5	5
10	3	4	5	5
11	1	5	5	5
12	2	5	5	6
13	3	5	6	7
14	1	6	6	7
15	2	6	7	7
16	3	6	7	8
17	1	7	7	8
18	2	7	7	8
19	3	7	8	9
20	1	8	8	9
21	2	8	9	9
22	3	9	9	9

PUNTAJACIÓN Tabla B

Cuello	20° - 60°		
	1	2	3
1	1	2	1
2	2	2	2
3	2	3	3
4	3	3	3
5	1	3	4
6	2	3	4
7	3	3	4
8	4	3	4
9	1	4	4
10	2	4	4
11	3	4	4
12	1	5	5
13	2	5	5
14	3	5	5
15	1	6	6
16	2	6	6
17	3	6	6
18	4	6	6
19	1	7	7
20	2	7	7
21	3	7	7
22	4	7	7
23	1	8	8
24	2	8	8
25	3	8	8
26	4	8	8
27	1	9	9
28	2	9	9
29	3	9	9
30	4	9	9

PUNTAJACIÓN Tabla C

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

A. Análisis de brazo, antebrazo y muñeca

Paso 1: Localizar la posición del brazo

Puntuación brazo =

Paso 2: Localizar la posición del antebrazo

Puntuación antebrazo =

Paso 3: Localizar la posición de la muñeca

Puntuación giro de muñeca =

Paso 4: Giro de muñeca

Si la muñeca está en el rango medio de giro: +1
Puntuación giro de muñeca =

Si la muñeca está girada próxima al rango final de giro: +2
Puntuación giro de muñeca =

B. Análisis de cuello, tronco y pierna

Paso 9: Localizar la posición del cuello

Puntuación cuello =

Paso 10: Localizar la posición del tronco

Puntuación tronco =

Paso 11: Localizar la posición de los pies

Puntuación piernas =

Paso 5: Localizar puntuación postural en Tabla A

Utilizar valores de pasos 1, 2, 3 y 4 para localizar puntuación postural en Tabla A

Puntuación postural A =

Paso 6: Añadir puntuación utilización muscular

Si la postura es principalmente estática (p.e. agarres superiores a 1 min.) ó si sucede repetidamente la acción (4 veces/min. ó más): +1 Puntuación muscular =

Si carga ó esfuerzo < 2 Kg. intermitente: 0

Si es de 2 a 10 Kg. intermitente: +1

Si es de 2 a 10 Kg. estática ó repetitiva: +2

Si es una carga > 10 Kg. ó vibrante ó súbita: +3

Puntuación fuerza/carga =

Paso 12: Localizar puntuación postural en Tabla B

Utilizar valores de pasos 5, 10 y 11 para localizar puntuación postural en Tabla B

Puntuación postural B =

Paso 13: Añadir puntuación utilización muscular

Si la postura es principalmente estática (p.e. agarres superiores a 1 min.) ó si sucede repetidamente la acción (4 veces/min. ó más): +1

Puntuación uso muscular =

Paso 14: Añadir puntuación de la Fuerza / Carga

Si carga ó esfuerzo < 2 Kg. intermitente: 0

Si es de 2 a 10 Kg. intermitente: +1

Si es de 2 a 10 Kg. estática ó repetitiva: +2

Si es una carga > 10 Kg. ó vibrante ó súbita: +3

Puntuación fuerza/carga =

Paso 7: Localizar fila en Tabla C

Ingresar a Tabla C con la suma de los pasos 5, 6 y 7

Puntuación final muñeca, antebrazo y brazo =

Paso 8: Localizar columna en Tabla C

Ingresar a Tabla C con la suma de los pasos 12, 13 y 14

Puntuación final cuello, antebrazo y brazo =

Empresa:

Puesto / Sección:

Fecha:

Observador:

Firma:

Capítulo 11

Optimización de un área de trabajo en una empresa de exhibición

Erika Guadalupe Sosa Gastélum
Madeylene Salas Soto
Allán Chacara Montes

Resumen

El objetivo del proyecto es analizar los procesos y departamentos de la empresa para la lograr una optimización de tiempos y espacio mediante la utilización de herramientas de ingeniería, dando como resultado que los procesos se realicen de forma en que requieran menor tiempo y menor recorrido dentro del área. Ello repercutirá directamente en el tiempo de respuesta al cliente, ya que si los resultados del proyecto son adecuados, el personal disminuirá el tiempo en que realiza los procesos de esta área, beneficiando así directamente a la empresa.

Las herramientas que se utilizaron para llevar a cabo este proyecto son: diagrama de Gantt, diagrama de flujo, diagrama de flujo de proceso, diseño de *layout*, diagrama de recorrido y metodología 5s. Al aplicar las herramientas de mejora de calidad, se logró crear una propuesta para el reacomodo total del área de trabajo (trastienda). Esta propuesta ha sido probada con la aplicación y medición de las herramientas que se utilizaron para determinar la posible mejora en el proceso, por lo que al aplicar de nuevo estas, se pudo concluir que la propuesta de reacomodo es óptima, ya que se redujeron los tiempos entre actividades de los procesos que son llevados a cabo y la distancias de recorrido también disminuyeron, de una forma notoria y satisfactoria para el cliente. Por último, podemos asegurar que la optimización de los procesos, mediante la propuesta, será positiva para la empresa. Los valores de distancia y tiempo fueron reducidos un 50% y el proceso evaluado se presenta a continuación.

Introducción

Menéndez (2016) nos dice que la optimización de procesos de negocio es la práctica de aumentar la eficiencia organizacional al mejorar los procesos. Es parte de la disciplina de la gestión de procesos empresariales (BPM). Esta es una de las principales herramientas cuantitativas en la toma de decisiones industriales. Mejorar procesos, acortar tiempos, reducir costes y mejorar la calidad del producto final son los objetivos —y en algunos casos desafíos— por los que los agentes a la cabeza de las diversas industrias deciden apostar por la automatización industrial. (INFAIMON, 2019) La optimización de procesos de negocios también es la metodología más efectiva para detectar ineficiencias en los flujos de trabajo y la integración de procesos, lo que acaba siendo un gran obstáculo que lastra a la producción en general y afecta muy directamente a la toma de decisiones y al valor final del producto (INFAIMON, 2019).

La crisis económica está obligando a las empresas a replantear sus procesos y buscar soluciones que mejoren sus resultados económicos. Entre todas ellas, la optimización de espacios, adaptándolos a las necesidades de las nuevas formas de trabajo, ha demostrado mejorar la productividad hasta en un 30%. La razón es obvia: el espacio de trabajo supone el segundo coste más alto para el 95% de las empresas (Steelcase, 2010). La gerente de la empresa hace mención de no tener un orden adecuado en el área de trabajo (trastienda), más específicamente, en el acomodo de los materiales, herramientas y maquinaria que se utiliza para la elaboración del producto. Esto significa que no se aprovecha el tiempo con eficacia.

Al hacer el análisis visual se percató de que las herramientas, maquinaria y materia prima no se encuentran en un orden que favorezca el flujo correcto de los procesos y se crean tiempos muertos; además, entre las actividades se realizan recorridos innecesarios por la distribución del área. Se sabe que la satisfacción al cliente es esencial para las empresas. No importa el rubro al que se pertenezca, el consumidor actualmente tiene una elección difícil a la hora de adquirir un producto o servicio, pues delante de él se encuentran diferentes marcas del mismo tipo que buscan su preferencia, pero ¿cómo lograr que consuman tu producto o servicio? la respuesta es sencilla: lograr la satisfacción del cliente (QuestionPro, 2016).

Al optimizar el espacio del área de trabajo, el tiempo de elaboración y traslado se verá reducido, dando como resultado que los procesos se realicen de forma eficiente, lo que repercutirá directamente en el tiempo de respuesta al cliente, satisfaciendo al consumidor y generando confianza y fidelidad con el objetivo de analizar los procesos y departamentos de la empresa para lograr una optimización de tiempos y espacio, mediante la utilización de herramientas de ingeniería.

Materiales y métodos

Sujeto bajo estudio

La empresa bajo estudio es una empresa mexicana llamada Cinemex, la cual fue creada en 1993; no obstante, inició sus operaciones el 2 de agosto de 1995. Esta empresa se dedica al desarrollo y operación de complejos múltiples de exhibición cinematográfica; sin embargo, su mayor fuente de ingresos es la venta de alimentos (palomitas, refrescos, nachos, *hot dogs*, etc.). La sucursal a estudiar opera desde el 2012 con el nombre Cinemex Navojoa. Actualmente, el complejo cuenta con 18 operadores. Se implementarán herramientas de ingeniería en la elaboración de palomitas para lograr una optimización en tiempos y distancias sin afectar la calidad del producto.

Procedimiento

En este paso se gestionó el proyecto, planificando las tareas y actividades. Las actividades del eje vertical muestran las tareas a realizar y en el eje horizontal se muestran los intervalos de tiempo.

Las tareas llevadas a cabo fueron:

1. Observación/análisis: se realizaron actividades como la observación de área bajo estudio, análisis de los procesos paso a paso y análisis con detenimiento de las herramientas de análisis de procesos.
2. Planeación: en este paso se determinaron los procesos llevados a cabo, se determinó el área de mejora, se clasificó el material y herramientas necesarias e innecesarias, se estableció una propuesta de organización y limpieza, se planificó el flujo de cada proceso para identificar los tiempos correspondientes y se establecieron las áreas de mejora y la realización.
3. Realización: en la primera semana se llevaron a cabo estudios de las actividades que se realizan en el área para conocer mejor el proceso de elaboración de palomitas de sabor. Después de obtener los resultados de análisis de los pasos y determinar el flujo de cada proceso, se elaboró el diagrama de flujo de cada actividad.
4. Se utilizó la herramienta de diagrama de proceso para un análisis de proceso, se realizó el *layout* del área de trabajo, se desarrolló el diagrama de recorrido para desarrollar propuestas de mejora en reacomodo de área, se utilizaron herramientas de mejora de productividad y calidad, se llevaron a cabo diagramas de análisis de procesos y se elaboró el *layout* actualizado para realizar comparaciones.

Materiales

Se utilizó la herramienta de diagrama de proceso para un análisis de proceso, se realizó el *layout* del área de trabajo, se desarrolló el diagrama de recorrido para desarrollar propuestas de mejora en reacomodo de área, se utilizaron herramientas de mejora de productividad y calidad, se llevaron a cabo diagramas de análisis de procesos y se elaboró el *layout* actualizado para realizar comparaciones.

- Diagrama de Gantt
- Diagrama de flujo
- Diagrama de flujo de proceso
- Diagrama de recorrido
- Metodología 5s

Resultados y su discusión

Diagrama de Gantt del proyecto

En la primera semana se llevaron a cabo actividades para iniciar con la aplicación del trabajo, tales como observación del área y determinar el proceso que se va a llevar a cabo. Después, se realizaron estudios de dichas actividades. En la segunda semana se analizaron los pasos del proceso para determinar el flujo de los pasos y se plasmó el diagrama de flujo.

En la tercera semana se analizó el proceso, paso a paso, para determinar el tiempo. Se utilizó la herramienta de diagrama de proceso y se plasmó proceso en diagrama de proceso. En la cuarta semana se realizó el *layout* de área de trabajo, y se analizaron las herramientas de análisis de proceso. En las semanas 5 y 6 se realizaron actividades de mejora del área y propuestas de mejora, se clasificó el material y se informó a la empresa sobre la propuesta y sus beneficios. En la semana 7 se realizaron diagramas y *layout* actualizado, para finalizar con la semana 8 midiendo resultados, determinando porcentajes de mejora y mostrar resultados a la empresa (ver figuras 1, 2 y 3).

Diagramas de flujo

Elaboración del diagrama de flujo del proceso realizado en el área de trastienda. El diagrama de flujo es la representación gráfica de las distintas operaciones que se tienen que realizar para resolver un problema. En este caso, se realizó con la información del resumen obtenido anteriormente, la cual se dividió en pasos y se colocó en el esquema según las necesidades del paso a realizar (ver figura 4).

Figura 1. Diagrama de Gantt del proyecto durante el mes de septiembre

Optimización de el área de trabajo en una empresa de exhibición



Figura 2. Diagrama de Gantt del proyecto durante el mes de octubre

Optimización de el área de trabajo en una empresa de exhibición

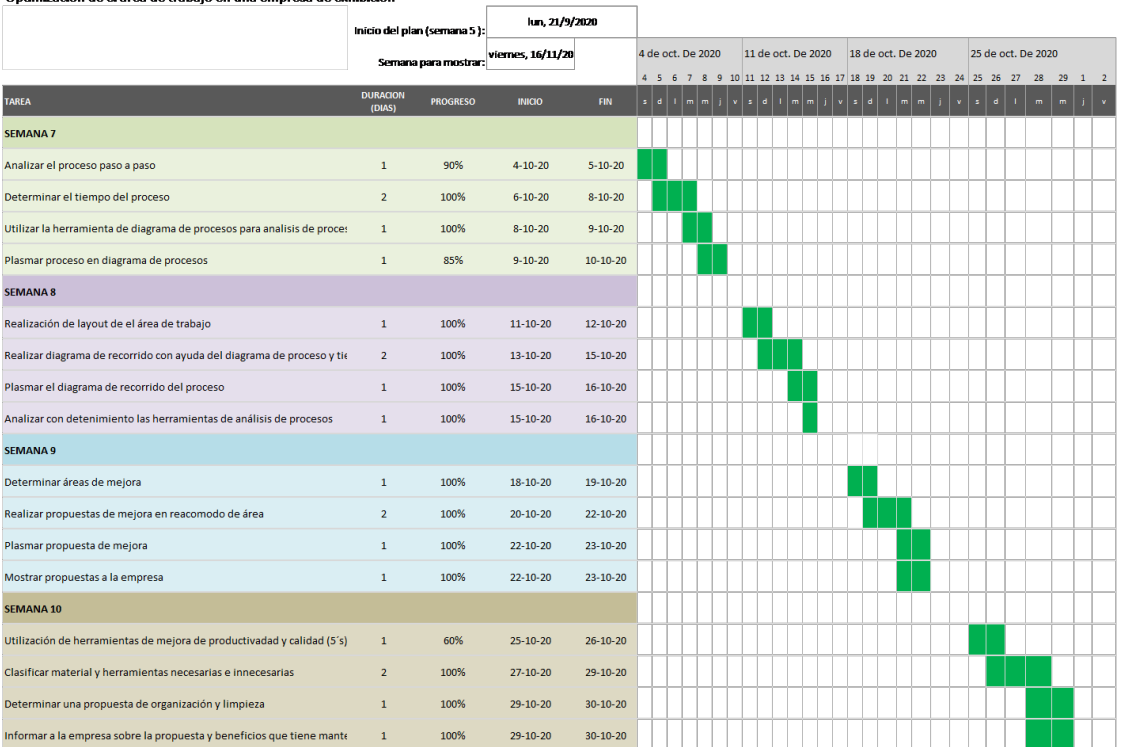
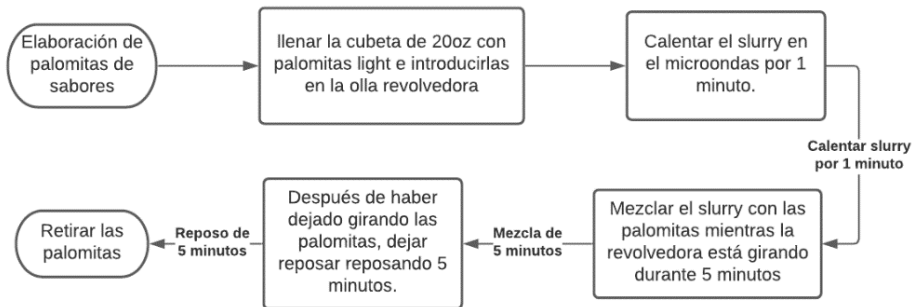


Figura 3. Diagrama de Gantt del durante el mes de noviembre



Figura 4. Diagrama de flujo de la elaboración de palomitas de sabores



Diagramas de procesos

En este caso se analizó el proceso llevado a cabo en el área de trastienda, con ayuda de unos videos e información que la empresa proporcionó al equipo, de los cuales se tomaron medidas, tiempos y se clasificó cada actividad según la clasificación de esta metodología DP. La tabla representa el resumen de cada DP (ver tabla 1).

Tabla 1. Diagrama de proceso de elaboración de palomitas de sabores
















Diagrama de proceso 1
 Proceso: elaboración de palomitas de sabores
 Empieza: tomar el *slurry*

Termina: apagar la olla revolvedora y colocar las palomitas en la bolsa

Diagrama de: material X persona

Método: actual X pospuesto

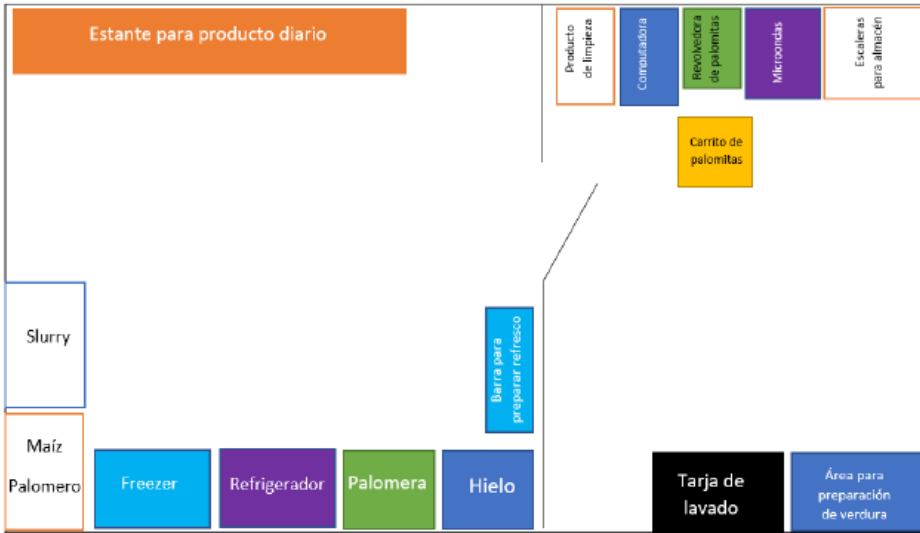
Elaborado por: Erika Sosa y Madeylene Salas

DESCRIPCIÓN	DIST.(m)	TIEMPO	SIMBOLOGÍA
Tomar el <i>slurry</i>	9.5 m	13 s	
Llevarlo al microondas	9.5 m	13 s	
Calentarlo y tomar la cubeta de 20 oz	0	4 s	
Llenar la cubeta de 20 oz con palomitas <i>light</i>	6.7 m	22 s	
Introducirlo en la olla revolvedora	0	6 s	
Encender la olla revolvedora y dejar la cubeta	0	5 s	
Poner la bolsa en el carrito para echar las palomitas al finalizar	0.7 m	12 s	
Sacar el <i>slurry</i> del microondas, revolverlo y calentarlo	0.7 m	10 s	
Ir por la bolsa de papitas	7.6 m	12 s	
Ir por el <i>slurry</i> del microondas y revolverlo	7.6 m	14 s	
Abrirlo e introducirlo a las palomitas que están girando en la olla revolvedora	0	33 s	
Esperar 5 min	0	5 min	
Tomar la bolsa de papitas y colocarlo en la olla revolvedora	0	10 s	
Esperar 5 min	0	5 min	
Apagar la olla revolvedora y colocar las palomitas en la bolsa	0.7	15 s	

Layout del área de trabajo

Realización en Excel del *layout* que la empresa proporcionó, en forma de dibujo (ver figura 5).

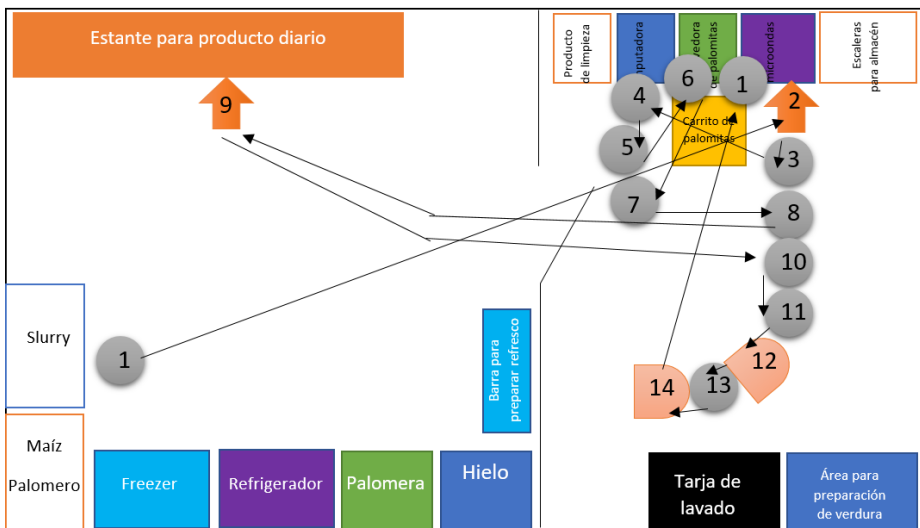
Figura 5. *Layout* del área de trastienda



Diagramas de recorrido

Una vez obtenidos el diagrama de proceso y el *layout* de la empresa, se procede a realizar el diagrama de recorrido que nos sirve para obtener una mejor visión de la realización de los procesos en el área de trastienda (ver figura 6).

Figura 6. Diagrama de recorrido de elaboración de palomitas de sabores



Utilización de herramientas de mejora de productividad y calidad (5s)

- *Clasificar, identificar, eliminar materiales y actividades innecesarias:* al realizar la clasificación de materiales y eliminando o combinando actividades, se logró un mejor enfoque en las tareas a llevar a cabo, centrándose solo en lo necesario para conseguir el resultado adecuado en un menor tiempo.
- *Ordenar y priorizar:* al priorizar las actividades y el uso adecuado de herramientas, se logró disminuir el tiempo de búsqueda para los empleados obteniendo mejores resultados.
- *Mantener la limpieza:* las recomendaciones de limpieza ayudaron a mantener el área de trabajo ordenada y limpia en todo momento. Esto ayuda a que las herramientas se puedan utilizar en los momentos que sean necesarios, evitando pérdida de tiempo por utensilios sucios o área sucia.
- *Señalar y estandarizar:* los empleados y el encargado del área tomaron las recomendaciones y se crearon grupos de trabajo que iban rotando en el transcurso del día, mejorando el desempeño de los empleados. También se documentaron las actividades para mantener un registro de las tareas y así acceder a ellas cuando se necesitaran.
- *Mejora continua:* el ciclo PDCA permitió a la organización tener un mejor control del proceso, logrando identificar los errores para reducirlos, obteniendo así una mejora de la toma de decisiones en el área.

Layout con la aplicación del reacomodo de área

El reacomodo del área fue realizado una vez que se analizaron el diagrama de proceso y el diagrama de recorrido con el fin de poder disminuir los tiempos y distancias que se realizan en el proceso del área de trastienda (ver figura 7).

Diagramas de procesos con la aplicación del nuevo layout

Una vez obtenido el *layout* del área de trastienda se realizó de nuevo el proceso donde se determinaron los tiempos y distancias, obteniendo una notoria disminución (ver tabla 2).

Diagramas de recorrido con la aplicación del nuevo layout

Se realizó el diagrama de recorrido nuevamente, del proceso llevado a cabo en el área de trastienda, en el cual se notaba a simple vista la mejora, la cual consta de una disminución del recorrido del proceso (ver figura 8).

Figura 7. Diagrama de *layout* con la aplicación del reacondo de área

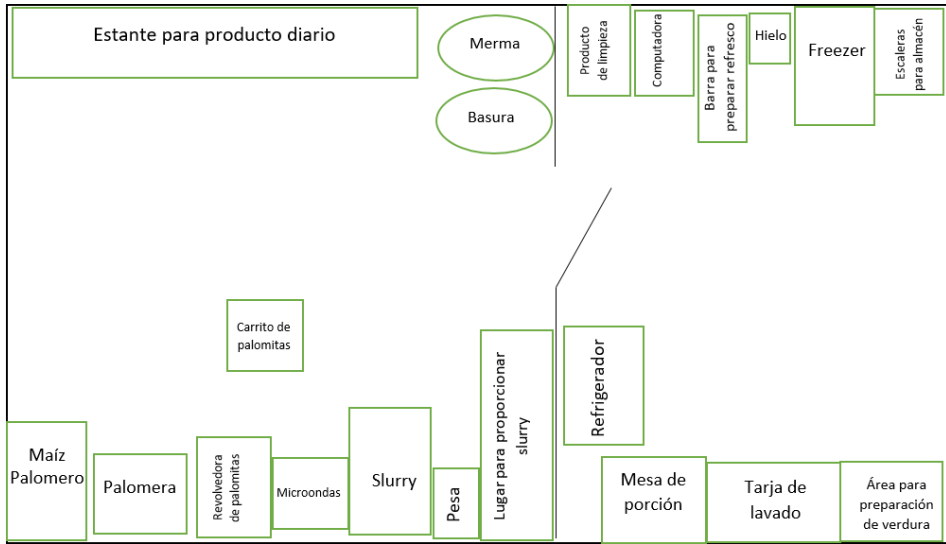


Tabla 2. Diagrama de proceso de elaboración de palomitas de sabores, con mejoras

Diagrama de proceso

Proceso: elaboración de palomitas de sabores

Empieza: tomar el *slurry* y llevarlo al microondas

Termina: apagar la olla revolovedora y colocar las palomitas en la bolsa

Diagrama de: material X persona

Método: actual X pospuesto

Elaborado por: Erika Sosa y Madeylene Salas

DESCRIPCIÓN	DIST.(m)	TIEMPO	SIMBOLOGÍA
Tomar el slurry y llevarlo al microondas.	0.52 m	2.6 s	
Calentarlo y tomar la cubeta de 20 oz	0	1.4 s	
Llenar la cubeta de 20 oz con palomitas light	1.10 m	10.4 s	
Introducirlo en la olla revolovedora	1.10 m	3.2 s	
Encender la olla revolovedora y dejar la cubeta	0	1.5 s	

DESCRIPCIÓN	DIST.(m)	TIEMPO	SIMBOLOGÍA
Poner la bolsa en el carrito para echar las palomitas al finalizar	0.7 m	6.9 s	●
Sacar el slurry del microondas y revolverlo	0.7 m	5.7 s	●
Calentarlo	0	1 s	●
Ir por la bolsa de papitas	0	1.1 s	●
Ir por el slurry del microondas y revolverlo	0	2.7 s	●
Abrirlo y agregarlo a las palomitas que están girando en la olla revolvedora	0	33 s	●
Esperar 5 min	0	5 min	◐
Tomar la bolsa de papitas y colocarlo en la olla revolvedora	0	10 s	●
Esperar 5 min	0	5 min	◐
Apagar la olla revolvedora y colocar las palomitas en la bolsa	0	6.6 s	●

Resumen de resultado del proceso realizado en el área de trastienda

Este resumen surge de la comparación del primer diagrama de proceso con el nuevo diagrama de procesos. Se hizo con ayuda de los datos proporcionados por cada uno de los involucrados, como las distancias y los tiempos, realizando las fórmulas correspondientes para comprobar la mejora del proceso.

Figura 8. Diagrama de recorrido de elaboración de palomitas de sabores, mejorado

ACTIVIDAD	ACTUAL			PROPUESTO			AHORRO		
	Cant.	Tpo.	Dist.	Cant.	Tpo.	Dist.	Cant.	Tpo.	Dist.
ALMACÉN	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OPERACIÓN	8	95 s	2.1 m	11	73.1 s	3.2 m	0	21.9 s	-1.1
TRANSPORTE	1	13 s	9.5 m	0	0	0	1	13 s	9.5 m
DEMORA	2	10 m	0	2	10 m	0	0	0	0
INSPECCIÓN	0	0	0	0	0	0	0	0	0
COMBINADA	4	61 s	31.4 m	2	13 s	1.62 m	2	48 s	29.78 m
DISTANCIA (m)	43			4.82			38.18		
TIEMPO (min)	12.49			11.26			1.23		

Según la propuesta de mejora, los valores de distancia y tiempo se vieron disminuidos. La distancia actual es de 43 m y con la propuesta fue de 4.82 m, por lo que se vio disminuida en un 88.79% y el tiempo actual es de 12.49 y con la propuesta es de 11.26, por lo que se vio disminuido en un 9.84%.

Conclusiones y recomendaciones

Al aplicar las herramientas de mejora de calidad, se logró crear una propuesta para el reacomodo total del área de trabajo “trastienda”. Esta propuesta ha sido probada con la aplicación y medición de las herramientas que se utilizaron para determinar las posibles mejoras de los procesos; por lo que al aplicar de nuevo éstas se pudo concluir que la propuesta de reacomodo es óptima, ya que se redujeron los tiempos entre actividades de los procesos que son llevados a cabo y la distancia de recorrido también disminuyeron, de una forma notoria y satisfactoria para el cliente. Se recomienda a la empresa la utilización de estas herramientas, pues aseguran que la optimización de los procesos mediante la propuesta será positiva para la empresa. Los valores de distancia y tiempo fueron disminuidos, lo que significa que aumentará la satisfacción del cliente en general y podría ayudar al aumento de las ganancias para la empresa, obteniendo los siguientes resultados: en operación, un ahorro en tiempo de 21.9 segundos; en transporte, 13 segundos; en distancia, de 9.5 metros; en operaciones combinadas, 48 segundos, y en distancia, 29.78 metros.

Referencias

- Betancourt, D. (30 de mayo de 2016). Diagrama de flujo o Flujograma: ¿Qué es y cómo se hace? Recuperado el 2 de diciembre de 2021, de www.ingenioempresa.com/diagrama-de-flujo.
- INFAIMON. (31 DE OCTUBRE DE 2019). Obtenido de <https://blog.infaimon.com/mejora-procesos-optimizacion-los-procesos-ya-existentes/>
- Jimeno, J. (18 de noviembre de 2020). Metodología 5S para mejorar la productividad en empresas: PDCA Home. Recuperado de <https://www.pdcahome.com/4157/metodologia-5s-guia-de-implantacion/>
- Menéndez, G. (21 de mayo de 2016). ¿Cuáles son las ventajas de optimizar los procesos en las empresas? Recuperado de <https://gestion.pe/tendencias/son-ventajas-optimizar-procesos-empresas-121297-noticia/#:%7E:text=A-simismo%2C%20la%20optimizaci%C3%B3n%20de%20procesos,fundamental%20para%20lograr%20resultados%20efectivos.>

- QuestionPro. (9 de diciembre de 2016). Software para encuestas QuestionPro. Obtenido de <https://www.questionpro.com/es/satisfaccion-al-cliente.html>
- Steelcase. (22 de mayo de 2010). InmoDiario. Obtenido de <https://www.inmodiario.com/145/8443/optimizacion-espacio-trabajo-requisito-imprescindible-para-mejorar-resultados.html>
- Rodó, P. (8 de noviembre de 2020). Economipedia. Obtenido de <https://economipedia.com/definiciones/diagrama-de-gantt.html>
- Ugalde, J. (1993). Programación de operaciones. En J. Ugalde, Programación de operaciones (pág. 112). Editorial Universidad Estatal a Distancia.

Capítulo 12

Estudio piloto para el diseño y elaboración de una butaca infantil para una cafetería

Juan Alberto Cuevas Murillo
Antonio de Jesús Esquer Anguiano
Leonel Hernán Murrieta Domínguez
Mauricio López Acosta

Resumen

El objetivo del presente estudio es realizar el diseño de una butaca infantil ergonómica para un establecimiento de venta de café, con la finalidad de evitar malas posturas y daños musculoesqueléticos a largo plazo. El procedimiento que se llevó a cabo fue el de obtener las medidas antropométricas de cada una de las dimensiones corporales de los niños, para así poder diseñar el banco con las longitudes ergonómicas requeridas para nuestro objetivo. Para el estudio, se utiliza equipo de medición, tomando en cuenta los resultados de la medición como material de apoyo para poder obtener los percentiles y determinar las medidas que mejor se adecuen a las extremidades de los niños y niñas. Los principales resultados nos permitieron identificar cuáles son dimensiones adecuadas para cada una de las partes del diseño del banco ergonómico. Con los resultados obtenidos se propone el diseño de una butaca que pueda ser utilizada por niños y niñas, que mejor se adecue a sus extremidades y los prevenga de malas posturas que afecten la salud física. Se ha llegado a la conclusión de que es importante hacer una continua evaluación ergonómica de butacas y mobiliarias infantiles para evitar problemas físicos a largo plazo, ya que en lugares como cines, restaurantes, y sobre todo, escuelas los niños y niñas pasan un largo período de tiempo y esto repercute en su salud si no cuentan con las medidas ergonómicas necesarias. Cabe mencionar que la inversión para mejorar es mucho más rentable para las empresas de servicios, porque la realización de este tipo de estudios mejora no solo la salud de tus clientes sino también el confort, lo que hará que los consumidores, estén satisfechos con las instalaciones y con el servicio que se les ofrece.

Introducción

La ergonomía puede definirse como el conjunto de conocimientos de carácter multidisciplinar aplicados para la adecuación de los productos, sistemas y entornos artificiales a las necesidades, limitaciones y características de sus usuarios, optimizando la eficacia, seguridad y bienestar (Conde, 2015). Esta rama, aunque se enfoca al diseño de productos y estaciones que mejoren la integridad física de las personas, no ha tenido el enfoque necesario en cuestión de productos o áreas de descanso para niños, y en este caso hacemos referencia a butacas infantiles. Tomando en cuenta que el entorno escolar representa el ambiente de “trabajo” de miles de millones de niños, no se ha indagado suficiente en el tema por parte de los ergónomos. Sin embargo, para que el diseño de butacas infantiles pueda cumplir con las características ergonómicas necesarias se deben obtener todas las medidas antropométricas necesarias de niños y niñas, para que así los diseñadores tengan recursos suficientes para cumplir el objetivo.

Los restaurantes y cafeterías reciben cientos de clientes por día y un gran porcentaje de ellos son familias enteras (Zerda, 2010), entre las cuales están involucrados en su mayoría niños menores. En muchos de los casos los establecimientos no cuentan con un asiento apto para sus dimensiones, por lo que puede causar daños en los pequeños o, viéndolo de otro punto, pérdidas para la empresa por la inconformidad de sus clientes, como es el caso de la cafetería “Los sueños” que se dio cuenta de la importancia que este problema tenía en sus clientes y en la salud de los niños que visitaban el establecimiento.

En los últimos años, la adopción de posturas potencialmente lesivas entre los escolares representa una práctica muy extendida tanto en los centros educativos como en sus actividades de la vida diaria (Oltra, 2016). La importancia del buen diseño de butacas para niños y niñas es primordial para la prevención de daños a la salud por malas posturas y confort de los mismos. Unos de estos daños pueden ser los trastornos o enfermedades musculoesqueléticas, que son un conjunto de lesiones inflamatorias o degenerativas de músculos, tendones, articulaciones, ligamentos, nervios, etc. Se localizan más frecuentemente en cuello, espalda, hombros, codos, muñecas y manos. El síntoma predominante es el dolor asociado a inflamación, pérdida de fuerza y disminución o incapacidad funcional de la zona anatómica afectada (León Martínez & López Chagín, 2006). Por otra parte, las posturas incómodas podrían ser dolorosas si se permanece en ellas por un largo periodo de tiempo en que los niños pasen sentados; esto, no solo en escuelas, sino en cualquier establecimiento o área que sea el caso. Además, es posible que los niños puedan desarrollar síndromes o trastornos en su cuerpo y mantener esos comportamientos por el resto de sus vidas (Gouvali & Boudolos, 2005).

Como se mencionó anteriormente, a estos establecimientos asisten familias enteras que incluyen niños y niñas, quien en este caso son nuestro sujeto bajo estudio, ya que las malas posturas pueden ocasionar daños en la salud de los infantes; por ello la importancia del diseño de productos ergonómicos. El objetivo de este trabajo es realizar el diseño de un prototipo para una butaca infantil en un *coffee shop* con las características ergonómicas necesarias, con base en las cartas antropométricas y percentiles obtenidas, evitando fatiga musculoesquelética.

La limitante encontrada a la hora de realizar el proyecto fue la información reducida sobre el tema, a la hora de elaborar un producto como tal, ya que no se encuentran documentada ni especificada la gran diversidad de niños que utilizan estas butacas. Ello nos limitó a establecer un rango de edades al momento de diseñar. El análisis tomó en cuenta las medidas antropométricas de niños de un rango de 5 a 12 años, de ambos sexos, siendo esta la delimitación impuesta.

Materiales y métodos

Sujeto bajo estudio

Las medidas se obtuvieron mediante un estudio realizado a personas del estado de Sonora con edades desde 5 y 12 años. Se seleccionaron los casos que cumplieran con las especificaciones del lugar de nacimiento y edad, obteniendo un total de 63 muestras del sexo masculino y 56 del sexo femenino.

Procedimiento

- ***Procedimiento de toma de medidas:*** el estudio se llevó a cabo mediante una selección de personal totalmente voluntaria y con el permiso específico de los padres, contando únicamente con los espacios especiales para la medición. Quedaron fuera de la investigación los niños que no cumplieran con las especificaciones del proyecto como son el lugar de nacimiento y edades. De acuerdo con lo visto en la materia, se realizó una hoja de recolección de datos manual que posteriormente se integró al programa Microsoft Excel. Se tomaron en cuenta los datos de los participantes, los cuales son: sexo, edad, grado, y lugar de nacimiento. Además, se realizó un análisis mediante la estadística descriptiva con su desviación estándar y una media de cada medición antropométrica, así como cálculos percentiles de cada uno los grupos de cada año. Asimismo, se elaboró una tabla extra donde aparecen en general dichos cálculos de los grupos, dando paso a la elaboración de la herramienta más eficiente para su aplicación.

- *Proceso para elaboración de toma de medidas:*
 - Habilitación en el proyecto, preparación del equipo de trabajo para estandarizar la técnica y llevar a cabo las mediciones.
 - Llenado de las columnas de edad, sexo, lugar de nacimiento, grado.
 - Toma de mediciones.
 - Registro de mediciones realizadas.
 - Cálculo de percentiles. En esta etapa, mediante la aplicación de las fórmulas correspondientes, se realizaron los cálculos para determinar las dimensiones antropométricas según los siguientes percentiles: P5, P10, P25, P50, P75, P90 y P95. Para ello, antes de calcular los percentiles se debe contar con los valores de la media y desviación estándar de cada variable antropométrica.
 - Determinación de las cartas antropométricas por grado-sexo. En esta etapa se concentraron todas las variables estudiadas organizadas por percentil.
 - Con base en las medidas obtenidas en el estudio, tomando en cuenta los percentiles de cada edad, se realizó el cálculo de las medidas antropométricas para nuestro diseño, mediante la sumatoria de las medidas obtenidas de cada una de las edades en cada sexo, las cuales se dividieron entre el número de medidas, obteniendo así un promedio de las medidas, encontrando una medida que se acomodara mejor a la mayoría de la población.
- Diseño de la butaca infantil: con base en el promedio de las medidas que se obtuvieron del cálculo, se realizó un modelo de la butaca con las dimensiones ergonómicas más adecuadas para el usuario, utilizando el *software* CorelDRAW como apoyo.
- Presupuesto de costos: se realizó un presupuesto económico tomando en cuenta la cantidad de madera requerida para la butaca y calculando el total del costo del producto.

Materiales

Los instrumentos utilizados son:




- Balanza
- Banco antropométrico
- Antropómetro Clarita
- Carta descriptiva
- Estadímetro

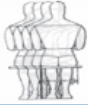
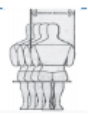

Resultados y su discusión

Resultado de toma de medidas

Como resultado en la anterior investigación, para la elaboración de una butaca conforme a la población, se generó la siguiente tabla para visualizar las medidas específicas que son necesarias y que cumplen con los requerimientos ergonómicos, mostrando así la importancia y detalle de cada una de las medidas tomadas.

Tabla 1. Medidas antropométricas consideradas para estudio

Medida	Esquema	Importancia	Detalle
ALTURA POPLÍTEA		Proporciona la altura justa del asiento de la silla para que los pies descansen cómodamente en el suelo.	Altura de los músculos flexores de la rodilla que se pueden palpar en el hueco poplíteo, por atrás de la rodilla. Considerar el percentil 5.
ALTURA DE LA RODILLA		Define el grado de movimiento de las piernas, factor determinante para permitir la variación de la postura. Puede tener también una gran influencia sobre la altura a la que se espera que trabajen las manos.	Se refiere a la distancia vertical que se toma desde el suelo hasta la rótula. Considerar el percentil 95.
ALTURA DEL MUSLO		Se trabaja en conjunto con la altura de la rodilla, determinando a cuál altura deberá diseñarse el cajón del pupitre.	Altura desde la distancia vertical que se toma desde la superficie del asiento hasta el máximo alto de la pierna. Considerar el percentil 95.
ALTURA DEL ASIENTO A LA BASE DEL OMÓPLATO		El respaldo tiene la función de ayudar a repartir el peso del cuerpo y evitar que todo sea soportado por la pelvis.	Altura desde el plano del asiento hasta el ángulo inferior de la escápula. Considerar el percentil 95.
ALTURA DEL CODO EN REPOSO		Permitirá conocer cuál es la altura adecuada a la que se debe encontrar la superficie superior de la mesa respecto a la silla.	Altura del codo (flexionado en 90 grados) desde la superficie del asiento. Considerar el percentil 50.
LARGO DE APOYABRAZOS		Distancia entre el codo y la punta de los dedos de las manos.	Permite al usuario aproximarse lo más posible a la mesa, mientras continúa utilizando eficazmente el respaldo del asiento. Considerar el percentil 5.
DISTANCIA NALGA-POPLÍTEO		Define la profundidad máxima del plano de asiento, desde su parte delantera hasta el respaldo.	Distancia horizontal que se toma desde la superficie exterior de la nalga hasta la cara posterior de la rodilla. Considerar el percentil 5.

Medida	Esquema	Importancia	Detalle
ANCHO DE CADERAS		Útil para establecer tolerancias en anchuras interiores de sillas.	Distancia horizontal mayor cuando el individuo mantiene su posición sentada. Considerar el percentil 95.
ANCHURA DE HOMBROS		Determina el ancho de los respaldares de las sillas, permite la libertad de movimiento y a su vez ayuda a apoyar cómodamente la espalda.	Distancia horizontal máxima que separa los músculos deltoides. Considerar el percentil 95.
DISTANCIA NALGA-RODILLA		Son datos que se manejan para calcular la distancia adecuada que debe separar la parte posterior del asiento de cualquier obstáculo físico o de cualquier otro elemento que se sitúe delante de las rodillas.	Es la distancia horizontal que se toma desde la superficie exterior de las nalgas y hasta la cara frontal de la rótula. Considerar percentil 95.

Fuente: López 2017.

Resultado del cálculo para determinar las medidas del diseño

Como resultado del cálculo del promedio se determinaron las medidas óptimas para el diseño de la butaca ergonómica. El objetivo de este ejercicio fue que el negocio con el área de oportunidad en butacas infantiles ergonómicas lograra contar con las medidas esenciales para los niños y con base en ello, los estándares de calidad establecidos por la comunidad. Asimismo, se generó para la empresa un ahorro económico.

En las siguientes Tablas 2 y 3 se muestran las medidas promedio que mejor se adecuan a las extremidades tanto de niños como niñas dentro de los rangos de edades.

Tabla 2. Medidas antropométricas promedio para niñas

BUTACAS PARA NIÑAS		
1	Altura poplítea	32.39
2	Altura de la rodilla	46.25
3	Altura de muslo	11.44
4	Altura del asiento a la base del omóplato	32.47
5	Altura del codo en reposo	17.83
6	Largo de apoyabrazos	32.29
7	Distancia nalga-poplítea	32.56
8	Ancho de caderas	30.42
9	Anchura de hombros	36.87
10	Distancia nalga-rodilla	50.62

Tabla 3. Medidas antropométricas promedio para niños

BUTACAS PARA NIÑOS		
1	Altura poplítea	32.20
2	Altura de la rodilla	45.94
3	Altura de muslo	11.00
4	Altura del asiento a la base del omóplato	31.43
5	Altura del codo en reposo	17.03
6	Largo de apoyabrazos	33.37
7	Distancia nalga-poplíteo	31.54
8	Ancho de caderas	29.69
9	Anchura de hombros	35.80
10	Distancia nalga-rodilla	48.67

Diseño de la butaca

Como resultado del diseño, se realizó el modelo que se propone para la realización de la butaca infantil. Este se realizó con ayuda del programa CorelDRAW, que se muestra en la Figura 1, en donde la información en espacios libres representa las medidas para niñas y la información encerrada en los rectángulos representa las medidas para niños. Por otro lado, en la Figura 2, la información en espacios libres representa las medidas para niñas y la información encerrada en los rectángulos representa las medidas para niños.

Figura 1. Dimensión de asiento y respaldo modelo, desde una vista lateral

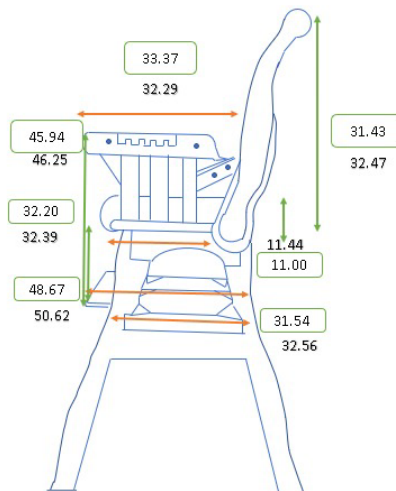


Figura 2. Dimensión de asiento y respaldo modelo, desde una vista frontal

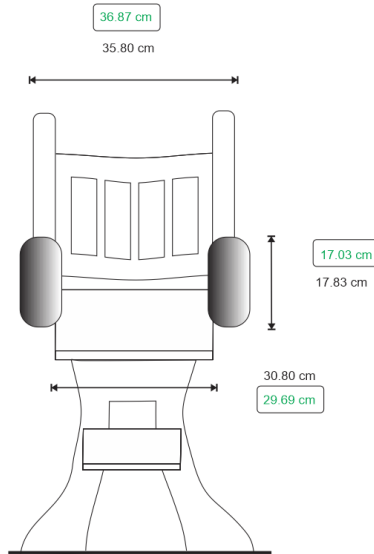


Tabla 4. Costos del material para butaca

Tabla de costos de butaca		
Ítem	Cantidad de madera	Costo total
Butaca de niño y niña	53.2 pies cuadrados	\$1,066
Pija para madera	40 piezas	\$40
Pegamento	¼ litro	\$60
Lija	1 pieza	\$20
		Total: \$1,186

Conclusiones y recomendaciones

El estudio de este tipo de diseños nos arroja que, en el momento de tomar los datos de los niños y niñas, influyen factores como: las medidas antropométricas de los individuos participantes y variación en cuestión a sexo, edad, grado escolar, alimentación, crecimiento, tipo de vida o región a la que pertenece. Sin embargo, se concluye que la elaboración de este producto debería contar con las medidas necesarias para que la utilización de cada uno de los usuarios no tenga ningún inconveniente. La elaboración del producto mediante la utilización de

materiales con mayor resistencia, medidas exactas y menor costo para los usuarios es viable comparada con el mercado actual. Asimismo, puede generar un beneficio económico para la empresa.

Este tipo de estudios proporcionan grandes hallazgos a la ergonomía, ya que nos permiten darnos cuenta que hay una gran área de oportunidad en estos temas, pues no hay investigaciones profundas respecto a mobiliario infantil. Es por ello que se considera de suma importante mencionar que este proyecto retoma una metodología cuantitativa, ya que es la que mejor se adecua a los resultados tangibles. Ello quiere decir que no solo se obtuvieron medidas ergonómicas, sino que se generó un diseño donde se muestra a detalle cada una de las partes de la butaca. También nos permite conocer un poco más acerca de los riesgos a los que se exponen los infantes si no cuentan con las instalaciones adecuadas a sus extremidades y el impacto que puede tener económicamente para las empresas de servicios.

Cabe mencionar que se puede adecuar de una manera más ergonómica el mobiliario al momento de diseñar. Ese pensamiento condujo el estudio realizado por el maestro Mauricio Acosta, que muestra datos útiles sobre las medidas antropométricas de niños y niñas, con edades específicas y también una región específica, lo que facilita la tarea al momento de diseñar este tipo de muebles. Por tanto, sería de gran utilidad realizar estos estudios en cada área y para diversas edades, con el fin de impulsar el diseño y desarrollo de mobiliario infantil para prevenir cualquier daño que esto pudiera causar tanto a los usuarios como a los negocios de servicios, escuelas y cualquier establecimiento que utilice muebles para niños.

Referencias

- Aguiar, J. (2010). Guaris Bar Café. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/9750>
- Conde, S. (2015). La ergonomía, como mejora de la salud laboral diaria de los y las profesionales sanitarias del IES Agra de raíces.
- Gouvali, M. (2005). Match between school furniture dimensions and children's anthropometry. ELSEVIER.
- León Martínez, N., & López Chagín, A. (2006). Lesiones músculo esqueléticas en el personal odontológico. *Acta Odontológica Venezolana*, 44(3), 413–4.
- López, M., Sandoval, F., García, S., Chacara, A. & Quirós, A. (2017). Estudio Antropométrico para el Diseño de Mobiliario para Niños de Primaria. Instituto Tecnológico de Sonora, Ramón Corona y Aguascalientes. Navojoa, Sonora. México 85866: Departamento de Ingeniería Industrial.

- Madríz, C., Ramírez, A. & Serrano, R. (2008). Estudio antropométrico para el diseño de mobiliario para niños de edad escolar en Costa Rica. *Tecnología en Marcha*, 21(4), 17-28.
- Mériaux. (2020). CorelDRAW Graphics Suite (versión 1).
- Vidal Oltra A. (2016). La postura corporal y el dolor de espalda en alumnos de educación primaria. Consultado el 15 de julio de 2017 de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5351992>

Capítulo 13

Bases para el diseño del producto ergonómico Ergo hand

Noé Miranda Imay
Alfonso Benítez Ramírez
Víctor Hugo García Espinoza
Mauricio López Acosta

Resumen

El presente artículo tiene como objetivo plantear las bases para el diseño y manufacturación de un dispositivo basado en los resultados obtenidos después de analizar los riesgos ergonómicos de la actividad de planchado manual de prendas en tintorerías y centros de planchado locales. Se implementó dicho instrumento, de nombre Ergo hand, generando planos de las partes que lo componen, planos explosionados y finalmente, una simulación de inyección de plástico seleccionado. La finalidad de este estudio es conocer el tiempo total de inyección, el tiempo de enfriamiento, la presión de la inyección del material y la contracción de las piezas, por si en un futuro se desea producir este producto con este proceso. Este dispositivo permite reducir el nivel de riesgo y la posibilidad de lesiones, deformaciones u otras afecciones de tipo musculoesquelético en la actividad de planchado manual.

Introducción

Para entrar de lleno debemos empezar definiendo en qué consisten el diseño y la ergonomía, y cómo estos se complementan. Camargo (2011) plantea que la palabra diseño hace referencia a la preconcepción sistematizada de la forma y las demás características del producto, teniendo en cuenta los aspectos sociales, tecnológicos, estéticos, psicológicos, anatómicos, fisiológicos, etc., con todos los detalles, antes de su realización. Estos datos son primordiales para la elaboración de soluciones económicas y diseño, ya que se constituyen inequívocamente

en parámetros y requerimientos para la proyección de las intervenciones ergonómicas y de los objetos de consumo”(Camargo, 2011). En cuanto a la ergonomía, el psicólogo británico Hywel Murrell introdujo este término y la define como “el estudio del ser humano en su ambiente laboral” (Murrell, 1965). Una mala relación entre la ergonomía y las actividades laborales puede incrementar el grado en los factores de riesgo musculoesqueléticos. Batalla y colaboradores (2015) apuntan que en la ergonomía, uno de los factores de riesgo más comunes asociados a la aparición de trastornos de tipo musculoesqueléticos es la excesiva carga postural. La ergonomía en México, como lo menciona Mújica (2019), es vital para la realización de un diagnóstico del estado que guarda el conocimiento, así como su uso, aplicación y el aprovechamiento para la planeación, diseño y administración de las actividades de servicio y de producción en las industrias; sin embargo, también menciona que la ergonomía en México no ha sido difundida de manera homogénea en todas sus áreas de aplicación.

Por lo anterior, se decide realizar un estudio ergonómico sobre la actividad del planchado manual de prendas, puesto que realmente esta actividad es muy frecuente en la actualidad y pese a contar con tecnologías y herramientas avanzadas, las organizaciones prefieren seguir utilizando los centros de planchado con equipo convencional por su fácil accesibilidad.

Ante esta problemática se plantea el objetivo de este proyecto, el cual es realizar el diseño del producto denominado Ergo hand, con el propósito de cambiar el agarre poco ergonómico de la plancha convencional sin necesidad de reemplazarla, permitiendo mejorar la posición de la muñeca al realizar la actividad y con ello reduciendo los riesgos a los que las personas que la practican como actividad laboral se exponen. Esta actividad fue previamente evaluada mediante el método RULA, el cual es desarrollado para evaluar la exposición de los trabajadores a factores de riesgos de carga postural que pueden ocasionar trastornos musculoesqueléticos en los miembros superiores del cuerpo. La evaluación ergonómica inicial es 7, la cual indica el riesgo máximo que implica realizar cambios de carácter urgente (ver figura 1).

Con la implementación del dispositivo se mejora la posición de la muñeca, brazo, antebrazo y cuello, ya que permite recrear una posición natural del cuerpo, en donde se obtuvieron los siguientes resultados (ver figura 2).

Figura 1. Evaluación ergonómica RULA

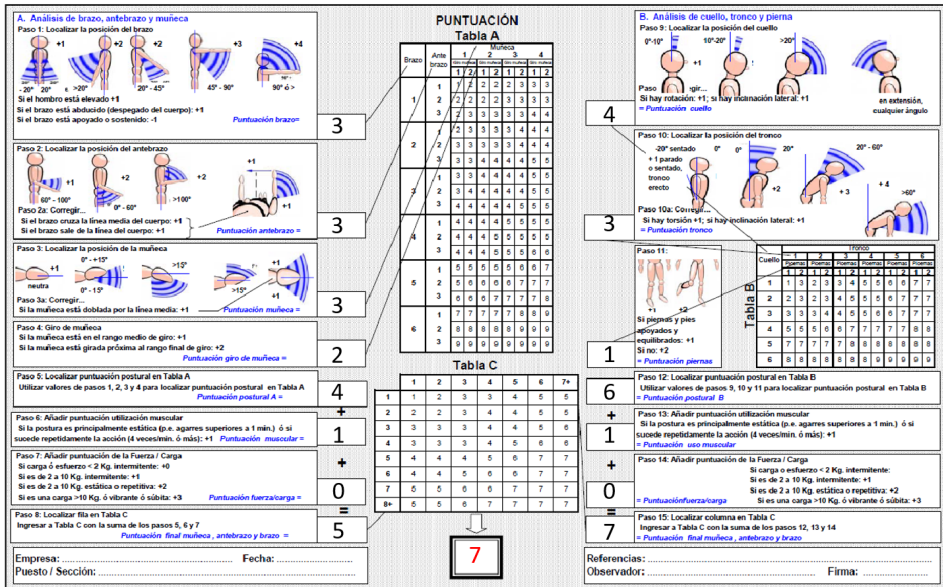
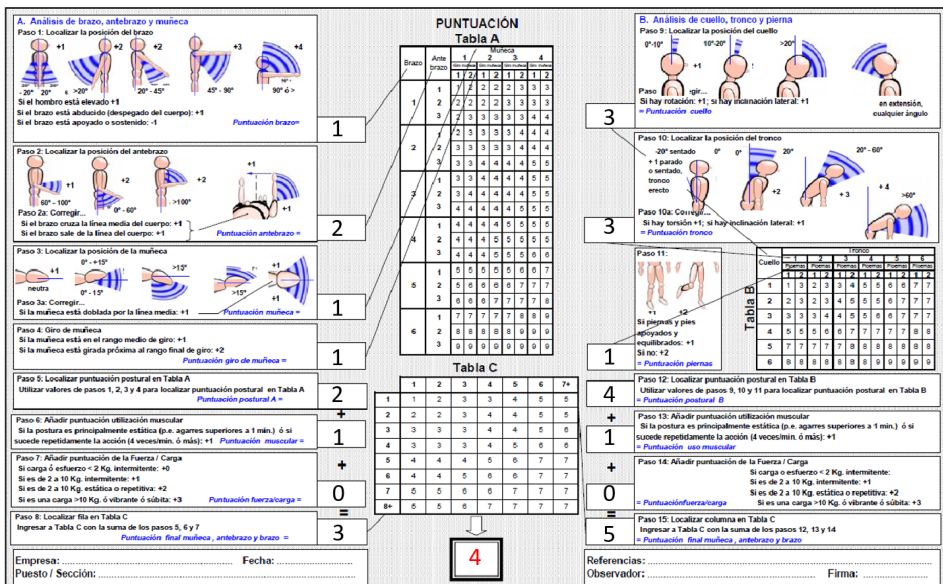


Figura 2. Análisis con la propuesta de mejora RULA



Materiales y métodos

Sujeto bajo estudio

El análisis ergonómico fue previamente realizado en 2 centros de planchado y en 2 tintorerías locales. Los resultados arrojaron los siguientes datos clave para realizar el diseño del dispositivo:

- Las personas expuestas son de ambos sexos.
- La jornada laboral tiene una duración promediada de 6 horas de lunes a sábado, con un descanso de 30 min y un tiempo de ciclo aproximado de 3 a 4 minutos por prenda.
- Las personas expuestas mantienen un rango de edades de entre 25 a 55 años.
- La mayoría de las personas cuenta con un agarre pequeño y es de complejión delgada.

Figura 3. Actividad de planchado



Procedimiento

1. Paso 0: Investigar y seleccionar tipo de empuñadura para el producto
2. Paso 1: Desarrollo de prototipo
3. Paso 2: Selección de medidas
4. Paso 3: Diseño del producto
5. Paso 4: Análisis de inyección del material plástico

Materiales

SolidWorks: Es un *software* CAD para modelado mecánico en 2D y 3D, desarrollado en la actualidad por SolidWorks Corp.

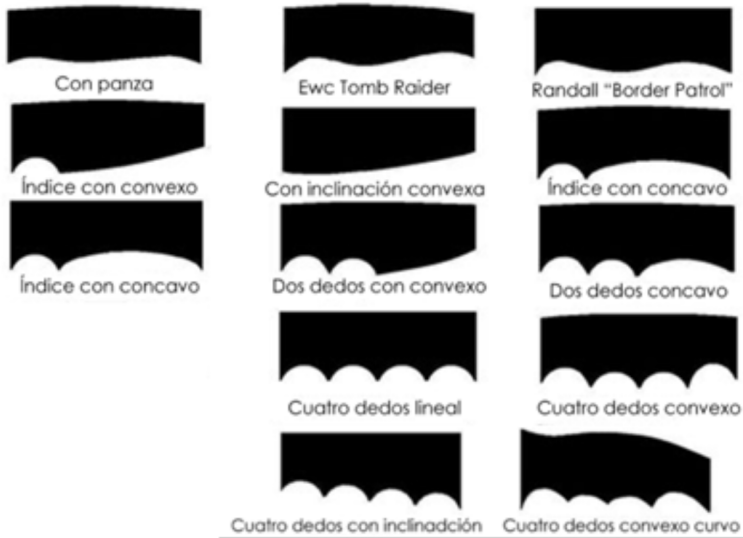
Resultados y su discusión

A continuación, se detallarán los pasos y resultados obtenidos del proceso de diseño y de los análisis de la simulación de inyección de plástico, en el producto “Ergo hand”. Para el diseño y análisis de simulación se utilizó el *software* de SolidWorks y sus complementos.

Paso 0: Investigar y seleccionar tipo de empuñadura para el producto

En esta etapa se investigó sobre los tipos de mangos de agarre que hay para partir de un diseño ya establecido, extraído de foro especializado en armas blancas, el cual muestra que los más comunes son 13 (ver figura 4).

Figura 4. Tipos de empuñaduras/mangos



Fuente: Goretta (2019).

Una vez conociendo los tipos de mangos de agarre que hay, se optó por escoger el agarre Ewc Tomb Raider, puesto que en su geometría se tiene un arco trasero y dos hendiduras frontales, lo cuales lo hacen tener una buena sujeción al momento de empuñar.

Paso 1: Desarrollo de prototipo

Posteriormente, se empezó a bosquejar el producto, conforme a el tipo de mango que se seleccionó, como se puede ver en la Figura 5.

Figura 5. Prototipo



Como se aprecia en la Figura 5, el prototipo que se bosquejó toma en cuenta la empuñadura Ewc Tomb Raider, con una base en donde se pensó tener un reposa brazos para el apoyo de este sobre la base.

Paso 2: Selección de medidas

Para las medidas de las partes se utilizaron las referencias ergonómicas de la guía del INSHT (2011) para la selección de herramientas manuales. También fueron tomadas de foros especializados en mangos/cabos de cuchillos. Dicho foro es armas blancas, dado que el producto no es como tal una herramienta y está basado más en el diseño de un mango de cuchillo. La concentración de datos y medidas puede encontrarse en la Tabla 1.

Tabla 1. Parámetros bases (mango/empuñadura)

Concepto	Selección de medidas	
	Rangos	Seleccionada
Largo de herramienta	32 mm - 51 mm	35 mm
Altura	100 mm -150mm	130 mm
Ancho	25 mm - 35 mm	25 mm

Para la selección de las medidas se tomó en cuenta que el largo de la herramienta está pensado principalmente en la facilidad de agarre que tendría una persona con agarre pequeño. La altura abarcaría a una mano con más amplitud que la de una mano pequeña y el ancho está pensado para que una mano pequeña lo cubra en su totalidad, con la finalidad de que el usuario pueda ejercer una fuerza de empuje con el mínimo esfuerzo. Para ello, se ocupa una zona que no sea demasiada pequeña en su altura pero también se requiere que no sea muy ancha para poder empuñar la herramienta. Por esta razón, se tomaron en cuenta las medidas base para la empuñadura.

Para la base se tomó en cuenta el perímetro total de la base de la empuñadura, por lo que se le aplicó una geometría redondeada a la que se le asignó una medida de 46 mm referenciada al centro de la empuñadura, con una salida trasera del mango/empuñadura, en donde tiene una salida creciente a 90 mm, desde el punto medio del círculo de la base de la empuñadura hasta el extremo, teniendo en cuenta el largo del mango de la plancha. A este último se le asignó una medida de 98.55 mm de largo.

El sistema de ajuste del producto a un mango de una plancha convencional es similar al de un transportador, el cual por medio de una rosca se ajusta y hace presión sobre los laterales del mango.

Paso 3: Diseño del producto

Para el diseño final se quitó el reposabrazos, ya que no es fundamental la adición de este al producto. A continuación, se mostrarán los diseños acotados de las partes del producto.

El producto consta de las siguientes partes:

- Empuñadura y cuerpo
- 4 tornillos cortos
- 2 tornillos largos
- 4 pinzas

A continuación, se mostrarán las medidas del diseño y características. El diseño se muestra en la Figura 6. Por otro lado, en la Tabla 2 se observa la concentración de características del diseño.

El diseño de tornillos cortos se puede observar en la Figura 7 y sus características en Tabla 3. El diseño de tornillo largo se observa en la Figura 8 y sus características en Tabla 4.

El diseño de pinza y sus características se observan en la Figura 9 y en la Tabla 5.

En el plano de la Figura 10 se muestra la explosión de los materiales enumerados por pieza y sus elementos se observan en la Tabla 6,. Por otro lado, los datos con características están en la Tabla 7.

Figura 6. Plano de la pieza del cuerpo y mango/empuñadura

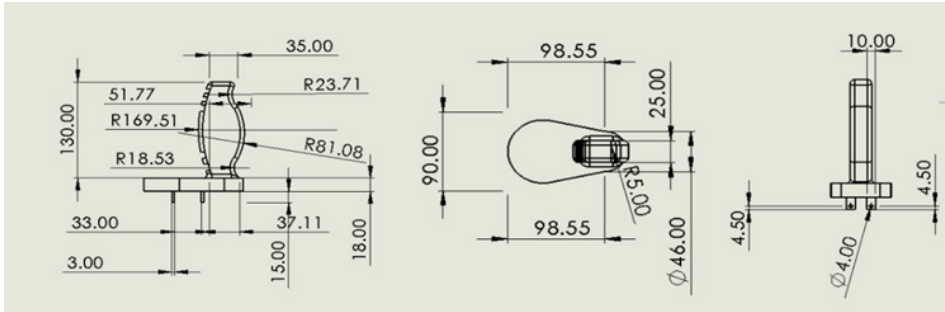


Tabla 2. Características de la pieza del cuerpo y mango

Concepto	Datos
Unidades	Milímetros
Masa	246.79 gramos
Área	38,132.42 milímetros cuadrados
Material	Polietileno de alta densidad
Volumen	259,237.10 milímetros cúbicos

Figura 7. Plano tornillo corto

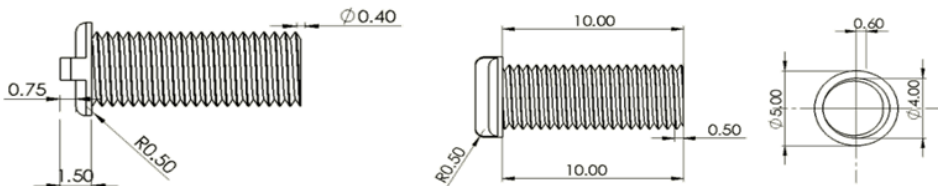


Tabla 3. Características de pieza tornillo corto

Concepto	Datos
Unidades	Milímetros
Masa	Polietileno de alta densidad
Área	0.12 gramos
Material	275.27 milímetros cuadrados
Volumen	122.33 milímetros cúbicos

Figura 8. Plano del tornillo largo

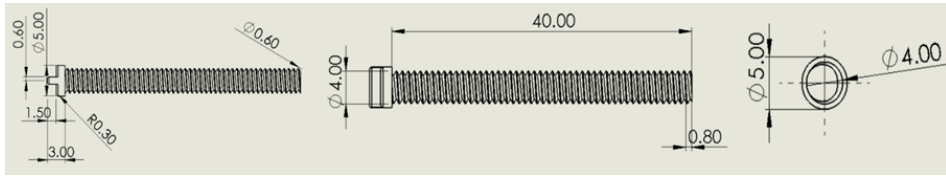


Tabla 4. Características de la pieza tornillo largo

Concepto	Datos
Unidades	Milímetros
Masa	Polietileno de Alta densidad
Área	0.40 gramos
Material	886.55 milímetros cuadrados
Volumen	422.96 milímetros cúbicos

Figura 9. Plano pinza

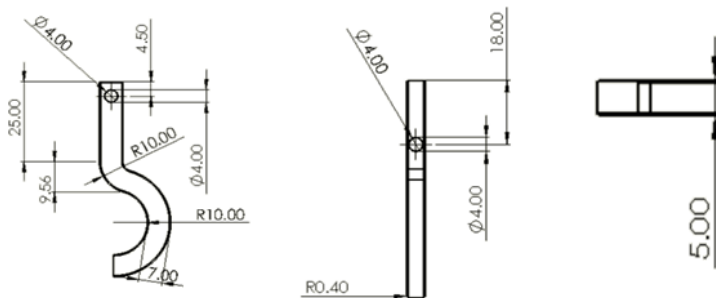


Tabla 5. Características de la pieza pinza

Concepto	Datos
Unidades	Milímetros
Masa	Polietileno de Alta densidad
Área	2.25 gramos
Material	1,918.99 milímetros cuadrados
Volumen	2,361.11 milímetros cúbicos

Figura 10. Planos explosionados con numeración de lista de material

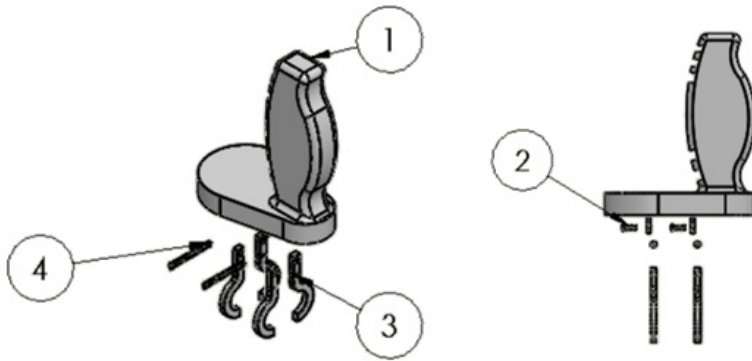


Tabla 6. Lista de materiales y numeración del material con base en la Figura 10

Número de elemento	Nombre de la pieza	Cantidad
1	Cuerpo y mango/empuñadura	1
2	Tornillo corto	4
3	Pinza	4
4	Tornillo largo	2



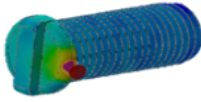

Tabla 7. Características del producto ensamblado

Concepto	Datos
Masa	257.06 gramos
Volumen	270,016.75 milímetros cúbicos
Área	48,682.58 milímetros cuadrados

Paso 4. Análisis de inyección del material plástico

El análisis de inyección del material nos permite conocer parámetros como el tiempo de llenado de la pieza diseñada, tiempo de enfriamiento, contracción de la pieza y la presión recomendada con base en su geometría, el cual nos ayuda a optimizar el tiempo, los recursos y maquinaria; esto, con la finalidad de dar recomendaciones por si se quiere en un futuro producir por este proceso.

Tabla 8. Análisis y resultados de simulación de inyección del material

Pieza	Estudio de simulación inyección de material de plástico (polietileno de alta densidad)	
	Imagen de avance de flujo	Datos
Cuerpo y mango/empuñadura		<ul style="list-style-type: none"> • Presión de inyectado de material: 0.36 – 118.02 megapascales • Tiempo de inyectado del material: 22.51 segundos • Contracción del material 10% • Tiempo de refrigeración: 14 minutos
Pinza		<ul style="list-style-type: none"> • Presión de inyectado de material: 0.10 – 147.73 megapascales • Tiempo de inyectado del material: 3.22 segundos • Contracción del material 4% • Tiempo de refrigeración: 1 minuto
Tornillo corto		<ul style="list-style-type: none"> • Presión de inyectado de material: 0.10 – 5.41 meg pascales • Tiempo de inyectado del material: 0.25 segundos • Contracción del material 11.88% • Tiempo de refrigeración: 8 segundos
Tornillo largo		<ul style="list-style-type: none"> • Presión de inyectado de material: 0.10 – 12.7 megapascales • Tiempo de inyectado del material: 0.44 segundos • Contracción del material 11.81% • Tiempo de refrigeración: 2 minutos

Conclusiones y recomendaciones

Para cuestiones de diseño y manufacturación del dispositivo: se encontró mediante la simulación de inyección de material, en el caso de que se requiera producir este producto por medio de este proceso en donde el material inyectado deberá tener una presión determinada para cada componente, como se describe a continuación:

Para cuerpo mango/empuñadura: 0.36 – 118.02 megapascales.

Para las pinzas: 0.10 – 147.73 megapascales.

Para tornillo corto: 0.10 – 5.41 mega pascales.

Para tornillo largo: 0.10- 12.7 mega pascales.

Se encontró también, con base en la contracción del material, que los moldes para la pieza cuerpo y mango/empuñadura, pinza, tornillo corto, tornillo largo deben tener una escala de 1.10, 1.04, 1.1188 y 1.1181, respectivamente; esto, para que al momento de contraerse tengan las medidas planteadas. También se espera que el tiempo de llenado sea 22,51 segundos para la pieza cuerpo man-

go/empuñadura; para la pieza pinza, 3.22 segundos; para el tornillo corto, 0.25 segundos, y para el tornillo largo de 0.44 segundos, donde también se identifica el tiempo de refrigeración para cada pieza, el cual es de 14 minutos, 1 minuto, 8 segundos y 2 minutos, respectivamente.

Para cuestiones ergonómicas: se lograron reducir riesgos musculoesqueléticos mediante la modificación de la posición de la muñeca con la implementación del producto Ergo hand, en donde se seleccionaron medidas idóneas para el agarre. Como consecuencia, también se mejoró el agarre del brazo, antebrazo y cuello, ya que permite una posición natural del cuerpo. En conclusión, se puede decir que el diseño y la ergonomía pueden trabajar en conjunto, dando paso al diseño ergonómico, teniendo como objetivo que las máquinas/dispositivos se adapten al trabajador y no por el contrario.

Referencias

- Armas blancas. (2008). Medida del cabo. Recuperado 15 de noviembre de 2021, de <https://armasblancas.mforos.com/936813/6926282-medida-del-cabo/>
- Armas blancas. (2019). Tipos de empuñaduras/mangos y cabos. Recuperado 8 de noviembre de 2021, de <https://armasblancas.mforos.com/933156/13017390-tipos-de-empuñaduras-mangos-y-cabos/>
- Batalla, B. (2015). Ergonomía y evaluación del riesgo ergonómico. Obtenido de Ergonomía y evaluación del riesgo ergonómico: https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/26070/OPE_Ergo_metodos.pdf
- Camargo, N. (s. f.). Diseño industrial y ergonomía. <http://www.semec.org.mx/archivos/9-35.pdf>
- Janse, P. (2011). Common work-related musculoskeletal strains. *South African Family Practice*, 53(3), 240-246.
- Murrell, H. (1965). *Ergonomics: Man in His Working Environment*. Springer.
- Mújica, I. (2019). Las perspectivas de la Ergonomía en México. Seguridad Laboral. Recuperado 29 de noviembre de 2021, de https://www.seguridad-laboral.es/sl-latam/las-perspectivas-de-la-ergonomia-en-mexico_20190103.html
- Rubio, A., Álvarez, A. & Araujo, C. (s. f.). Ergonomía Fácil guía para la selección de herramientas manuales. Salud laboral y discapacidad. Recuperado el 8 de noviembre de 2021, de <https://saludlaboralydiscapacidad.org/wp-content/uploads/2019/05/Guia-selecci%C3%B3n-herramientas-manuales-INSSBT.pdf>

Capítulo 14

Aplicación del método MAC en un establecimiento de autoservicio

María Fernanda Espinoza Enríquez
Mauricio López Acosta
Susana García Vilches

Resumen

El presente proyecto tiene como finalidad presentar la síntesis de los resultados de la aplicación del método ergonómico MAC (*Manual handling Assessment Charts*) para determinar el nivel de riesgo al que se exponen los trabajadores en el manejo manual de cargas, en el área de trabajo donde realizan sus actividades en la empresa bajo estudio, evaluando si estas condiciones son causantes de posibles enfermedades profesionales-TME. El propósito es proponer una serie de recomendaciones para ajustar el puesto de trabajo a las condiciones de los operadores, incidiendo así en la prevención de la posible aparición de trastornos en la salud de los empleados de dicha empresa. El resultado principal muestra la evaluación del operador que obtuvo la mayor puntuación, basado en la NOM-036-I-STPS-2018, la cual se usó como base para hacer las recomendaciones más viables a la empresa con la finalidad de que sean aplicadas y así minimizar el nivel de riesgo al que se exponen los operadores al realizar actividades que conllevan el manejo manual de cargas. Los resultados del estudio mostraron que en uno de los trabajadores se obtuvo una puntuación de 13 puntos, lo que indica un nivel de riesgo alto en las actividades de levantamiento de carga por una persona y 14 puntos para las actividades que implican transporte de cargas, obteniendo un nivel de riesgo alto.

Introducción

A efectos del Real Decreto 487/1997, se entenderá por manipulación manual de cargas (artículo 2) a “cualquier operación de transporte o sujeción de una carga

por parte de uno o varios trabajadores, como el levantamiento, la colocación, el empuje, la tracción o el desplazamiento, que por sus características o condiciones ergonómicas inadecuadas entrañe riesgos, en particular dorso lumbares, para los trabajadores”. Según la NOM-036-1-STPS-2018, el manejo manual de cargas es la actividad que desarrolla uno o varios trabajadores para levantar, bajar, empujar, jalar, transportar y/o estibar materiales, empleando su fuerza física utilizando o no equipo auxiliar. Se considera como carga aquella con una masa mayor o igual a 3 kg.

La manipulación manual de cargas es una tarea bastante frecuente en todos los sectores de actividad y, en muchos casos, es responsable de la aparición de fatiga física o bien de lesiones que se pueden producir de una forma repentina o por la acumulación de pequeños traumatismos aparentemente sin importancia. Según Acevedo (s.f), los riesgos de trabajo son los accidentes y enfermedades contraídas a raíz de la exposición continua de los trabajadores en los ejercicios o con motivo de su trabajo. Los factores de riesgo ergonómico son aquellos que pueden conllevar sobreesfuerzo físico, movimientos repetitivos o posturas forzadas en el trabajo desarrollado, con la consecuencia de fatiga, errores, accidentes y enfermedades de trabajo.

Según la VI Encuesta Nacional de Condiciones de Trabajo (INSHT, 2007), el 55% de los trabajadores que declaran manipular cargas pesadas siempre, casi siempre o a menudo durante su jornada laboral, manifiestan también sufrir molestias musculoesqueléticas en la zona lumbar. La OIT afirma que la manipulación manual es una de las causas más frecuentes de accidentes laborales, con un 20-25% del total de los producidos. En EE. UU., un estudio realizado en 1990, por el National Safety Council, pone de relieve que la mayor causa de lesiones laborales (31%) fueron los sobreesfuerzos y que la espalda fue la parte del cuerpo más frecuentemente lesionada (22% de 1,7 millones de lesiones).

Kudo, Yamada, e Ito (2019) mencionan que el dolor lumbar es una de las principales enfermedades ocupacionales que hay que atender, ya que se considera que el levantamiento manual de cargas puede aumentar su riesgo y se presenta en varios campos ocupacionales. De aquí la importancia de elaborar este tipo de estudios utilizando herramientas para su solución como: seguridad e higiene industrial, antropometría, biomecánica y ergonomía. Por otro lado, la Asociación Internacional de Ergonomía (1999) entiende por ergonomía a la “ciencia aplicada de carácter multidisciplinario que tiene como finalidad la adecuación de los productos, sistemas y entornos artificiales a las características, limitaciones y necesidades de sus usuarios, para optimizar su eficiencia, seguridad y confort”. En todas las aplicaciones su objetivo es común: se trata de adaptar los productos, las tareas, las herramientas, los espacios y el entorno en general a

la capacidad y necesidades de las personas, de manera que se mejore la eficiencia, seguridad y bienestar principalmente de los trabajadores para que se desarrollen en un ambiente seguro y libre de riesgos.

La manipulación manual de cargas es una de las actividades laborales más comunes que dan lugar a trastornos musculoesqueléticos. Sus efectos van desde molestias ligeras hasta la existencia de una incapacidad permanente. El levantamiento y transporte manual de carga conllevan la realización de esfuerzos intensos, que provocan desgarros y deterioro progresivo de los discos y de las articulaciones intervertebrales. La razón principal de realizar el estudio surge a raíz de que algunos de los trabajadores de la empresa que realizan manejo manual de cargas presentan dolores lumbares, los cuales, al no recibir la atención requerida, se pueden materializar en una enfermedad profesional. Es por esto que la empresa desea saber si los operadores cumplen con el peso máximo recomendado por la NOM-036-I-STPS-2018, además de determinar el nivel de riesgo al que se exponen realizando la manipulación manual de cargas. Con esto, se analizará el puesto de trabajo y se identificarán aquellos factores que representen un riesgo para el trabajador.

El objetivo es la prevención y la adaptación del trabajo al hombre, así como determinar el nivel de riesgo que presentan los operadores al realizar la tarea de manejo manual de carga al transportar el producto del área del almacén hasta al área de ventas y proporcionar medidas preventivas con base en lo que se estipula en la NOM-036-I-STPS-2018, además de cumplir con el peso máximo permisible que se menciona en dicha norma, ya que la prevención contempla un estado óptimo de bienestar y productividad, no solamente el cumplimiento de la ley. Considerando estos aspectos, se determinaron objetivos específicos, que son:

- Proporcionar acciones correctivas para minimizar los riesgos.
- Adaptar correctamente las condiciones y puestos de trabajo a las características físicas y psicológicas de los trabajadores.
- Salvaguardar la integridad de los trabajadores de la empresa para que no presenten trastornos musculoesqueléticos.

Materiales y métodos

Sujeto bajo estudio

El presente proyecto se llevará a cabo a un establecimiento de autoservicio dedicado a la venta vinos, cerveza y licores, en el cual se cuenta con 4 empleados. La tarea comienza cuando el operador realiza el levantamiento del producto en el área del almacén para trasladarlo al área de ventas (tarea culminada), donde se

va a refrigerar el producto para que posteriormente sea vendido. El proceso se realiza alrededor de 5 veces a la semana, y se emplea un tiempo aproximado de una hora. La aplicación del método de evaluación ergonómica se realizó a los 4 operadores, mostrando de manera individual el riesgo al que se expone cada uno tomando en cuenta sus características físicas y el peso que manejan.

Dos de cuatro trabajadores son mujeres de entre 20 a 45 años, quienes levantan un peso de entre los 8 kg hasta los 25 kg. Los 2 operadores restantes son hombres que realizan una manipulación de cargas con peso de hasta 25 kg.

Procedimiento

Aplicación del método MAC (Manual Handling Assessment Charts)

Desarrollada por HSE (Health and Safety Executive – R. U.) y publicada el año 2003, es una metodología definida como una “herramienta de inspección”. Es de evaluación rápida y utiliza una escala cuantitativa para medir el riesgo y un código de colores para calificar cada factor de riesgo que presenta el operador al realizar tareas de manejo manual de carga.

- *Etapa 1: Selección del área a evaluar*
 - Se llevará a cabo mediante la observación del puesto de trabajo y seleccionando el área donde se considere que no hay una adaptación ergonómica para que el operador realice sus actividades sin riesgo. Proceso para elaboración de toma de medidas:
- *Etapa 2: Aplicación del método ergonómico*
 - Tomando en cuenta actividades que impliquen levantamiento de cargas por una sola persona:
 - a. Peso de la carga y la frecuencia.
 - b. Distancia horizontal entre las manos y la parte inferior de la espalda.
 - c. Distancia vertical.
 - d. Torsión y lateralización del tronco.
 - e. Restricciones posturales.
 - f. Acoplamiento mano-objeto.
 - g. Superficie de trabajo.
 - h. Otros factores ambientales complementarios.
 - Tomando en cuenta de transporte de carga
 - a. Peso de la carga y la frecuencia.
 - b. Distancia horizontal entre las manos y la parte inferior de la espalda.
 - c. Carga asimétrica sobre la espalda.
 - d. Restricciones posturales.

- e. Acoplamiento mano-objeto.
 - f. Superficie de tránsito.
 - g. Otros factores ambientales complementarios.
 - h. Distancia de traslado.
 - i. Obstáculos.
- *Etapa 3: Obtener puntuación.* Se inserta en una tabla el color y puntaje numérico correspondiente para cada factor de riesgo obtenido en la evaluación de la tarea.
 - *Etapa 4: Interpretar resultados.* Se obtendrá la categoría de acción de acuerdo al puntaje total.
 - *Etapa 5: Propuesta de acción.* Se brindarán las recomendaciones que mejor parezcan y se adecuen para que el puesto de trabajo sea el ideal y que los trabajadores desempeñen sus tareas de manera satisfactoria y sin riesgos.

Materiales

Los instrumentos utilizados son:

- Paquete de Microsoft Office
- Métodos ergonómicos
- Formato de evaluación del método MAC
- Formato de evaluación de la NOM-036-I-STPS2018

Resultados y su discusión

Etapa 1: Selección del área a evaluar

La actividad comienza en el área del almacén, ya que se trata del traslado de producto hasta el área de ventas, realizando el manejo manual de cargas para desarrollar esta actividad. Se seleccionó esta área porque es donde se vieron las oportunidades de mejora que pueden beneficiar a la empresa y tener un mayor impacto, al mantener a salvo a los trabajadores y aumentar la productividad.

Etapa 2: Aplicación del método ergonómico

La implementación de la evaluación ergonómica a la empresa bajo estudio permitió identificar el nivel de riesgo existente en las diversas variables que se analizan para la aplicación del método, las cuales se muestran en la Tabla 1. De las evaluaciones realizadas a los 4 operadores de la empresa, se tomó como referencia los resultados arrojados del operador que obtuvo un mayor puntaje, el

cual servirá como iniciativa de estudio para realizar las acciones correctivas. Las puntuaciones de estos factores son consecuencia del manejo manual de cargas que se lleva a cabo en la organización, el cual consiste en el levantamiento y transporte de producto.

Quien obtuvo una mayor puntuación fue el operador 1, ya que es una mujer de entre 18 y 45 años que levanta un peso de 25.56 kg (peso referido al levantamiento total de 3 cajas que tienen un peso de 8.52 kg cada una), mientras que el peso máximo permitido, según se estipula en la NOM-036-I-STPS-2018, es de 20 kg para las mujeres que se encuentran en el rango de edad mencionado anteriormente.

Figura 1. Simulación del levantamiento manual de cargas vista frontal



Figura 2. Simulación del levantamiento manual de cargas vista lateral

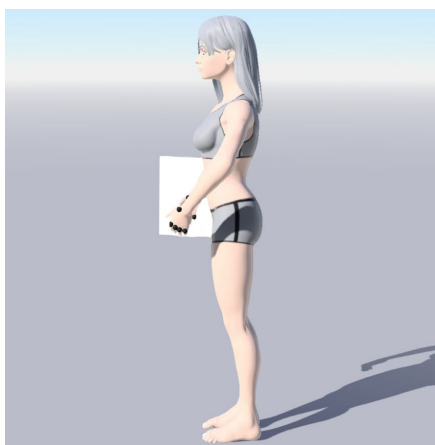


Tabla 1. Evaluación del nivel de riesgo para actividades de levantamiento y transporte de cargas manual

Factores de riesgo	Operador 1				Operador 2				Operador 3				Operador 4			
	Levantar		Transportar		Levantar		Transportar		Levantar		Transportar		Levantar		Transportar	
	Color	Valor	Color	Valor	Color	Valor	Color	Valor	Color	Valor	Color	Valor	Color	Valor	Color	Valor
Peso y ascenso de la carga/ frecuencia de transporte		4		4		0		0		4		4		4		4
Distancia horizontal entre las manos desde la parte inferior de la espalda		3		3		0		0		0		0		0		0
Región de levantamiento vertical		1	-	-		1	-	-		1	-	-		1	-	-
Torsión y flexión lateral del torso; Carga asimétrica sobre el torso (transporte)		0		0		0		0		0		0		0		0
Restricciones posturales		1		1		1		1		1		1		1		1
Acoplamiento mano-carga		2		2		1		1		2		2		2		2
Superficie de trabajo; Superficie de tránsito		1		1		1		1		1		1		1		1
Otros factores ambientales		1		1		1		1		1		1		1		1
Distancia de transporte	-	-		0	-	-		0	-	-		0	-	-		0
Obstáculos en la ruta	-	-		2	-	-		2	-	-		2	-	-		2
Puntuación	13		14		5		6		10		11		10		11	
Nivel de Riesgo	Alto		Alto		Moderado		Moderado		Moderado		Moderado		Moderado		Moderado	

Etapa 3: Obtener puntuación

Para el operador 1 en la tarea de levantamiento de cargas por una sola persona se obtuvo una puntuación de 13 con un nivel de riesgo alto. Para la tarea de transportar la carga se obtuvo una puntuación de 14 con un nivel de riesgo alto. Por otro lado, el resto de los operadores obtuvieron un riesgo moderado, con una puntuación de entre 5 a 11 puntos.

Etapa 4: Interpretar resultados

Con base en el resultado de la Tabla 1, las acciones correctivas que brinda la NOM-036-I-STPS-2018 para un nivel de riesgo alto nos dicen que se requiere una acción rápida, por lo que se deben establecer medidas de control mediante un programa de ergonomía para el manejo manual de cargas. Por otro lado, para un nivel de riesgo moderado nos dice que se deben examinar las tareas con mayor detalle, mediante la aplicación de una evaluación específica, o implantar medidas de control mediante un programa de ergonomía para el manejo manual de cargas.

Etapa 5: Propuesta de acción

Las recomendaciones para prevenir y minimizar riesgos en el manejo manual de cargas de los operadores de un establecimiento de autoservicio se detallarán a continuación. Cabe mencionar que se tomaron en cuenta el nivel de riesgo descubierto gracias al método ergonómico y los factores individuales de riesgo moderado. De acuerdo con este ello, se sugiere:

- “Brindar a los operadores la capacitación sobre el manejo manual de cargas donde se exponga el peso máximo permisible que deben realizar según sus características (género y edad), como lo establece la NOM-036-I-STPS-2018”.

Tabla 2. Peso máximo permisible para el manejo manual de cargas según la NOM-036-I-STPS-2018

Masa máxima (kg)	Género	Edad (en años)
7	Femenino	Menores de 18
	Masculino	
15	Femenino	Mayores de 45*
20	Femenino	Entre 18 y 45
	Masculino	Mayores de 45*
25	Masculino	Entre 18 a 45

- Se recomienda que el operador 1 realice una manipulación de cargas con un peso máximo de 20 kg. De esta manera, estará realizando un levantamiento que cuenta con un peso que está dentro del rango permisible, evitando así que adquiera problemas lumbares.

- Una vez que se aplique la acción correctiva del punto anterior, repercutirá en el factor de la distancia entre las manos y la espalda, ya que al manejar el peso adecuado el operador podrá mejorar sus posturas.
- Para el acoplamiento mano-objeto, el operador puede realizar el levantamiento y traslado de una caja a la vez, (sin apilarlas). Así, se tendrá un mejor agarre y el operador podrá hacer una pinza con las manos.

Figura 3. Acoplamiento mano-objeto

Materiales en los cuales las manos pueden hacer una “pinza”



- Para los factores ambientales, se sugiere que la iluminación artificial sea la utilizada en el área del almacén, para que el operador pueda tener una visión clara de la carga que va a levantar y transportar.
- Se recomienda el rediseño del área donde se lleva a cabo la actividad, para:
 - Eliminar las restricciones posturales; es decir, hacer un cambio en el acomodo del producto que se encuentra en el almacén, así como en los anaqueles que se encuentran en el trayecto del almacén al área de ventas, de manera que el espacio sea adecuado para que el operador levante la carga y la traslade sin tener limitaciones en sus movimientos.
 - La nivelación del piso en donde se encuentra una rampa, para eliminar riesgos de sufrir una caída.

Conclusiones y recomendaciones

Se identificaron los factores de riesgo que se encuentran en las actividades de manejo manual de cargas. Después de analizar los resultados se concluyó que la

empresa no cumple con normatividad estipulada en la NOM-036-I-STPS-2018; sin embargo, no está lejos de cumplir con dicha norma, ya que el análisis individual de la mayoría de los factores de riesgo que se encontraron presenta un nivel moderado. Por lo tanto, la empresa puede modificar sus procesos para crear un ambiente sin peligros, minimizando o eliminando por completo los posibles riesgos de que los operadores adopten parezcan algún tipo de enfermedad lumbar, ya que es la más común en trabajos donde se realiza la manipulación de cargas.

El objetivo principal de corregir problemas ergonómicos es hacer que el trabajo se ajuste al trabajador y no forzar al trabajador a ajustarse al trabajo. Eso lo podremos lograr mediante controles de ingeniería, utilizando diseños ergonómicos de las estaciones de trabajo y herramientas o equipo. Asimismo, se puede hacer uso de los diferentes métodos ergonómicos que existen para determinar el nivel de riesgo al que se encuentran expuestos los trabajadores de la organización, con la finalidad de tener una idea del daño que se ha producido y detectar las maneras de revertirlo, minimizarlo e, incluso, eliminarlo.

Referencias

- Carballo, Y. (2013). Epidemiología: trastornos musculoesqueléticos de origen ocupacional. *Temas de epidemiología y salud pública*. Tomo II. 745 - 764.
- Health and Safety Executive. (1992). *Manual Handling Operation Regulations 1992. Guidance on Regulations*. Health and Safety Executive. L 23. HMSO.
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo (1998). *Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la manipulación de cargas*. INSHT. Disponible en <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Normativa/GuiasTecnicas/Ficheros/cargas.pdf>
- Justia. (s. f.). *Ley Federal del Trabajo*. Título noveno. Recuperado el 26 de septiembre de 2021, de <https://mexico.justia.com/federales/leyes/ley-federal-del-trabajo/titulo-noveno/>
- Norma Oficial Mexicana. (2018). NOM-036-1-STPS-2018, Factores de riesgo ergonómico en el trabajo-identificación, análisis, prevención y control. Parte1: Manejo manual de cargas. Disponible en http://www.dof.gob.mx/normasOficiales/7468/stps11_C/stps11_C.html
- Secretaría de Salud Laboral. (2008). *Manual de trastornos musculoesqueléticos*. ASL Acción en salud laboral.

Capítulo 15

Medición de nivel de cultura ergonómica en un centro de trabajo

Erick Gadiel Vega Rabago
Mauricio López Acosta
Allán Chacara Montes

Resumen

El proyecto que a continuación se presenta tiene como objetivo medir el nivel de cultura ergonómica de una empresa manufacturera dedicada a la elaboración de productos de cartón (cajas y bandejas de huevos) y reciclaje de papel para recolección de la materia prima. Para realizar dicho estudio se utilizó el cuestionario de cultura ergonómica en centros de trabajo (CCE-T) y fue aplicado a una muestra 31 operadores. Este cuestionario permite medir el nivel de desarrollo de la cultura ergonómica en centros de trabajo desde la óptica de los operadores, lo cual nos permite obtener la percepción que tienen ellos sobre el desarrollo y aplicación de la ergonomía en su empresa, poder tener una visión más amplia y obtener una retroalimentación para que la empresa pueda obtener un alto grado de cultura ergonómica. En la empresa bajo estudio se encontró un nivel de cultura ergonómica de 38%. Por consiguiente, este instrumento se considera un elemento valioso como mecanismo retroalimentador de procesos en salud colectiva y como herramienta diagnóstica, que a cualquier empresa le sería de mucho beneficio.

Introducción

Los desórdenes musculoesqueléticos (DME) de origen ocupacional son una problemática mundial que afecta tanto a países desarrollados como a aquellos en vía de desarrollo. Son considerados la primera causa de enfermedad en el trabajo en la Unión Europea y, en el año 2016, representaron más del 41% de todas las enfermedades laborales en el Reino Unido y casi el 66% de todas las enferme-

dades laborales en Corea del Sur. A su vez, representaron el 40% de los costos de salud relacionados con el trabajo en todo el mundo (Ardila-Jaimes, 2016). La gran mayoría de los factores de riesgo son introducidos en las actividades laborales sin estudios previos de su efecto en la salud. En general, las normas de prevención se desarrollan una vez producido el daño y muchas de éstas aparecen mucho tiempo después de ser conocidos estos efectos (Guillén, 2006). Las enfermedades y los traumatismos relacionados con el trabajo provocaron la muerte de 1,9 millones de personas en 2016, según las primeras estimaciones conjuntas de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización Internacional del Trabajo (OIT). A nivel mundial, las muertes relacionadas con el trabajo por población se redujeron en un 14% entre 2000 y 2016. Según el informe, esto puede deberse a la introducción de mejoras en materia de salud y seguridad en el lugar de trabajo.

Este primer informe de seguimiento mundial conjunto de la OMS y la OIT permitirá a los responsables de la formulación de políticas hacer un seguimiento de las pérdidas de salud relacionadas con el trabajo a nivel nacional, regional y mundial. Esto permitirá centrar más el alcance, la planificación, el cálculo de costos, la aplicación y la evaluación de las intervenciones adecuadas para mejorar la salud de la población trabajadora y la equidad sanitaria. El informe muestra que se necesitan más medidas para garantizar lugares de trabajo más sanos, más seguros, más resilientes y más justos desde el punto de vista social, y que la promoción de la salud en el lugar de trabajo y los servicios de salud ocupacional desempeñan un papel fundamental.

Los trastornos musculoesqueléticos son la causa más común de enfermedad laboral, y el coste económico asociado a ellos es enorme (2% del PIB europeo). Además de los elevados costes económicos derivados de los gastos médicos y las bajas laborales, estas dolencias suponen un elevado coste social y una importante merma de la calidad de vida de los trabajadores (Diego-Mas, 2020).

Ardila & Rodríguez (2016), tras una revisión de la literatura, realizaron un constructo teórico fundamentado en el modelo de Scott, Kogi y McPhee, que contempla las dimensiones macroergonomía y microergonomía y los componentes diseño organizacional, diseño de instalaciones, entrenamiento/educación, puesto de trabajo, diseño de la tarea, equipos/productos y herramientas. A partir de este, se elaboraron un cuestionario de 27 puntos con respuestas tipo Likert. Las preguntas se perfilaron de manera que pudieran ser resueltas en cualquier contexto empresarial. Se generó un primer borrador con cada uno de los ítems del cuestionario, que fue revisado por cinco expertos en ergonomía, los cuales hicieron ajustes de pertinencia y adecuación. Se asignó la denominación definitiva del instrumento como: cuestionario de cultura ergonómica en centros

de trabajo (CCE-T). Para la asignación de valores, las categorías tomadas de la escala de Likert planteadas en el cuestionario llevan al evaluador a ponderar cada ítem. Así, el total de las respuestas “totalmente de acuerdo” se multiplican por uno; “parcialmente de acuerdo”, por dos; “parcialmente en desacuerdo”, por tres; y “totalmente en desacuerdo”, por cuatro. Para llevar el total a una clasificación, a partir de los resultados se tomó el total de la sumatoria de respuestas de cada una de las cuatro categorías y se trasladó a una tabla de ponderados que permiten, finalmente, dar el resultado del nivel en el que el trabajador clasifica a su empresa.

Al evaluar qué tanta cultura ergonómica se espera que una empresa pueda desarrollar, los autores han definido cuatro niveles de cultura ergonómica: baja, media, alta y muy alta, producto de la sumatoria de los totales parciales ya ponderados. Esta categorización permite orientar a la empresa sobre lo que consideran sus trabajadores en cuanto a actuaciones en ergonomía y comparar los resultados con lo existente (Ardila-Jaimes, 2015 y 2016).

La cultura ergonómica presente en el centro de trabajo por parte de los operadores está en su mayor índice en un rango “alto”, con 41%; “medio” en 14%, y 7% “bajo”; mientras que lo óptimo en niveles del cuestionario es “muy alto”, en el que se cuenta con solo 38%. Estos rangos visualizan las buenas prácticas ergonómicas de los operadores al momento de realizar su trabajo. Si se suman las tres cifras significativas que no se encuentran en el rango óptimo, se puede determinar que el 62% está inconforme, desatendido o desinformado y, por tanto, podrían tener problemas musculoesqueléticos o relacionados a la falta de ergonomía. Ignorar estas cifras es un problema grave que se debe enfrentar para el bienestar del operador.

El objetivo del presente estudio es determinar el nivel de cultura que se tiene en operadores de la empresa, mediante la aplicación de un cuestionario para medir la cultura ergonómica. La finalidad es establecer las bases para un programa de trabajo para mejorar las condiciones presentes en el lugar de trabajo, cumpliendo con los requisitos para un entorno seguro y saludable.

Materiales y métodos

Sujeto bajo estudio

La organización bajo estudio es una empresa dedicada a la creación de productos de celulosa (cajas y bandejas de huevo), así como al proceso de pulpeo, donde se crea la materia prima a partir del reciclaje de papel; en su mayoría, periódico y cartón. Esta organización cuenta con 3 turnos de trabajo donde la producción no se detiene en el día, exigiendo una demanda de producción bastante elevada. Se contrastó con la producción de huevo en México, donde se fabrican 127.4

millones de cajas, nuestro país se ubica como el cuarto productor de huevo a nivel mundial, después de China (1,181.8 millones de cajas), EE. UU. (251.4 millones de cajas) y por encima de Rusia, Japón, Brasil, Turquía y Francia. Es importante acotar que cada caja de huevo contiene 360 unidades (30 docenas de huevos). Para la aplicación del cuestionario, se tomó en cuenta que la empresa cuenta con 31 operadores en el área de planchado. Para realizar estudio se hizo un cálculo del tamaño de muestra mediante una herramienta estadística, para conocer el número de cuestionarios a aplicar con el objetivo de medir el nivel de cultura ergonómica en la empresa.

Para el tamaño de muestra se tomó en cuenta que es una muestra finita, con una probabilidad de éxito de 95% y un nivel de confianza de 5%. El cálculo se realizó en *software* (Excel) y, por lo tanto, el tamaño de muestra fue de 29 operadores a los cuales se les aplicará el cuestionario con el objetivo de conocer su percepción sobre el desarrollo y aplicación de la ergonomía.

Procedimiento

A continuación, se describirán los pasos que se llevaron a cabo para la aplicación del cuestionario de cultura ergonómica.

- *Confiabilidad del instrumento.* En esta actividad se determinó la confiabilidad del instrumento determinando el alfa de Cronbach.
- *Aplicación de cuestionario.* En esta actividad se aplicó un cuestionario al personal del área de planchado de la empresa para conocer su percepción sobre el desarrollo y aplicación de la ergonomía.
- *Análisis de resultados.* De acuerdo a la recolección de datos, se analizarán las respuestas para conocer el nivel de cultura ergonómica con la que cuenta la empresa.

Materiales

Los instrumentos utilizados son:

- Paquete de Microsoft Office (Excel).
- Cuestionario de cultura ergonómica en centros de trabajos CCE-T de (Ardilla & Rodríguez (2016)).

Resultados y su discusión

Con la aplicación del cuestionario de cultura ergonómica en centros de trabajo CCE-T, se logró una recolección de datos que nos permitió medir el nivel de cultura ergonómica que tienen los operadores en una empresa manufacturera.

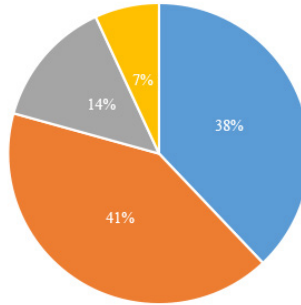
Participantes

El instrumento aplicado cuenta con 26 elementos y nos arroja una confiabilidad alta con un coeficiente alfa Cronbach de 0.897. La muestra que se tomó para este estudio fue de N= 29 operadores, en los cuales 11 fueron hombres (37.93%) y 18 mujeres (62.06). La edad promedio fue de 36.48 años y los niveles de escolaridad que se registraron fueron de 14% de licenciatura, 41% de preparatoria y 45% de secundaria. Los datos que se obtuvieron son representados través gráficas, suficientes para realizar el análisis y tener una visión más amplia sobre los resultados.

El primer resultado relevante de este estudio se obtuvo mediante la sumatoria del nivel de cultura ergonómica que tiene cada que uno de los sujetos de estudio, obteniendo un puntaje de 43 puntos. Según la escala utilizada, 26-39 es muy alta, 40-52 es alta, 53-78 es media y 79-104 es baja. Se procedió a agruparlos según el nivel, obteniendo un 38% de los participantes nivel muy alto, 41% alto, un 14% nivel medio y 7% nivel bajo (ver Figura 1).

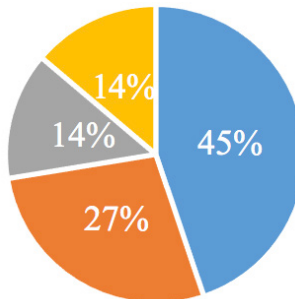
Para la pregunta número 4 del cuestionario: “¿Se han realizado mediciones de las partes de su cuerpo para hacer ajustes a su puesto de trabajo durante el tiempo que lleva laborando en la empresa?”, se presenta un resultado que muestra que el 45% está “Totalmente de acuerdo”, el 27% está “Parcialmente de acuerdo”, el 14% está “Parcialmente en desacuerdo” y el 14% está “Totalmente en desacuerdo”, como se muestra en la Figura 2. Analizando e interpretando la información obtenida, entendemos que el 72% de los trabajadores tuvieron un ajuste que fue reconfortante para su trabajo o se sintieron cómodos y el 28% está inconforme o no se le presentó un ajuste para el área de trabajo.

Figura 1. Nivel de cultura ergonómica



- **Muy alta:** El trabajador reconoce un alto grado de desarrollo de una cultura ergonómica en la empresa, lo que demuestra un compromiso gerencial
- **Alta:** El trabajador reconoce acciones puntuales y organizadas en el desarrollo de la cultura ergonómica en la empresa
- **Media:** El trabajador reconoce algunos puntos importantes que denotan un desarrollo incipiente de una cultura ergonómica en la empresa
- **Bajo:** El trabajador reconoce baja planeación y ejecución de acciones en el desarrollo de una cultura ergonómica

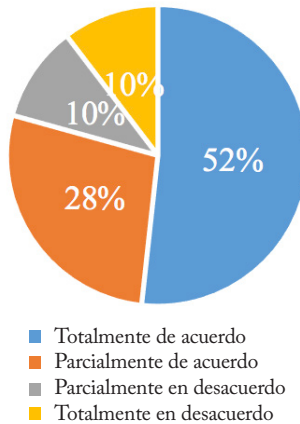
Figura 2. Respuestas de la pregunta 4



- Totalmente de acuerdo
- Parcialmente de acuerdo
- Parcialmente en desacuerdo
- Totalmente en desacuerdo

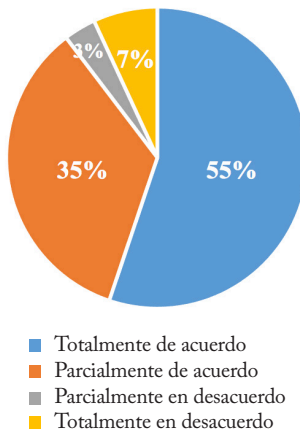
Para la pregunta número diez del cuestionario: “Cuando ingresó a la empresa, ¿le brindaron una inducción completa sobre las actividades que debe realizar?”, se presenta un resultado que muestra que el 52% está “Totalmente de acuerdo”, el 28% está “Parcialmente de acuerdo”, el 10% está “Parcialmente en desacuerdo” y el 10% está “Totalmente en desacuerdo”, como se muestra en la Figura 3. Esto quiere decir que la mitad de los operadores están conformes con la inducción que les brindaron y el resto siente que no se les brindó una forma adecuada de hacer su trabajo y lo comenzaron a aprender en el proceso.

Figura 3. Respuestas de la pregunta 10



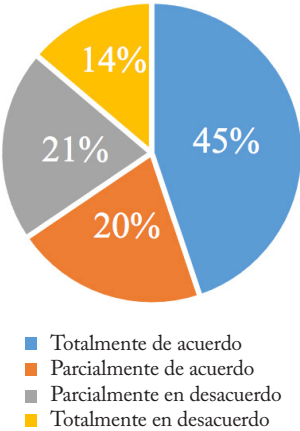
Para la pregunta número once del cuestionario: “¿Ha recibido reinducción de la labor que realiza?”, se presenta un resultado que muestra que el 55% está “Totalmente de acuerdo”, el 35% está “Parcialmente de acuerdo”, el 3% está “Parcialmente en desacuerdo” y el 7% está “Totalmente en desacuerdo”, como se muestra en la Figura 4. Esto quiere decir el 55% de los operadores han recibido una reinducción en las tareas que realiza en su puesto de trabajo, el 45% no ha recibido reinducción adecuada o no recibe una reinducción sobre las tareas que realiza en su puesto de trabajo, lo cual es alarmante debido que un gran grupo de trabajadores no sintió conformidad con su inducción en el área de trabajo.

Figura 4. Respuestas de la pregunta 11



Para la pregunta número doce del cuestionario: “¿Recibe entrenamiento para mejorar la labor que realiza?”, se presentó un resultado que muestra que el 45% está “Totalmente de acuerdo”, el 16% está “Parcialmente de acuerdo”, el 21% está “parcialmente en desacuerdo” y el 14% está “Totalmente en desacuerdo”, como se muestra en la Figura 5. Esto quiere decir que el 65% de los operadores recibe o ha recibido un entrenamiento para mejorar las tareas que realiza en su puesto de trabajo y el 35% de los operadores no recibe o ha recibido un entrenamiento adecuado para mejorar las tareas que realiza.

Figura 5. Respuestas de la pregunta 12



Para la pregunta número trece del cuestionario: “¿Se realizan jornadas educativas programadas para mejorar las condiciones del trabajo que realiza?”, el 76% de los trabajadores ha tenido jornadas para la mejora de sus condiciones de trabajo. Esto quiere decir que sí se puede seguir manteniendo la seguridad, higiene y la salud del operador; además, el empleado es consciente de muchos de los riesgos presentes.

Para la pregunta número diecisiete del cuestionario: “¿Se realizan evaluaciones de las condiciones en las que se encuentra su espacio físico de trabajo?”, se presentó un resultado que muestra que el 59% está “Totalmente de acuerdo”, el 21% está “Parcialmente de acuerdo”, el 17% está “Parcialmente en desacuerdo” y el 3% está “Totalmente en desacuerdo”, como se muestra en la Figura 5. Esto nos indica que sí se mantiene una evaluación constante en el puesto de trabajo, ya que la mayoría está en un índice de conformidad que arroja el 80%, obteniendo este resultado al agrupar los dos indicadores que se acercan a estar de acuerdo.

Para la pregunta número dieciocho del cuestionario: “¿Se han hecho cambios en las tareas que usted realiza de manera que le generen menos riesgo de

enfermedad o lesión?”, se presentó un resultado que muestra que el 52% está “Totalmente de acuerdo”, el 21% está “Parcialmente de acuerdo”, el 17% está “Parcialmente en desacuerdo”, y el 10% está “Totalmente en desacuerdo” como se muestra en la Figura 8. De ello se interpreta que la mayoría de los trabajadores sí han recibido cambios en sus actividades para mejorar su trabajo, hacerlo un poco más cómodo y hacerlo más seguro.

Figura 6. Respuestas de la pregunta 13

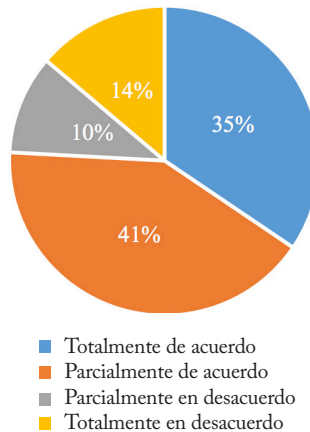
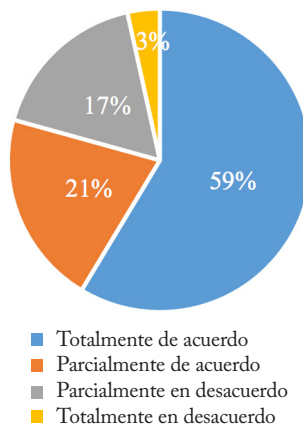


Figura 7. Respuestas de la pregunta 17



Para la pregunta veintidós del cuestionario: “¿Se han hecho evaluaciones para determinar la necesidad de utilizar elementos que faciliten el trabajo que usted

realiza? (por ejemplo: apoyapiés, apoyamuñecas, soportes para columna vertebral, descansapiés, soporte para portátiles, etc.)”, se arrojó un resultado que muestra que el 52% está “Totalmente de acuerdo”, el 14% está “Parcialmente de acuerdo”, el 20% está “Parcialmente en desacuerdo” y el 14% está “Totalmente en desacuerdo”, como se muestra en la Figura 10. Por tanto, se puede entender que los trabajadores, al menos la mitad, sí han sido evaluados para verificar su desempeño y necesidades en el puesto de trabajo, pero sigue siendo un área de oportunidad para equipar adecuadamente a los operadores restantes que se sienten inconformes.

Figura 8. Respuestas de la pregunta 18

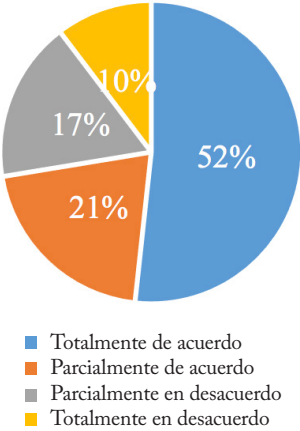
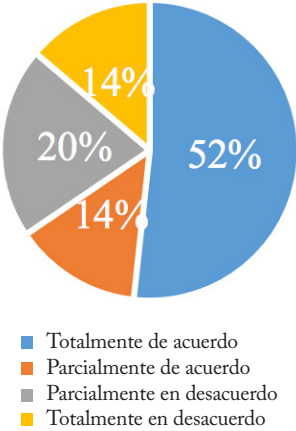
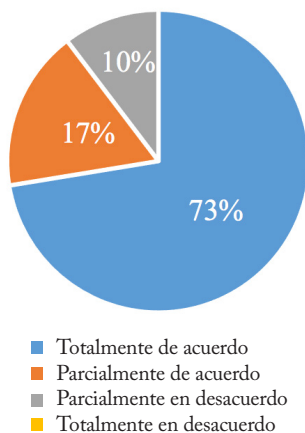


Figura 9. Respuestas de la pregunta 22



Para la pregunta veintitrés del cuestionario: “¿Utilizan elementos que faciliten el trabajo que usted realiza? (Por ejemplo: apoyapies, apoyamuñecas, soportes para columna vertebral, descansapies, soporte para portátiles, etc.)”, se presentó un resultado que muestra que el 73% está “Totalmente de acuerdo”, el 17% está “Parcialmente de acuerdo”, el 10% está “Parcialmente en desacuerdo” y el 0% está “Totalmente en desacuerdo”, como se muestra en la Figura 10. Gracias a los resultados obtenidos, se puede ver que gran parte del personal es consciente de las herramientas para ayudar a que su trabajo sea más seguro.

Figura 10. Respuestas de la pregunta 23



Conclusiones y recomendaciones

En conclusión, en este proyecto se demuestra que el personal se encuentra en su mayoría con calificación de “Alto” y por segundo “Muy alto” en cultura ergonómica, demostrando así que la organización está comprometida con sus trabajadores. Además de cumplir con los requerimientos necesarios, la empresa toma en cuenta la palabra de los operadores y sí se llevan a cabo evaluaciones para que su trabajo sea eficiente, seguro, cómodo y preventivo, evitando, así, enfermedades a largo plazo.

Una recomendación que se propone a la organización es capacitar, entrenar y realizar reinducciones para aclarar todas las dudas de los operadores al momento de realizar su trabajo, ya que muchos de los trabajadores no se sintieron conformes con su capacitación inicial y esto trae consigo hacer maniobras que no son adecuadas y pueden ocasionar un problema a futuro.

Agregando otra recomendación, cabe señalar que es crítico que los operadores cuenten y conozcan adecuadamente sus herramientas de trabajo, así como que se agreguen elementos como los apoyapiés, soportes para la columna vertebral entre otros elementos que ayuden y faciliten las actividades de los operadores sin correr ningún riesgo de sufrir alguna enfermedad o lesión, ya que, si cuentan con ellos, pero también hay muchos trabajadores que no los usan o no son adecuados para ellos. Por última recomendación, y más relevante, se debe realizar un estudio antropométrico a los operadores para que se adapte su estación de trabajo, ya que eso permitirá que trabajen de una manera cómoda y evitará que sufran alguna enfermedad o lesión, también será beneficioso para la empresa.

Referencias

- Alberto, V. (26 de abril de 2007). *Prevención de accidentes de trabajo utilizando principios en seguridad industrial*. IX Congreso Internacional de Ergonomía. Sociedad de Ergonomistas de México.
- Ardila, C. & Rodríguez, R. (2018). Validación de un cuestionario de cultura ergonómica en centros de trabajo CCE-T. *Revista Investigaciones Andina*, 20(37), 115–135. <https://doi.org/10.33132/01248146.985>
- Diego-Mas, J. (s. f.). ErgoTic: Realidad virtual en la formación de trabajadores para la prevención de los trastornos músculo-esqueléticos. Universidad Politécnica de Valencia. Recuperado el 20 de noviembre de 2021, de <https://www.ergonautas.upv.es/lab/ergotic/ergotic.htm>
- Fonseca, G. (2006). Ergonomía y la relación con los factores de riesgo en salud ocupacional. *Revista Cubana de Enfermería*, 22 (4). Recuperado el 20 de noviembre de 2021, de <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-465331>
- Organización Mundial de la Salud, & Organización Internacional del Trabajo. (2021). Casi 2 millones de personas mueren cada año por causas relacionadas con el trabajo. Comunicado de prensa conjunto. <https://www.who.int/es/news/item/16-09-2021-who-ilo-almost-2-million-people-die-from-work-related-causes-each-year>

Acerca de los autores

Mauricio López Acosta

Ingeniero industrial, especializado en el estudio del trabajo, el análisis de las operaciones y ergonomista con experiencia en la identificación, evaluación y control de riesgos para la mejora y el diseño de puestos de trabajo. Profesor investigador titular C en el Instituto Tecnológico de Sonora, adscrito al programa educativo de Ingeniería Industrial y de Sistemas. Responsable de proyectos de investigación en ergonomía, autor de artículos, capítulos de libro y libros del mismo tema. Miembro del Cuerpo Académico “Desarrollo Competitivo de las Organizaciones”, con grado en consolidación. Miembro activo de la Sociedad de Ergonomistas de México A.C. (SEMAM) y de la Red de Investigación de Ergonomistas del Noroeste (RIENO).

Allán Chacara Montes

Ingeniero industrial y de sistemas por el Instituto Tecnológico de Sonora, campus Navojoa. Maestro en Ingeniería Logística y Calidad por el Instituto Tecnológico de Sonora, campus Navojoa y maestro en Educación y Formación Docente por la Universidad Pedagógica Nacional campus Hermosillo Sonora. Doctor en Proyectos. Línea de investigación Gestión Organizacional por el Centro Panamericano de Estudios Superiores, en Morelia, Michoacán. Actualmente es el Responsable del Programa Educativo de Ingeniería Industrial y de Sistemas, colaborador del Cuerpo Académico Desarrollo Competitivo de las Organizaciones en el Instituto Tecnológico de Sonora en los temas de proyectos de inversión, logística, productividad y factores humanos.

José Manuel Velarde Cantú

Graduado de la carrera de Ingeniería Industrial y de Sistemas en 2002 y se graduó de la maestría en Ciencias de la Ingeniería de Sistemas en 2007. Obtuvo un doctorado en Ciencia y Tecnología en Ingeniería Industrial y de Manufactura en 2014. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores nivel 1, profesor de tiempo completo en el Instituto Tecnológico de Sonora y cuenta con más de 15 años de experiencia en el desarrollo y aplicación de la tecnología para resolver problemas de logística y transporte. Es miembro fundador de la Asociación Mexicana de Logística y Cadena de Suministro, miembro del Laboratorio Nacional de Sistemas de Transporte y Logística Sit-Log en la red logística que integran el ITSON-UADY-UANL-IMT-CONACYT

Ernesto Ramírez Cárdenas

Maestro en Ingeniería en Sistemas Productivos por el Instituto Tecnológico de Sonora. Es profesor titular adscrito al Departamento de Ingeniería Industrial con perfil PRODEP. Ha fungido como responsable de diversos proyectos de investigación asociados al tema de Ergonomía, además de haber escrito artículos y colaborado en libros de la misma disciplina. En la actualidad, forma parte de la Red de Investigación en Ergonomía del Noroeste.

Igor S. Litvinchev

Profesor de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL). Recibió su M.Sc. en Matemática Aplicada por el Instituto de Moscú de Física y Tecnología de Rusia, su Ph.D. en Teoría de Sistemas e Investigación de Operaciones por el Centro de Computación de la Academia de Ciencias de Rusia, además de su doctorado en Ciencias en Modelado de Sistemas y Optimización por el Centro de Computación de la Academia de Ciencias de Rusia. El Profesor Litvinchev ha sido investigador principal en más de 30 proyectos apoyados por reconocidas instituciones como la División de Asuntos Científicos de la OTAN, la Comunidad Europea, el ISF (EE. UU.), la RFBR (Rusia), la CNPq y FAPESP (Brasil), la BRFR (Belarus), el CONACYT, PROMEP y PAICYT (México). Publica frecuentemente sus resultados de investigación en reconocidas revistas científicas del área de la logística y la cadena de suministro, así como congresos de prestigio, como lo es el Congreso Internacional en Logística y Cadena de Suministro (ciLOG). El profesor Litvinchev pertenece al Sistema Nacional de Investigadores como nivel 3 (SNI 3), es miembro de la Academia de Ciencias Naturales de Rusia y de la Academia de Ciencias de México.

Susana García Vilches

Graduada de la carrera Ingeniería Industrial y de Sistemas, Maestría en Ingeniería en Logística y Calidad. Colaboradora de proyectos de investigación en áreas como: Ergonomía, Logística, Productividad y Factores humanos, desarrollando productos académicos en las mismas disciplinas. Socia de la Sociedad Ergonomistas de México A.C (SEMAM). Actualmente Profesora Auxiliar del Instituto Tecnológico de Sonora, Campus Navojoa, adscrita al programa educativo de Ingeniería Industrial y de Sistemas.

Es importante destacar que la edición del libro se realizó con apoyo del Instituto Tecnológico de Sonora, institución que está consciente y comprometida con la generación y aplicación del conocimiento para contribuir al desarrollo sostenible de la sociedad. Esperamos que este título sea de su agrado y utilidad. Publicación financiada con recurso **PROFAPI 2021**.

La ingeniería en las organizaciones

Editado en 2022

Esta obra se realizó gracias a la colaboración entre grupos de investigación de diversas instituciones de educación superior, con el objetivo principal de compartir los conocimientos y experiencias adquiridos con la aplicación de las múltiples herramientas en diferentes áreas de la ingeniería, llegando a convertirse en una interesante opción de lectura para el estudiante y profesionalista, gracias a sus contribuciones técnicas. Asimismo, se proporciona un punto de apoyo para futuras investigaciones académicas y profesionales en la organización.

El principal objetivo de la obra *La ingeniería en las organizaciones*, es ofrecer y facilitar la transferencia de conocimiento y experiencia en la aplicación de múltiples herramientas a diversos problemas en distintas áreas en la organización. Estas experiencias buscan promover la mejora en las distintas actividades que impactan en cada operación en la búsqueda constante de aumentar la productividad considerando los factores humanos como pieza fundamental en el desarrollo y crecimiento de la empresa.



ISBN 978-607-437-618-0



9 786074 376180