

ISSN 2523-0344

Volumen 3, Número 10 — Octubre — Diciembre — 2019

Revista de Ingeniería Industrial



ECORFAN-Perú

Editor en Jefe

SERRUDO-GONZALES, Javier. BsC

Directora Ejecutiva

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

Director Editorial

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC

Diseñador Web

ESCAMILLA-BOUCHAN, Imelda. PhD

Diagramador Web

LUNA-SOTO, Vladimir. PhD

Asistente Editorial

SORIANO-VELASCO, Jesús. BsC

Traductor

DÍAZ-OCAMPO, Javier. BsC

Filóloga

RAMOS-ARANCIBIA, Alejandra. BsC

Revista de Ingeniería Industrial, Volumen 3, Número 10, de Octubre-Diciembre 2019, es una revista editada trimestralmente por ECORFAN-Perú. La Raza Av. 1047 No.- Santa Ana, Cusco-Perú. Postcode:11500. WEB: www.ecorfan.org/republicofperu, revista@ecorfan.org. Editor en Jefe: SERRUDO-GONZALES, Javier. BsC. ISSN 2523-0344. Responsables de la última actualización de este número de la Unidad de Informática ECORFAN. ESCAMILLA-BOUCHÁN Imelda, LUNA-SOTO, Vladimir, actualizado al 31 de Diciembre 2019.

Las opiniones expresadas por los autores no reflejan necesariamente las opiniones del editor de la publicación.

Queda terminantemente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin permiso del Instituto Nacional de defensa de la competencia y protección de la propiedad intelectual.

Revista de Ingeniería Industrial

Definición del Research Journal

Objetivos Científicos

Apoyar a la Comunidad Científica Internacional en su producción escrita de Ciencia, Tecnología en Innovación en el Área de Ingeniería y Tecnología, en las Subdisciplinas de diseño de sistemas de producción, gestión de calidad en los productos, investigación de operaciones, simulación informática, cadenas de suministros, certificación de calidad, hidrometeorología.

ECORFAN-México S.C es una Empresa Científica y Tecnológica en aporte a la formación del Recurso Humano enfocado a la continuidad en el análisis crítico de Investigación Internacional y está adscrita al RENIECYT de CONACYT con número 1702902, su compromiso es difundir las investigaciones y aportaciones de la Comunidad Científica Internacional, de instituciones académicas, organismos y entidades de los sectores público y privado y contribuir a la vinculación de los investigadores que realizan actividades científicas, desarrollos tecnológicos y de formación de recursos humanos especializados con los gobiernos, empresas y organizaciones sociales.

Alentar la interlocución de la Comunidad Científica Internacional con otros centros de estudio de México y del exterior y promover una amplia incorporación de académicos, especialistas e investigadores a la publicación Seriada en Nichos de Ciencia de Universidades Autónomas - Universidades Públicas Estatales - IES Federales - Universidades Politécnicas - Universidades Tecnológicas - Institutos Tecnológicos Federales - Escuelas Normales - Institutos Tecnológicos Descentralizados - Universidades Interculturales - Consejos de CyT - Centros de Investigación CONACYT.

Alcances, Cobertura y Audiencia

Revista de Ingeniería Industrial es un Research Journal editado por ECORFAN-México S.C en su Holding con repositorio en Perú, es una publicación científica arbitrada e indizada con periodicidad trimestral. Admite una amplia gama de contenidos que son evaluados por pares académicos por el método de Doble-Ciego, en torno a temas relacionados con la teoría y práctica de Diseño de sistemas de producción, gestión de calidad en los productos, investigación de operaciones, simulación informática, cadenas de suministros, certificación de calidad, hidrometeorología con enfoques y perspectivas diversos, que contribuyan a la difusión del desarrollo de la Ciencia la Tecnología e Innovación que permitan las argumentaciones relacionadas con la toma de decisiones e incidir en la formulación de las políticas internacionales en el Campo de las Ingeniería y Tecnología. El horizonte editorial de ECORFAN-Mexico® se extiende más allá de la academia e integra otros segmentos de investigación y análisis ajenos a ese ámbito, siempre y cuando cumplan con los requisitos de rigor argumentativo y científico, además de abordar temas de interés general y actual de la Sociedad Científica Internacional.

Consejo Editorial

AYALA - GARCÍA, Ivo Neftalí. PhD
University of Southampton

CASTILLO - LÓPEZ, Oscar. PhD
Academia de Ciencias de Polonia

CENDEJAS - VALDEZ, José Luis. PhD
Universidad Politécnica de Madrid

DIAZ - RAMIREZ, Arnoldo. PhD
Universidad Politécnica de Valencia

HERNÁNDEZ - PRIETO, María de Lourdes. PhD
Universidad Gestalt

LAGUNA, Manuel. PhD
University of Colorado

LARA - ROSANO, Felipe. PhD
Universidad de Aachen

RIVAS - PEREA, Pablo. PhD
University of Texas

TIRADO - RAMOS, Alfredo. PhD
University of Amsterdam

VEGA - PINEDA, Javier. PhD
University of Texas

Comité Arbitral

DÍAZ - CASTELLANOS, Elizabeth Eugenia. PhD
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

MALDONADO - MACÍAS, Aidé Aracely. PhD
Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez

NAKASIMA – LÓPEZ, Mydory Oyuky. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

OCHOA - CRUZ, Genaro. PhD
Instituto Politécnico Nacional

REALYVÁSQUEZ - VARGAS, Arturo. PhD
Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

TABOADA - GONZÁLEZ, Paul Adolfo. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

VALDEZ - ACOSTA, Fevrier Adolfo. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

VASQUEZ - SANTACRUZ, J.A. PhD
Centro de Investigación y Estudios Avanzados

ARREDONDO - SOTO, Karina Cecilia. PhD
Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez

RODRÍGUEZ – DÍAZ, Antonio. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

RUELAS-SANTOYO, Edgar Augusto. PhD
Instituto Tecnológico Superior de Irapuato

Cesión de Derechos

El envío de un Artículo a Revista de Ingeniería Industrial emana el compromiso del autor de no someterlo de manera simultánea a la consideración de otras publicaciones seriadas para ello deberá complementar el Formato de Originalidad para su Artículo.

Los autores firman el Formato de Autorización para que su Artículo se difunda por los medios que ECORFAN-México, S.C. en su Holding Perú considere pertinentes para divulgación y difusión de su Artículo cediendo sus Derechos de Obra.

Declaración de Autoría

Indicar el Nombre de 1 Autor y 3 Coautores como máximo en la participación del Artículo y señalar en extenso la Afiliación Institucional indicando la Dependencia.

Identificar el Nombre de 1 Autor y 3 Coautores como máximo con el Número de CVU Becario-PNPC o SNI-CONACYT- Indicando el Nivel de Investigador y su Perfil de Google Scholar para verificar su nivel de Citación e índice H.

Identificar el Nombre de 1 Autor y 3 Coautores como máximo en los Perfiles de Ciencia y Tecnología ampliamente aceptados por la Comunidad Científica Internacional ORC ID - Researcher ID Thomson - arXiv Author ID - PubMed Author ID - Open ID respectivamente

Indicar el contacto para correspondencia al Autor (Correo y Teléfono) e indicar al Investigador que contribuye como primer Autor del Artículo.

Detección de Plagio

Todos los Artículos serán testeados por el software de plagio PLAGSCAN si se detecta un nivel de plagio Positivo no se mandara a arbitraje y se rescindirá de la recepción del Artículo notificando a los Autores responsables, reivindicando que el plagio académico está tipificado como delito en el Código Penal.

Proceso de Arbitraje

Todos los Artículos se evaluarán por pares académicos por el método de Doble Ciego, el arbitraje Aprobatorio es un requisito para que el Consejo Editorial tome una decisión final que será inapelable en todos los casos. MARVID® es una Marca de derivada de ECORFAN® especializada en proveer a los expertos evaluadores todos ellos con grado de Doctorado y distinción de Investigadores Internacionales en los respectivos Consejos de Ciencia y Tecnología el homologo de CONACYT para los capítulos de America-Europa-Asia-Africa y Oceanía. La identificación de la autoría deberá aparecer únicamente en una primera página eliminable, con el objeto de asegurar que el proceso de Arbitraje sea anónimo y cubra las siguientes etapas: Identificación del Research Journal con su tasa de ocupamiento autoral - Identificación del Autores y Coautores- Detección de Plagio PLAGSCAN - Revisión de Formatos de Autorización y Originalidad-Asignación al Consejo Editorial- Asignación del par de Árbitros Expertos- Notificación de Dictamen-Declaratoria de Observaciones al Autor-Cotejo de Artículo Modificado para Edición-Publicación.

Instrucciones para Publicación Científica, Tecnológica y de Innovación

Área del Conocimiento

Los trabajos deberán ser inéditos y referirse a temas de diseño de sistemas de producción, gestión de calidad en los productos, investigación de operaciones, simulación informática, cadenas de suministros, certificación de calidad, hidrometeorología y a otros temas vinculados a las Ingeniería y Tecnología.

Presentación del Contenido

En el primer artículo se presenta *Análisis del tostado del grano de café* por RAMÍREZ-ROMÁN, Adolfo, SUÁREZ-ÁLVAREZ, Ángel, CHABAT-URANGA, Jacqueline y ORTIZ-MARTÍNEZ, Francisco con adscripción Universidad Veracruzana como siguiente artículo está *Gestión del mantenimiento mediante Six Sigma para la optimización de la productividad de la maquinaria y equipos diversos para una pyme* por CHAVEZ-MEDINA, Juan, LUNA-FERNÁNDEZ, Víctor Genaro, SANTIESTEBAN-LÓPEZ, Norma Angélica, VELÁZQUEZ-MANCILLA, Jorge Enrique con adscripción Universidad Politécnica de Puebla como siguiente artículo está *Organización del almacén de garantías de una empresa distribuidora automotriz de Ciudad Obregón* por BELTRÁN-ESPARZA, Luz Elena, GONZÁLEZ-VALENZUELA, Elizabeth, FORNÉS-RIVERA, René Daniel y GODOY-BOJÓRQUEZ, Fabiola Berenice con adscripción Instituto Tecnológico de Sonora como siguiente artículo está *Análisis de los factores de productividad, desperdicio y confiabilidad de los equipos, al implementar TPM en una empresa del sector automotriz* por LANDEROS-CORREA, Carmen, CHIHUAQUE-ALCANTAR, Jesús, MELESIO-MORENO, Ma. Guadalupe y GALVÁN-GARCÍA, María Isabel con adscripción en la Universidad Politécnica de Guanajuato.

Contenido

Artículo	Página
Análisis del tostado del grano de café RAMÍREZ-ROMÁN, Adolfo, SUÁREZ-ÁLVAREZ, Ángel, CHABAT-URANGA, Jacqueline y ORTIZ-MARTÍNEZ, Francisco <i>Universidad Veracruzana</i>	1-16
Gestión del mantenimiento mediante Six Sigma para la optimización de la productividad de la maquinaria y equipos diversos para una pyme CHAVEZ-MEDINA, Juan, LUNA-FERNÁNDEZ, Víctor Genaro, SANTIESTEBAN-LÓPEZ, Norma Angélica, VELÁZQUEZ-MANCILLA, Jorge Enrique <i>Universidad Politécnica de Puebla</i>	17-27
Organización del almacén de garantías de una empresa distribuidora automotriz de Ciudad Obregón BELTRÁN-ESPARZA, Luz Elena, GONZÁLEZ-VALENZUELA, Elizabeth, FORNÉS-RIVERA, René Daniel y GODOY-BOJÓRQUEZ, Fabiola Berenice <i>Instituto Tecnológico de Sonora</i>	28-35
Análisis de los factores de productividad, desperdicio y confiabilidad de los equipos, al implementar TPM en una empresa del sector automotriz LANDEROS-CORREA, Carmen, CHIHUAQUE-ALCANTAR, Jesús, MELESIO-MORENO, Ma. Guadalupe y GALVÁN-GARCÍA, María Isabel <i>Universidad Politécnica de Guanajuato</i>	36-45

Análisis del tostado del grano de café

Analysis of coffee grain roasting

RAMÍREZ-ROMÁN, Adolfo†*, SUÁREZ-ÁLVAREZ, Ángel, CHABAT-URANGA, Jacqueline y ORTIZ-MARTÍNEZ, Francisco

Universidad Veracruzana, Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias Navales

ID 1^{er} Autor: RAMÍREZ-ROMÁN, Adolfo / ORC ID 0000-0002-3820-8582, Researcher ID Thomson: S-5868-2018, arXiv Author ID: adolramirez, PubMed DI: adolramirez, CVU CONACYT ID: 244749

ID 1^{er} Coautor: SUÁREZ-ÁLVAREZ, Ángel / ORC ID: 0000-0002-0726-9630, CVU CONACYT ID: 946964

ID 2^{do} Coautor: CHABAT-URANGA, Jacqueline / ORC ID: 0000-0003-2202-1032, CVU CONACYT ID: 464993

ID 3^{er} Coautor: ORTIZ-MARTÍNEZ, Francisco / ORC ID: 0000-0003-3722-7658, CVU CONACYT ID: 998622

DOI: 10.35429/JIE.2019.10.3.1.16

Recibido 04 de Noviembre, 2019, Aceptado, 03 de Diciembre, 2019

Resumen

Analizar las operaciones de tostado del grano de café - Región de Veracruz contribuirá en la distribución de los equipos y maquinaria en el taller de Ingeniería Industrial del Programa Educativo. Tiene la finalidad de obtener mejoras en el proceso de tostado a través del estudio del trabajo (Enero – Junio 2019), para sentar bases en las propuestas de Sistemas de Gestión de la Calidad, Seguridad y Cuidado del Ambiente en las siguientes etapas del proyecto (2019-2020) con efectos en la mejora continua. En la industria del café en México tiene en el mediano y largo plazo, oportunidades para crecer y consolidación. Como sucede con la mayoría de los productos agrícolas de los minifundios, como es el caso del café, los precios que se pagan por el insumo (“café cereza”) distan mucho de lo que el café procesado llega a obtener en presentaciones de polvo soluble y molido para las cafeteras, y es necesario el proceso de mejora, de calidad, de eficiencia en las actividades del tostado. En el método se analizó el estudio de casos de las operaciones de empresas, productores y de investigación relacionadas con el sector industrial cafetalero y caficultor, e interpretación de los resultados estadísticos.

Grano de café, Tostado, Análisis

Abstract

Analyzing coffee grain roasting operations - Veracruz Region will contribute to the distribution of equipment and machinery in the Industrial Engineering workshop of the Educational Program. It aims to obtain improvements in the roasting process through the study of the work (January–June 2019), to lay the foundation for the proposals of Systems of Quality Management, Safety and Environmental Care in the following phases of the project (2019-2020) with effects on continuous improvement. In the coffee industry in Mexico has in the medium and long term, opportunities to grow and consolidate. As with most agricultural products from smallholders, such as coffee, the prices paid for the input (“cherry coffee”) They are far from what the processed coffee comes to obtain in presentations of soluble and ground powder for coffee makers, and the process of improvement, quality, efficiency in roasting activities is necessary. The method analyzed the case studies of the operations of companies, producers and research related to the coffee and coffee industry and the interpretation of the statistical results

Coffee bean, Roasted, Analysis

Citación: RAMÍREZ-ROMÁN, Adolfo, SUÁREZ-ÁLVAREZ, Ángel, CHABAT-URANGA, Jacqueline y ORTIZ-MARTÍNEZ, Francisco. Análisis del tostado del grano de café. Revista de Ingeniería Industrial. 2019 3-10: 1-16

* Correspondencia del Autor (Correo electrónico: adolramirez@uv.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

El presente artículo es parte de cuatro fases con referencia a los objetivos particulares (corto, mediano y largo plazo) indicados en la tabla 01, con la finalidad de obtener mejoras en el proceso de tostado, molienda, envasado del café, a través del estudio del trabajo e ingeniería de métodos, para sentar bases en las propuestas de Sistemas de Gestión de la Calidad, Seguridad y Cuidado del Ambiente con fecha de inicio de 01 agosto de 2018 y fecha de término en 30 de noviembre de 2020, y se complementa con el uso de la mesa rotatoria y equipos de medición del área de ergonomía.

Con este proyecto de Investigación se tiene un Impacto en las líneas de investigación del CA: Gestión e Innovación de las operaciones con el desarrollo de sus objetivos particulares y acciones indicadas en la tabla 01.

Objetivo particular	Acción 1	Acción 2	Acción 3
Distribución de los equipos y maquinaria	Aplicación de las metodologías	Determinación de la ruta crítica y la efectividad	Diseño de lay-out
Análisis de la operación del proceso	Elaboración de un Estudio de trabajo	Aplicación de herramientas de la calidad y productividad	Manual de operación
Determinación de un sistema de gestión	Análisis del contexto de la organización	Identificación de procesos claves	Propuesta de gestión
Gestión de servicio colaborativo con el sector cafetalero	Consolidación de Convenios con empresas cafetaleras	Capacitación del personal	Consolidar la relación con proyectos académicos

Tabla 01 Resumen de objetivos particulares y acciones
Fuente: Elaboración propia

En dicho artículo conformado por las secciones de entorno, operación, generación de información, anexo, agradecimiento, conclusiones y referencias.

Se describen los resultados de la primera etapa Enero – Marzo 2019 y de la segunda etapa en el periodo de Abril–Junio 2019, con referencia al tiempo de operación del tostado del grano de café verde en la máquina tostador de 3kg por ciclo de capacidad (Ver figura 1).



Figura 1 Tostador 3 Kg/Ciclo

Fuente: Laboratorio de Ingeniería Industrial de la Universidad Veracruzana

La SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y alimentación) determinó que el café es la segunda bebida más consumida en el mundo, sólo después del agua. En nuestro país se produce el aromático en poco más de una docena de entidades federativas, siendo Chiapas y Veracruz los que aportan la mayor parte de la cuota, poco más del 80%.

El café que se produce en México se exporta a los Estados Unidos, Canadá, Países de la Unión Europea, Japón y otros, también se consume en el mercado interno, enfrentando a la competencia de importaciones de Brasil, Vietnam y Colombia principalmente; el consumo nacional per cápita es de 1.6 kg, siendo considerado el café una bebida estimulante con propiedades antioxidantes y que favorece la digestión.

En el estado de Veracruz se destinan aproximadamente 115 630 hectáreas para el cultivo anual de café, y la producción que se obtiene es de poco más de 60, 000 toneladas, en las diez regiones cafetaleras consideradas: Zongolica, Tezonapa, Córdoba, Huatusco, Coatepec, Atzalan, Misantla, Papantla, Chicontepec y los Tuxtlas, las cuales incluyen 40 municipios.

El café se obtiene del cultivo de la Planta Coffea Arábica L. y el proceso incluye la industria extractiva (agrícola), de transformación y la de servicios, de ahí la importancia social y económica que esta actividad representa, al igual que la petrolera, la turística, la ganadera y la de los cítricos.

RAMÍREZ-ROMÁN, Adolfo, SUÁREZ-ÁLVAREZ, Ángel, CHABAT-URANGA, Jacqueline y ORTIZ-MARTÍNEZ, Francisco. Análisis del tostado del grano de café. Revista de Ingeniería Industrial. 2019

Gran parte de la producción que llega a ser comercializada se encuentra concentrada en unos cuantos mayoristas, mientras que los pequeños productores que representan cerca del 90 % del gremio, se limitan a la parte del cultivo y la obtención del café seco. En los últimos 10 años la producción de café en el país, ha venido a la baja (- sustitución del cultivo por caña de azúcar, la plaga de la roya-) con las respectivas consecuencias que tienen para los pequeños productores ejidatarios, no obstante en la pasada exposición en febrero de 2018 “Expo Café & Gourmet Guadalajara”, se estimó que al final de este año se obtengan 270, 000 toneladas y al plazo del año 2020, se estiman 420,000 toneladas, lo que vislumbra una oportunidad para los productores nacionales del aromático. Por ello, la aplicación de los conocimientos de la ingeniería en el sector cafetalero es fundamental para la sostenibilidad explícita o implícita en la dimensión social, natural y financiera de la Región de Veracruz.



Figura 2 Enfriado de Grano de café tostado
Fuente: Laboratorio de Ingeniería Industrial de la Universidad Veracruzana



Figura 3 Grano de café tostado
Fuente: Laboratorio de Ingeniería Industrial de la Universidad Veracruzana

La Universidad Veracruzana, como institución que ejerce entre sus funciones sustantivas la extensión, tiene un compromiso con el desarrollo social, cultural y económico en su entorno local, estatal y nacional (Programa de Trabajo Estratégico 2017 – 2021). Uno de los diversos medios que la Universidad posee para dar respuesta a tal compromiso, son los Cuerpos Académicos (UV-CA-470); estos grupos de docentes e investigadores, tienen como propósito contribuir al desarrollo de la institución a través de las líneas de Generación y Aplicación del Conocimiento, teniendo en cuenta los objetivos y los Programas Educativos (PE Ingeniería Industrial) de las Entidades Académicas de la Universidad, así como la pertinencia de su contribución a la solución de problemas sociales y productivos.

La manufactura y desarrollo de una gestión que es apoyada con el conocimiento empírico, con sus respectivos altos costos, su eficacia en la productividad y sin la determinación de los parámetros de calidad, de la planeación industrial e impacto ambiental de las operaciones industriales y comerciales del Café en Veracruz, también, del control paralelo en avance de la tecnología; por lo que el objetivo general de la presente propuesta consiste en analizar y evaluar las operaciones e innovaciones del proceso productivo del café y permita la gestión e implementación de los equipos del taller de Ingeniería de Métodos de acuerdo al marco de referencia 2018 del Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería, A.C. “CACEI” y de los requerimientos de Comités Interinstitucionales para la Evaluación de la Educación Superior “CIEES”.

El sector es amplio, va de lo extractivo hasta la comercialización, pasando por la transformación, de ahí que este equipo de trabajo de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias Navales “FIMCN” de la Universidad Veracruzana busque incidir en una parte de la cadena, específicamente la que involucra el tostado, molienda y envaso como primera etapa, misma que se busca modelar en laboratorio, por lo cual es necesario el equipo para reproducir las operaciones, y así, poder estudiarlas, replicarlas y proponer estándares.

Es un sector de alta importancia social y económica, que ofrece trabajo a medio millón de familias.

En los municipios cafetaleros, siete de cada diez habitantes viven en condiciones de marginación, alta correlación con la pobreza, tres de cada cuatro trabajadores agrícolas, no perciben ingresos o generan hasta un salario mínimo. Por tanto, en la institución existe la necesidad de:

- Fortalecimiento del laboratorio de ingeniería industrial con los criterios del marco de referencia CACEI 2018 y criterios de CIEES en el Programa Educativo de Ingeniería Industrial.
- Mejorar o innovar los procesos y procedimientos de la industria del café.
- Cuidar la salud del trabajador en su espacio de labores.
- Fomentar el ahorro en materia prima, energía y recurso humano.
- Fortalecer las estrategias de vinculación y extensión de los Programas Educativos Involucrados en el Cuerpo Académico.
- Fortalecer y diversificar los convenios con las empresas de sector cafetalero a través de la vinculación y extensión de los estudiantes y docentes.
- Estandarizar el conocimiento empírico a través de los cursos, seminarios y diplomados generados en Educación Continua de la Facultad en pro de las necesidades del personal involucrado en la industria del café.
- La consolidación de espacio de análisis de la operación para que los estudiantes generen trabajo de investigación a partir del modelo de referencia del sector del café en otros sectores industriales.

1. Entorno

La incidencia de este proyecto presentado en el Programa Educativo dará un impulso a la investigación dentro del cuerpo Académico (CA) en grado de Formación: “Innovación en Sistemas de Gestión” con clave PROMEP-SEP.UV-470 y con la colaboración del CA en Consolidación con Clave PROMEP-SEP-UV-341 “Ingeniería de Procesos y Desarrollo sustentable” los cuales presentamos.

La competitividad en una empresa proviene del funcionamiento adecuado de la misma, esto es, que todas sus áreas que la constituyen (producción, finanzas, marketing, entre otras ramas interdisciplinarias) operen con eficacia y eficiencia.

Se define la eficacia como “la obtención de los resultados deseados”, y a la eficiencia, como “el obtener el resultado deseado con el mínimo posible de insumos”.

Gran parte de la producción que llega a ser comercializada se encuentra concentrada en unos cuantos mayoristas, mientras que los pequeños productores que representan cerca del 90 % del gremio, se limitan a la parte del cultivo y la obtención del café seco. En los últimos 10 años la producción de café en el país, ha venido a la baja (- sustitución del cultivo por caña de azúcar, la plaga de la roya-) con las respectivas consecuencias que tienen para los pequeños productores ejidatarios, no obstante en la pasada exposición en febrero de 2018 “Expo Café & Gourmet Guadalajara”, se estimó que al final de este año se obtengan 270, 000 toneladas y al plazo del año 2020, se estiman 420,000 toneladas, lo que vislumbra una oportunidad para los productores nacionales del aromático. Por ello, la aplicación de los conocimientos de la ingeniería en el sector cafetalero es fundamental para la sostenibilidad explícita o implícita en la dimensión social, natural y financiera de la Región de Veracruz. “Se han generado tecnologías para recolección del café, para el beneficio ecológico del café por vía húmeda con reducción en el consumo de agua y control de la contaminación de más del 90%; así mismo, se han entregado tecnologías apropiadas para el secado solar y mecánico de café.” (Oliveros-Tascón, C. E., & Sanz-Urbe, J. R. 2011).

El sector es amplio, va de lo extractivo hasta la comercialización, pasando por la transformación, de ahí que este equipo de trabajo de la Facultad de la Universidad Veracruzana busque incidir en una parte de la cadena, específicamente la que involucra el tostado, molienda, envasado y comercialización, misma que se busca modelar en laboratorio, por lo cual es necesario el equipo para reproducir las operaciones, y así, poder estudiarlas, replicarlas y proponer estándares.

Como resultados del diseño y aplicación del modelo de administración para la operación sustentable y gestión de la calidad en las agroindustrias de café del municipio de Coatepec, Veracruz; de la estrategia de despliegue y desarrollo se obtiene la mejor técnica en el secado de café, lográndose una disminución en los costos, en el tiempo de operación y mejoría en los parámetros de calidad.

Otro de los resultados es el diseño y aplicación del modelo de evaluación para los beneficios de café el cual permite determinar la situación actual del desempeño para la planeación de la estrategia de desarrollo.

Se involucran Experiencias Educativas con horas prácticas para desarrollar en los estudiantes la capacidad de analizar y aplicar los conocimientos teóricos fortaleciendo el perfil de egreso y su respectivas competencias con apoyo de software pertinente, y así optimizar la gestión enseñanza – aprendizaje con impacto en la experiencia del alumno con el sector industrial a partir del análisis y simulación del proceso productivo referente del sector cafetalero con sus equipos, maquinaria y su respectiva variedad de granos a analizar en el laboratorio – taller de Ingeniería Industrial para fortalecer la innovación de las operaciones que involucra la selección, tostado, molienda, empaquetado y distribución del café como modelo de negocio para replicar en otros sectores tradicionales o regionales del Estado de Veracruz.

2. Operación

Las relaciones económicas y socioculturales que se establecen en torno a la producción de café. Se centra en las estrategias de los pequeños productores de una región del centro de Veracruz, México, orientadas a enfrentar los cambios suscitados en el sector durante los últimos años. Establece que la variedad de prácticas productivas se relaciona con los modos específicos de concebir el café, y que tales formas de pensamiento y de práctica se han ido construyendo socialmente, en el marco de un contexto histórico-social, local y regional, a partir de la experiencia y la posición de los pequeños productores en la cadena productiva. (Mendoza, 2009).

Se identifican, dentro de la variedad de respuestas individuales y familiares, dos tendencias generales, dos modos de trabajar y pensar el café, asociados a dos esquemas productivos, uno especializado y otro diversificado.

Para caracterizar estas dos tendencias, el artículo describe –a manera de comparación– las estrategias desarrolladas por los productores de dos localidades de la región, y cómo estas estrategias les permiten mantenerse como cafetaleros.

Esta diversidad de estrategias coloca a los productores en posiciones distintas frente a las actuales dinámicas del mercado internacional –que dejó de estar regulado y pasó a organizarse como oligopolio–, tendiente a la segmentación e influido por nuevos patrones de consumo.

Las reflexiones finales señalan la relevancia de la organización cafeticultora para promover el escalamiento de su producto tras poner en práctica las estrategias productivas de los mercados alternativos para el desarrollo de la localidad, priorizando los objetivos productivos y relegando los objetivos sociales y medioambientales. Sin embargo, los impactos económicos en el individuo inciden indirectamente en el desarrollo de la comunidad. En general, la organización debe balancear su gestión en el desarrollo local para obtener resultados positivos multidireccionales. [ABSTRACT FROM AUTHOR] (del Carmen Camas-Pascacio, A., & Velázquez-Pompeyo, R. I. 2014)

3. Generación de información

La información obtenida durante el proceso de tostado en el periodo de Enero - Marzo 2019 se tienen los siguientes elementos: Número de operación, fecha, hora de inicio, hora vaciado (Ver ejemplo en Figura 23), cambio de color en el grano, hora salida grano tostado, enfriado, molido, fin de molido, fin de proceso, cantidad, temperatura mínima y máxima, tiempo total, peso inicial, peso final.



Figura 4 Operación de molido
Fuente: Elaboración propia

El grano de muestra es identificado como Café verde de Córdoba 30 caballeros de altura.

Las dimensiones promedio en mm del grano utilizado en las pruebas fueron los siguientes:

Altura = 3.79 mm

Ancho = 7.14 mm

Largo = 9.87 mm

Altura = 4.56 mm

Ancho = 7.20 mm

Largo = 11.16 mm

Por el cual, en las operaciones ejecutadas se tiene: 17 gramos de grano verde, equivale a 187 granos. Y, 33 gramos de grano tostado, equivale a 235 granos.

En las siguientes tablas, se muestra el resultado con relación a un promedio de los elementos mencionados y analizados en las muestras para tres operaciones con su fecha respectiva:

Datos de muestras de 3 kg / ciclo en cada operación			
Elemento / Operación	1	2	3
Fecha	18 Enero	8 Febrero	8 Marzo
Tiempo de Inicio	09:25	10:10	09:30
Vaciado	09:50	10:40	09:45
Cambio color en grano	10:10	10:55	10:00
Hora salida de tostador	10:20	11:25	10:30
Enfriado	10:30	11:30	10:33
Molido	10:35	11:35	10:35
Fin molido	10:40	11:39	10:40
Pesado	10:50	11:45	10:45
Sellado	11:00	11:50	10:50
Fin de operación	11:20	12:25	11:30

Tabla 2 Resultados de tres operaciones – parte 1

Fuente: Elaboración propia



Figura 5 Estación de trabajo de pesado de grano verde, tostado y molido

Fuente: Laboratorio de Ingeniería Industrial de la Universidad Veracruzana

Datos de muestras de 3 kg / ciclo en cada operación			
Operación	1	2	3
Fecha	18 Enero	8 Febrero	8 Marzo
Tiempo de Inicio	09:25	10:10	09:30
Fin de operación	11:20	12:25	11:30
Peso inicial (kg)	3	3	3
Temperatura mínima °C	149	125	175
Temperatura máxima °C	185	225	200
Cantidad de bolsas (0.5 kg)	5	5	5
Peso final (Kg)	2.75	2.80	2.65

Tabla 3 Resultados de tres operaciones – parte 2

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestran imágenes de los trece tipos de granos evaluados en el proceso de tostado de acuerdo con la información obtenida en la primera etapa del proyecto del Cuerpo Académico UV-CA-470.

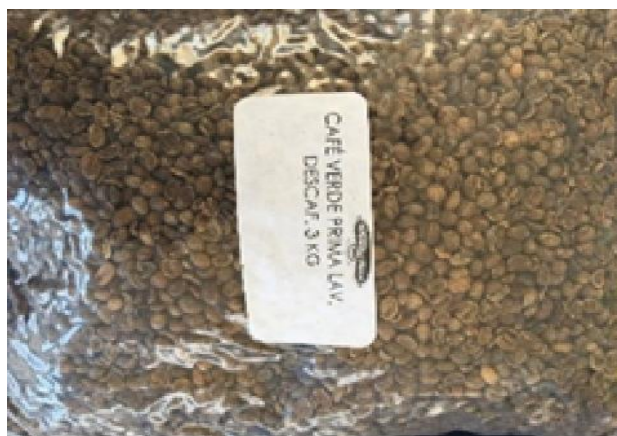


Figura 6 Café verde prima lavado descafeinado

Fuente: Finca Monte Azul



Figura 7 Café verde oro lavado descafeinado

Fuente: Finca Monte Azul



Figura 8 Café tipo Máraço
Fuente: Finca Monte Azul



Figura 12 Café verde oro natural
Fuente: Finca Monte Azul



Figura 9 Café verde premium
Fuente: Finca Monte Azul



Figura 13 Café verde mariachi
Fuente: Finca Monte Azul



Figura 10 Café verde robusta lavado
Fuente: Finca Monte Azul



Figura 14 Café verde caracol
Fuente: Finca Monte Azul



Figura 11 Café verde robusta natural
Fuente: Finca Monte Azul

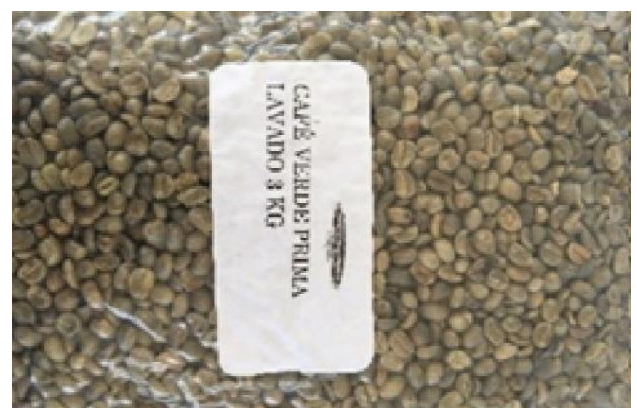


Figura 15 Café verde prima lavado
Fuente: Finca Monte Azul

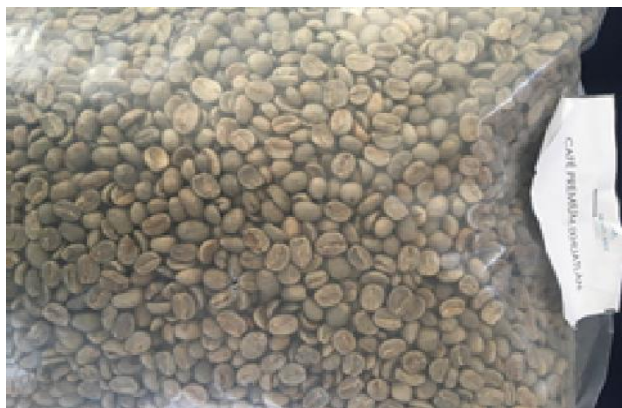


Figura 16 Café premium Ixhuatlán

Fuente: Finca Monte Azul



Figura 17 Café verde desmanchado

Fuente: Finca Monte Azul



Figura 18 Café verde FMA (altura)

Fuente: Finca Monte Azul

En el periodo de Abril–Junio de 2019 se desarrolló lo siguiente:

Con referencia a la materia prima en el proceso de molido, en los ciclos de molido que se estudiaron se procesaron diferentes tipos de café tostado, con un cierto nivel de molido así que en algunos casos se podrá observar su nivel de molido y cantidad obtenida en los siguientes tres análisis representados por la tabla 4, 5 y 6.

Café tostado oscuro	Nivel	Cantidad
Premium	7	500 gr.
Mariachi	7	500 gr.
Caracol	7	500 gr.
Lavado FMA	5	500 gr.

Tabla 4 Información representativa del proceso de molido en el análisis uno

Fuente: Elaboración propia

Café tostado oscuro	Nivel	Cantidad
Mariachi	5	314 gr.
Mariachi	6	314 gr.
Robusta Natural	6	500 gr.
Desmanchado	6.5	314 gr.

Tabla 5 Información representativa del proceso de molido del análisis dos

Fuente: Elaboración propia

Nota: El Nivel se refiere el tamaño de grano obtenido por el molido donde 1 es fina y 9 es granular

Café tostado oscuro	Nivel	Cantidad
Oro	7	260 gr.
Oro descafeinado	7	260 gr.
Prima lavada descafeinado	7	260 gr.
Mezcla	7	260 gr.

Tabla 6 Información representativa del proceso de molido del análisis tres

Fuente: Elaboración propia



Figura 19 Cuatro muestras de café molido

Fuente: Elaboración propia

Se elaboró un diagrama de las actividades del ciclo de operación (Ver Figura 20 y Tabla 9).

Los primeros ciclos estudiados en cada proceso se realizaron con la finalidad de obtener tiempos preliminares para, poder calcular el tamaño de muestra, es por esta razón que solo se anotó la duración y una vez terminado el proceso se calcularon los tiempos finales.

Fórmulas utilizadas durante el proceso de medición.

Determinación del tamaño de la muestra por ciclo de tostado:

$$n = \left(\frac{40 (\sqrt{n' \sum x^2 - (\sum x)^2})}{\sum x} \right)^2 \quad (1)$$

Donde:

- n = número de observaciones
- 40 = Constante para un nivel de confianza de 94%
- n' = número de ciclos observados
- $\sum x$ = suma de los tiempos
- X = Valor de los tiempos en cada ciclo
- $\sum x^2$ = suma de los tiempos elevado al cuadro

Calcular el ritmo tipo y valoración de cada elemento (tostado, molido y envasado).

$$TB = \frac{CV}{100} \quad (2)$$

Donde:

- TB = tiempo básico o tiempo normal
- C = tiempo cronometrado o tiempo observado
- V = valoración o calificación
- 100 = valor tipo de la escala.

Tiempo estándar de cada elemento: Se muestra un ejemplo de cálculo del tiempo tipo para el ciclo de molido de 314 gr de café tostado después de análisis de los suplementos en las operaciones:

- Trabajo exterior = 2.23 min
- Trabajo interior = 0.38 min
- Suplementos por descanso = 0.41 min
- Tiempo no ocupado = 0.05 min

Tiempo tipo = 3.07 min tipo

O bien,

- Trabajo exterior = 2.23 min
- Tiempo condicionado máquina = 0.43 min
- Suplemento por descanso = 0.41 min

Tiempo tipo = 3.07 min tipo

Se determina el tiempo total de los elementos de trabajo externos, internos, los suplementos por descanso y el tiempo no ocupado en cada ciclo, la suma de estos da como resultado el tiempo estándar o tiempo tipo. Es necesario recordar que, en los ciclos de tostado al contar con tiempos no ocupados igual o mayores a 10 min, el suplemento por descanso se utilizó dentro del ciclo de trabajo, por lo que no es necesario añadir el suplemento, como se muestra en los datos anteriores del ciclo de molido de 314 gr de café. Por lo cual, el tiempo tipo para los ciclos finales de tostado se indican a continuación:

- Trabajo exterior = 0.12 min
- Trabajo interior = 3.621 min
- Suplementos por descanso = 0.0 min.
- Tiempo no ocupado = 36.529 min
- Tiempo tipo = 40.27 min tipo

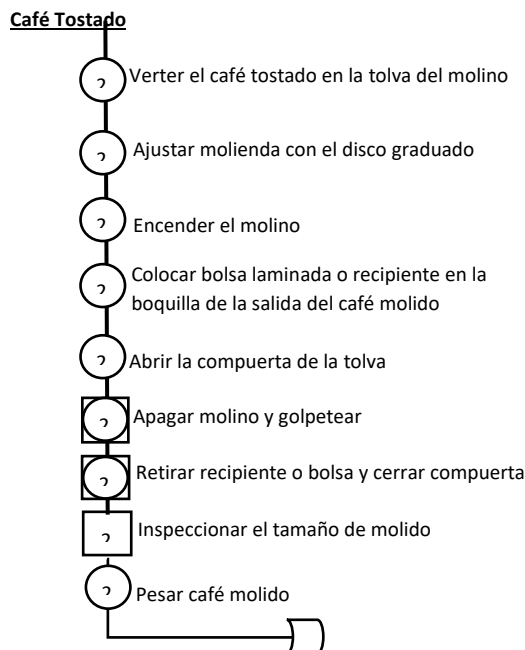
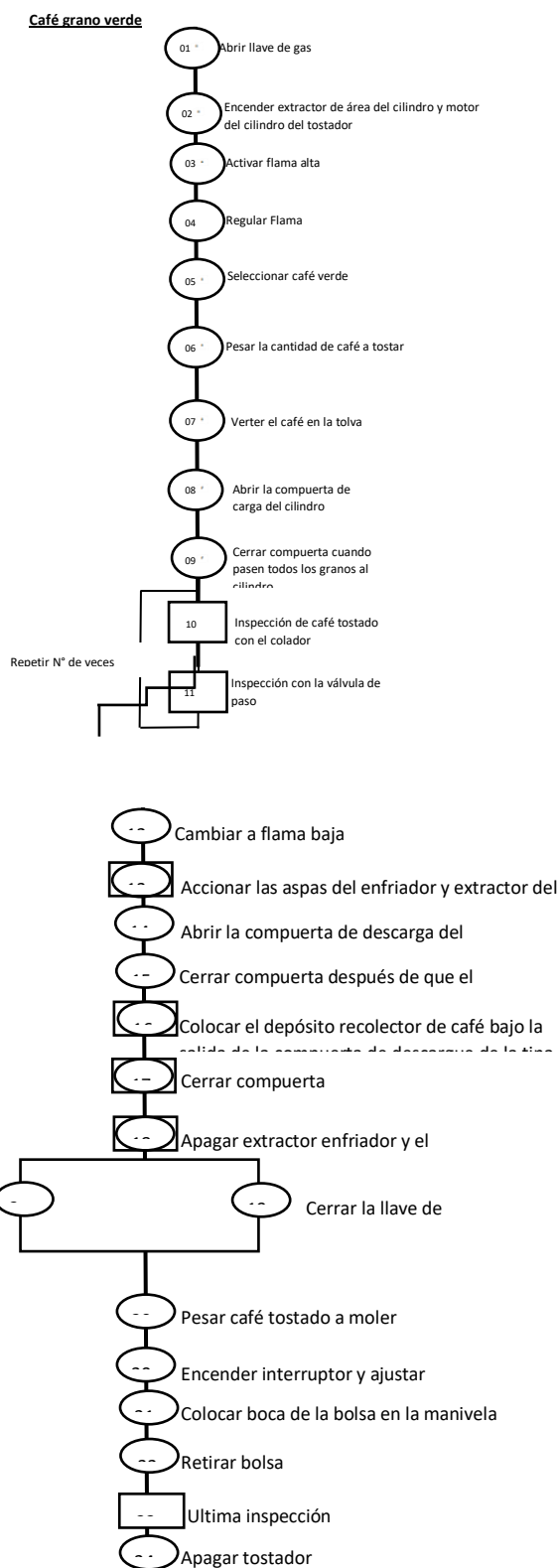
Debido la recolección de datos e información detallada de los componentes principales obtenidos, mediante la observación directa de los procesos de tostado, molido y envasado, al empleo de métodos estadísticos, herramientas de simplificación del trabajo y del estudio de tiempos, se logró estandarizar los métodos y tiempos de los tres procesos para un eficaz funcionamiento de los mismos, ya que para conseguir la eficacia, entre otras, es necesario establecer y tener pleno conocimiento del método y del tiempo que se requiere para su realización. El empleo de las técnicas y procedimientos mencionados, provocan la eliminación de actividades innecesarias y tiempos no ocupados, y con ello alcanzar mayor productividad, y en consecuencia incremento de la eficiencia, de las utilidades, la mejora en las condiciones de trabajo, etc., y un eficaz funcionamiento en el proceso de tostado, molido y envasado es necesario estandarizar el método de trabajo y el tiempo, el cual, el tiempo estándar de máquina en el proceso de tostado de los ciclos de precalentados se indican en la tabla 3.6 y 3.7.

Elemento	Tiempo en minutos
Tostador alcanza temperatura de precalentado de 200°C a 210°C.	14.3
Tostador alcanza temperatura de equilibrio.	1.2
Tostador alcanza temperatura de tostado entre 200°C a 210°C.	8.3
Máquina termina de tostar.	24.2
Termino de enfriamiento.	3.4

Tabla 7 Tiempos de la máquina en los ciclos de precalentado

Elemento	Tiempo en minutos
Tostador alcanza temperatura de precalentado de 200°C a 210°C	2.9
Tostador alcanza temperatura de equilibrio	1.8
Tostador alcanza temperatura de tostado entre 200°C a 210°C	5.4
Máquina termina de tostar	23.2
Termino de enfriamiento	2

Tabla 8 Tiempos de máquina en los ciclos siguientes
Fuente: *Elaboración propia*



Símbolo	Actividad	Cantidad
●	Operación	24
■	Inspección	4
◻	Actividad combinada	6

Figura 20 Diagrama de proceso operativo para el proceso de tostado y molido de grano de café

Resultados de las hojas de análisis y recopilación de la información en el taller.

Descripción	Cantidad (gr)	Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolo	Observación
				○ → ◻ ▽	
Almacén de café verde	1500				X
Selecccionado de café verde				●	
Transporte a bascula				→	
Café verde				●	
Café verde pesado				◻	
Café verde transportando a tostadora				→	
Vertido en tolva del tostador				●	
Esperar temperatura a 200°C				◻	
Descargado en cilindro de tostador				●	
Inspeccionado el color del tostado				◻	
Esperar al término del tostado				◻	
Descargado a la tina de enfriado				●	
Esperar a enfriarlo				◻	
Descargado al deposito				●	
Transportado a la bascula				→	
Pesado del café tostado				◻	
Transporte al almacén de café tostado				→	
Total				8	4
				3	1
				1	

Tabla 9 Tabla de diagrama de operación del tostado



Figura 21 Área de tostado y molido de grano de café
Fuente: Laboratorio de Ingeniería Industrial de la Universidad Veracruzana

De acuerdo con los resultados y actividades se generó el siguiente diagrama de bloque (ver figura 22) referente a la cadena de suministro del taller donde se establecieron los indicadores de compra y de producción que refiere a la cantidad de grano requerido para su tostado o molido, capacidad de cada máquina y sus respectivos ciclos por práctica de los estudiantes en el laboratorio.

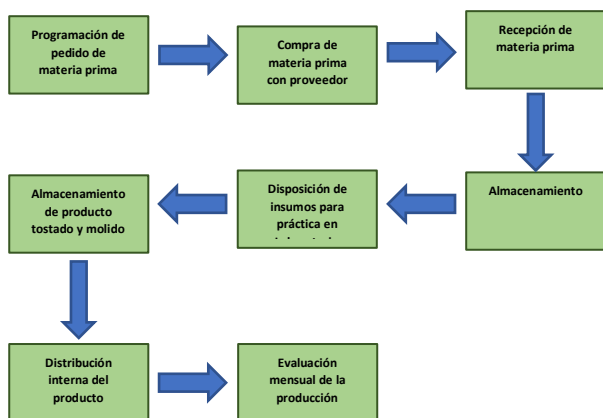


Figura 22 Diagrama de bloque
Fuente: Elaboración propia



Figura 23 Vaciado de grano de café verde
Fuente: Laboratorio de Ingeniería Industrial de la Universidad Veracruzana

Para el desarrollo de las pruebas, se contempla la siguiente lista donde se describen los recursos utilizados en el proyecto para desarrollar estrategias de optimización de nuestro café veracruzano con las empresas productora y comercializadora de la región a través de convenios:

- Báscula de precisión OHAUS 2610gr. Triple brazo. Modelo TJ2611. Plato de acero inoxidable. Sensibilidad 1gr. Pesas de 500 y 1000gr. Incluye cucharón de polipropileno.
- Máquina mortero de muestras y rendimientos. Capacidad de 250 a 300gr. Motor de 1/2Hp.
- Medidor Portátil de Humedad MAC PLUS. Marca Coffe Pro. Incluye: Estuche, batería, funda protectora y cable USB.
- Juego de Zarandas para muestras de café. Marco de madera de 0.30 X 0.30 m Perforación redonda. 8 zarandas de 13/64 a 20/64 y #0.
- Charolas inoxidables para muestras de café
- Molino SOLO CAFE modelo COATEPEC, Capacidad de 1.2 kg/min. Discos Suizos de 90 milímetros. Motor de 1Hp. Fabricado en acero inoxidable y aluminio. Nueve niveles de granulometría, con opción a niveles intermedios para mayor precisión. Tolla de acrílico transparente con imán.
- Selladora de pedestal electrónica FRL 350. Regulador de tiempo de sellado. Apoyo para bolsas. Mordaza de 35 cm. Alimentación a 110v. Incluye kit de refacciones.
- Tostador Profesional para café de 3kg/Ciclo, Encendido electrónico, Ciclón recolector de tamos, Válvula solenoide de seguridad, Dos extractores con motores de 1/6Hp. Cilindro y Aspas con motorreductores de 1/6Hp, Sistema de válvulas para Flama Alta y Baja. Tablero de controles con paro de emergencia.



Figura 24 Grano de café tostado
Fuente: Elaboración propia



Figura 25 Grano de café molido
Fuente: Elaboración propia



Figura 26c



Figura 26d



Figura 26e



Figura 26a



Figura 26b

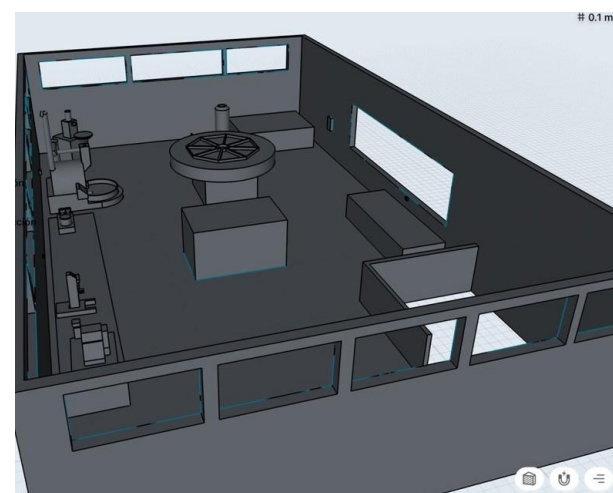


Figura 27 Distribución del Laboratorio
Fuente: Universidad Veracruzana

De lo anterior indicado en las figuras, la mejora en los métodos como un producto de la intervención de la ingeniería, es un medio para obtener resultados confiables y generar un ambiente competitivo, también, con el desarrollo de las actividades, ya sea por prácticas de Taller, realización de tesis o con actividades complementarias dentro de las Experiencias Educativas del área Terminal y Optativas, entre otras experiencias del área disciplinaria (calidad, manufactura).

Por ejemplo, se desarrolló una propuesta de estructura de formato de práctica para el uso de los equipos o máquinas del área y generar información para su análisis de datos (Ver figura 29 en anexo); y, con referencia a las empresas visitadas en el trabajo de campo, está en proceso de formalizar convenio de colaboración para el desarrollo del proyecto en la segunda etapa (periodo Septiembre 2019 - Diciembre 2020) con las siguientes seis empresas y un municipio:

- Café Díaz, S.A.
- Sólo Café de Calidad, S. de R.L. de C.V.
- Don Café, S.A. de C.V.
- Municipio de Ixhuatlán del Café
- Café-tal Apan
- Campo experimental de Café, Xico
- Finca Monte Azul, S.A. de C.V.



Figura 28 Trabajo de Campo
Fuente: *Elaboración propia*

Anexo


 PRACTICA: TOSTADO		
Integrantes del equipo:	N.º Sesión	01
	Fecha	2019
	Experiencia Educativa	Métodos
Objetivo		
Identificar durante el tueste la función de las características de la materia prima y los parámetros del proceso, ver los importantes cambios físicos en el café y la formación de las sustancias responsables de las cualidades sensoriales del café. Teniendo en cuenta que, a lo largo del proceso, el grano gana un 100% de volumen, disminuye entre un 12% y un 20% su peso y pierde alrededor del 10% de su cafeína.		
Conceptos		
Café, Tueste, Tipo de tueste		
Material		
1 ½ de granos de café, Bascula, Bolsa para el café tostado		
Procedimiento		
Verificar compuerta y suministro de gas Suministrar materia prima Inspeccionar flama Vaciar Monitorear temperatura Verificar muestras Control de flama y temperatura Apertura de compuerta y vaciado de grano tostado		
Cuestionario		
Instrucciones. Resuelve las siguientes preguntas. ¿A qué temperatura tiene que llegar la máquina para poder verter el grano de café? ¿A cuántos grados baja la temperatura cuando se empieza a tostar el café? ¿Qué tiempo se requiere para un tostado optimo en cada ciclo de café? ¿Cuánto tiempo se debe de esperar entre cada ciclo? ¿Cuántas muestras salieron en cada ciclo?		
Conclusiones		
Instrucciones. Anota en este apartado tus conclusiones respecto a la práctica.		

Figura 29 Formato de práctica

Fuente: *Elaboración propia*

Agradecimiento

La gestión del personal directivo y administrativo de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias Navales, e integrantes del Cuerpo Académico UV-CA-470 Innovación en Sistemas de Gestión con el proyecto de fortalecimiento “análisis y evaluación de las operaciones e innovaciones del proceso productivo del café” y la invaluable labor de los estudiantes tesis y de trabajo recepcional para el desarrollo de la primera etapa del proyecto conformado por los siguientes siete estudiantes:

- ✓ Judith Guadalupe Hernández Mena con el estudio de tiempo del tostado, molido y embazado

- ✓ Itzel Viridiana Contreras Carbajal, con el manual de prácticas del laboratorio,
- ✓ Sofia Pensado Osorio con el análisis del contexto organizacional,
- ✓ Kevin Alexis de Jesús Carmona López con el estudio de indicadores en las operaciones de cadena de suministro,
- ✓ Jonathan Domínguez Garcés con el manual de seguridad,
- ✓ Isidro Jesé Xiguil Guexpal, con el análisis de problemáticas y desarrollo de la industria del café, y
- ✓ Erika Guillen González con el análisis de parámetros de procesos de transformación del grano del café.

Conclusiones

El café como modelo de análisis de referencia generó metodologías, estándares, técnicas y se consideraron el uso de buenas prácticas de otro sector industrial (vinícola) a través de su gestión en el taller de ingeniería de métodos y su respectiva optimización de los conocimientos de las Experiencias Educativas, es un balance en el desarrollo local y contexto de las organizaciones promoviendo el consumo del café regional. Así mismo el fortalecimiento de la vinculación a través de:

La gestión y apertura de espacios para la formación integral y académica del alumno y/o actividad sustantiva del académico.

La implementación sistemática de acciones con alternativas de solución a los problemas del entorno mediante la investigación de campo, la innovación y del desarrollo tecnológico, con la finalidad de divulgar la ciencia, la cultura, y el arte del Café.

La prestación de servicios que implican la consecución de recursos externos y, la transmisión directa de conocimientos hacia individuos, grupos o instituciones externas a la Universidad a través de la asesoría y curso de capacitación del Programa de Educación Continua.

La recopilación de buenas prácticas obtenidas en el proyecto del Café para el desarrollo de modelo de gestión.

Y, con referencia al acondicionamiento y mejora del área de operación del laboratorio se tienen los siguientes resultados:

Con la observación in situ, de los procesos de tostado, molido y envasado de café, tanto en el Taller de Ingeniería de Métodos como en el trabajo de campo en la Finca de Guadalupe en Córdoba, Finca Monte Azul en Huatusco, en la Finca de Campo experimental en Xico, y en la finca del Café-tal Apan, se estableció un método para los tres procesos, y en consecuencia el tiempo estándar que se necesita para llevarlos a cabo.

Con la elaboración del diagrama de proceso operativo para el tostado, molido y envasado, se estableció la descripción, clasificación y la secuencia a detalle de las operaciones que se llevan en cada actividad.

Mediante las observaciones preliminares de los ciclos de trabajo de cada proceso se determinaron y describieron los tiempo y actividades.

Con el uso de la técnica “estudio de tiempos”, mediante el método de “cronometraje acumulativo”, se obtuvo la cantidad de trabajo expresada en minutos para cada ciclo de proceso.

Al realizar la descripción del método, se pudieron simplificar los tiempos no productivos ya que antes en los registros de observaciones preliminares, al no contar con un método establecido, se ejecutaban acciones innecesarias.

Una vez determinado el método de trabajo y realizado el cronometraje de cada elemento, se calificó el ritmo tipo o desempeño del trabajador mediante el método de velocidades. Los tiempos tipo se pudieron determinar, una vez obtenidos los tiempos básicos para los elementos de trabajo internos y externos, junto con el tiempo de la máquina, más el cálculo para los suplementos por descanso.

En los suplementos por descanso para los ciclos de tostado, los cuales presentaron minutos inactivos iguales o mayores a 10 min, se pudieron utilizar dentro del mismo, por el contrario, para los ciclos de molido y envasado al ser más cortos, dichos suplementos se tuvieron que agregar fuera del ciclo de trabajo.

Posterior a la obtención de tiempos y establecido el método para los procesos de tostado, molido, se crearon los diagramas de flujo del material y operario, con el propósito de representar el tratamiento del café. En el caso del flujo de operario las acciones a ejecutar.

Consecuentemente al estudio de tiempos se obtuvo información para su estándar, correspondiente a los tiempos de maquina dentro del proceso de tostado como: los minutos de la tostadora para alcanzar la temperatura de precalentado, temperatura de equilibrio, en adquirir la temperatura de tueste, duración del tostado y tiempo de enfriado.

Con la medición del trabajo se observó que los ciclos de trabajo en el proceso de tostado presentaron mucha diferencia entre sí, tanto en los ciclos de precalentado, como en los subsecuentes a él, uno de los factores más importantes que provoca dicho contraste, fue la regulación de la flama en la tostadora, el tamaño del grano, su uniformidad en color, su tipo de secado, o el tipo de combinaciones en cuanto a la altura, humedad, nutrientes y minerales de la tierra.

Referencias

- Auletta, N., & Ojeda, E. (2014). Desafíos de la innovación empresarial en América Latina. (Spanish). *Debates IESA*, 19(2), 10-14.
- Córdoba-Castro, N. M., & Guerrero-Fajardo, J. E. (2016). Caracterización de los procesos tradicionales de fermentación de café en el departamento de Nariño. (Spanish). *Biología En el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(2), 75-83. doi:10.18684/BSAA(14)75-83.
- Del Carmen Camas-Pascacio, A., & Velázquez-Pompeyo, R. I. (2014). Un café por los pequeños productores, el escalamiento productivo y el desarrollo local. (Spanish). *Revista Chilena de Economía y Sociedad*, 8(1/2), 12-32. "el estado debe compartir con los productores de café los planes para enfrentar la crisis económica". (Spanish). (2009). *Agro Enfoque*, 22(162), 36-38.
- Farro, C., Enrique, M., & De la Cruz Mora, W. (2019). Efecto hipoglicémico de los extractos hidroalcohólicos de los granos verdes y granos tostados de *Coffea arabica* L. "café" en *Rattus rattus* var. *albinus* con hiperglicemia inducida.
- Fernández, E. M., & Mejía, F. E. (2007). Modelo de administración para la operación sustentable y gestión de la calidad en las agroindustrias de café: estudio de caso. (Spanish). *Ingeniería Industrial*, 28(3), 14-24.
- Ferro-Soto, C., & Mili, S. (2013). Desarrollo rural e internacionalización mediante redes de Comercio Justo del café. Un estudio del caso. (Spanish). *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 10(72), 267-289.
- Finca Monte Azul. (s.f.). Obtenido de <http://fincamonteazul.com/>. Recuperado el 24 de abril de 2019
- Flores, P., & Keni, J. (2019). Influencia de tres pisos altitudinales en las características físicas y sensoriales del café (*Coffea arabica* L.) variedad Catimor en los distritos de Lamas y Alonso de Alvarado Roque.
- Freivalds, Andris (2014). *Ingeniería industrial de Niebel: Métodos, estándares y diseño del trabajo*. México: Mc Graw Hill.
- García, N., & Rossel, E. (2019). Evaluación de la productividad y calidad en taza de la variedad de café Costa Rica 95 (*Coffea Arabica* L.) en el sector de Timaruca, en la provincia de San Ignacio-Cajamarca.
- Hammelburg, O. (2007). El camino del café la calidad. (Spanish). *Agro enfoque*, 21(156), 34-35.
- Herrera, J. C., Medina, S. M., Beleño, K., & Gualdrón, O. E. (2016). Diseño de un sistema automático de selección de frutos de café mediante técnicas de visión artificial. (Spanish). *UIS Ingenierías*, 15(1), 7-14. doi:10.18273/revuin.v15n1-2016001.
- INEGI. (2019). Censos Económicos. Obtenido de <https://www.inegi.org.mx/programas/ce/2019/>. Recuperado el 21 de abril de 2019
- Innovación en la industria de café calidad y tiempo de vida útil del café tostado tipo premium. (Spanish). (2014). *Agro Enfoque*, 29(193), 8-10.
- Interno Promover el consumo del café de calidad y mejorar su productividad en el campo. (Spanish). (2011). *Agro Enfoque*, 27(179), 18-20.
- La problemática del café. (Spanish). (2007). *Agro Enfoque*, 21(156), 14-15.

Llanos, R. A. (2007). Factores claves en las alianzas universidad - industria como soporte de la productividad en la industria local: hacia un modelo de desarrollo económico y social sostenible. (Spanish). *Investigación Y Desarrollo*, 15 (1), 208-225.

Maynard, Harold. (2018). *Manual del ingeniero Tomp I y II*, 5ª. Ed. México: McGraw-Hill.

Maya, G., César, J., & Piedrahita Jaramillo, A. (2019). Influencia de las características del empaque y la etiqueta en la percepción del consumidor de café.

Mendoza, M. E. (2009). Café y cultura productiva en una región de Veracruz. (Spanish). *Nueva Antropología: Revista De Ciencias Sociales*, 22(70), 33-56.

Ortiz-Triana, V. K., & Caicedo-Rolón, Á. J. (2015). Procedimiento para la programación y control de la producción de una pequeña empresa. (Spanish). *Revista Ingeniería Industrial*, 14 (1), 49-104.

Oliveros-Tascón, C. E., & Sanz-Uribe, J. R. (2011). Ingeniería y café en Colombia. (Spanish). *Revista De Ingeniería*, (33), 99-114.

Torres-Valenzuela, L. S., Martínez, K. G., Serna-Jimenez, J. A., & Hernández, M. C. (2019). Secado de Pulpa de Café: Condiciones de Proceso, Modelación Matemática y Efecto sobre Propiedades Fisicoquímicas. *Información tecnológica*, 30 (2), 189-200.

Universidad Veracruzana (2018). Programa de Trabajo Estratégico (PTE) 2017-2021. Pertenencia y Pertinencia. Recuperado de <https://www.uv.mx/documentos/programa-de-trabajo/>. Recuperado el 17 de Mayo de 2019.

Gestión del mantenimiento mediante Six Sigma para la optimización de la productividad de la maquinaria y equipos diversos para una pyme

Management of the maintenance through Six Sigma for the optimization of the productivity of the machinery and diverse equipment for an SME

CHAVEZ-MEDINA, Juan†*, LUNA-FERNÁNDEZ, Víctor Genaro, SANTIESTEBAN-LÓPEZ, Norma Angélica, VELÁZQUEZ-MANCILLA, Jorge Enrique

Universidad Politécnica de Puebla, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

ID 1^{er} Autor: Juan, Chávez-Medina / ORC ID: 0000-0002-1978-0620, CVU CONACYT ID: 417889

ID 1^{er} Coautor: Víctor Genaro, Luna-Fernández / ORC ID: 0000-0002-5438-6573, CVU CONACYT ID: 168205 |

ID 2^{do} Coautor: Noma Angélica, Santiesteban-López / ORC ID: 0000-0001-7700-4139, CVU CONACYT ID: 240825 |

ID 3^{er} Coautor: Jorge Enrique, Velázquez-Mancilla / ORC ID: 0000-0001-7835-6339, CVU CONACYT ID: 510054 |

DOI: 10.35429/JIE.2019.10.3.17.27

Recibido 01 de Noviembre, 2019, Aceptado, 13 de Diciembre, 2019

Resumen

La aplicación de Six Sigma a la Gestión del Mantenimiento, para la optimización de la productividad de las maquinarias y equipos diversos para una pyme, utilizando la metodología del Six Sigma, que está conformado por sus 5 fases DMAIC. Esta investigación desarrolla y aplica una estrategia combinada de TPM y Six Sigma en una PYME para erradicar un problema importante de CTQ. En este sentido, se destaca el enfoque empleado, las herramientas y técnicas utilizadas, evidenciando los ahorros que se lograron mediante la aplicación estructurada de un procedimiento combinado de TPM / DMAIC. A través de la aplicación correcta de los métodos TPM y Six Sigma, la presente investigación identifica los ajustes de parámetros óptimos y las actividades de mantenimiento, lo que permitió a la empresa erradicar los problemas de CTQ y lograr mejoras significativas en la calidad del producto, el costo y la entrega de un modesto desembolso financiero. La aplicación de la estrategia y las conclusiones resultantes en cuanto a su efectividad para la industria es el valor real de este trabajo, por lo cual, será valioso para profesionales de calidad, y especialistas en fabricación en una amplia gama de industrias

Calidad, Six Sigma, TPM, PYME

Abstract

The application of Six Sigma to Maintenance Management, to optimize the productivity of machinery and equipment for an SME, using the Six Sigma methodology, which is made up of its 5 DMAIC phases. This research develops and applies a combined strategy of TPM and Six Sigma in an SME to eradicate a major CTQ problem. In this sense, the approach used, the tools and techniques used are highlighted, evidencing the savings that were achieved through the structured application of a combined TPM / DMAIC procedure. Through the correct application of the TPM and Six Sigma methods, the present research identifies optimal parameter adjustments and maintenance activities, which allowed the company to eradicate CTQ problems and achieve significant improvements in product quality, the cost and delivery of a modest financial outlay. The application of the strategy and the resulting conclusions regarding its effectiveness for the industry is the real value of this work, for which, it will be valuable for quality professionals, and specialists in manufacturing in a wide range of industries.

Quality, Six Sigma, TPM, SMEs

Citación: CHAVEZ-MEDINA, Juan, LUNA-FERNÁNDEZ, Víctor Genaro, SANTIESTEBAN-LÓPEZ, Norma Angélica, VELÁZQUEZ-MANCILLA, Jorge Enrique. Gestión del mantenimiento mediante Six Sigma para la optimización de la productividad de la maquinaria y equipos diversos para una pyme. Revista de Ingeniería Industrial. 2019 3-10: 17-27

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Six Sigma puede ser considerado tanto una estrategia empresarial y una ciencia para reducir costos de servicio, y crear mejoras significativas para la satisfacción del cliente y al mismo tiempo ahorro a través de combinar metodologías de un proceso estadístico y empresarial a un modelo integrado de proceso, producto y mejora de servicio. En Six Sigma las mejoras están definidas por su impacto encima de la satisfacción de cliente y del valor (Pande & Holpp, 2002)

Los sectores económicos importantes para las inversiones son el crecimiento de las Pyme. Las condiciones para poder ser candidatos de aprobación para postularse en las licitaciones son grandes, por lo que la única manera que tienen las Pequeñas y Medianas empresas para poder desarrollarse dentro del sector y ser partícipes en las inversiones, son dos: asociándose con empresas grandes o ser subcontratistas de las empresas de otras empresas elegidas. En estas decisiones se incluyen a los equipos como adquisiciones, mantenimiento, reparaciones, reconstrucciones, eficiencias, disponibilidad, confiabilidad, reemplazos, costos y bajas de activos. Las empresas constructoras de nivel internacional están inmersas en lo que se denomina “El Mantenimiento de Clase Mundial”, que significa tener políticas para realizar las labores cotidianas de trabajo con buenas prácticas tanto en el campo administrativo como en el campo técnico.

La competitividad de las empresas constructoras se le atribuye en adquirir la mejor rentabilidad por metro cúbico movido o por la máxima cantidad de horas máquina vendida. En el primer aspecto la máxima rentabilidad depende de la máxima producción horaria y del mínimo costo horario de máquina.

Por otro lado, el siguiente aspecto a considerar en la máxima rentabilidad dependerá de la mayor cantidad de horas trabajadas de la máquina y del menor costo horario de máquina.

Por lo anterior, una adecuada gestión del mantenimiento del equipo mecánico, es esencial para maximizar la rentabilidad empresarial, para ello es necesario contar con herramientas que ayuden en este proyecto.

Una situación real en este medio, muestra que el mantenimiento de equipos y máquinas en las pequeñas y medianas empresas de construcción consiste en minimizar los cambios de aceites a las máquinas y en algunas se realiza un continuo manejo administrativo de un programa de mantenimiento preventivo básico.

Para lograr la mejora en la eficiencia de los procesos a fin de mantener la disponibilidad y confiabilidad de los equipos, así como de los procesos del taller, será conseguida con el término empleado en control de calidad y es la mejora continua, el cual se considera el espíritu visionario de lograr la perfección. Para ello, utilizando el método administrativo Six Sigma, ayudará al análisis de los resultados de la gestión de mantenimiento y permitirán la mejora continua, así como el logro de los resultados esperados, traducidos en la eficiencia en el manejo del taller, mejora de la disponibilidad mecánica y aseguramiento de la vida útil de las máquinas.

Dentro de este contexto, es necesario indicar que, en México existen diversas empresas manufactureras que demandan calidad en sus productos y/o servicios; y en el ramo de materiales de la construcción no es la excepción, como las productoras de block, donde el mercado es cada vez más competitivo, debido a la proliferación de la oferta que se tiene de este producto, y principalmente en el estado de Puebla como el municipio de San Pedro Cholula y anexas, es por ello que la presente investigación plantea un modelo de gestión del mantenimiento mediante Six Sigma para la optimización de la productividad de las maquinarias y otras variables que afectan a la calidad en una PYME dedicada a la fabricación de materiales de construcción (bloquera).

1. Fundamentos teóricos y definiciones de constructo

Six Sigma fue introducida por primera vez en 1987 por la compañía Motorola dirigida por un equipo de directivos encabezados por Bob Galvin, presidente de dicha compañía con el propósito de reducir los defectos de productos electrónicos (Escalante et al. 2008).

Desde entonces, Six Sigma ha sido adoptada, enriquecida y generalizada por un gran número de compañías.

En la literatura varios casos de aplicación exitosa como lo mencionan teóricos como Kaushik, et al. 2012; Timans, et al. 2012; Nicolay, et al. 2012; entre otros. Six Sigma está considerado como la evolución de las teorías clásicas de la calidad y la mejora continua, como Control Estadístico de Proceso (SPC) y la Administración de la Calidad Total (TQM) (Folaron, 2003; Maleyeff, et al. 2012). En este sentido, Six Sigma toma algunos elementos de sus teorías predecesoras y los organiza de forma sistemática, creando un enfoque mejorado y con mayor efectividad en la consecución de resultados.

En México, en los últimos años, son cada vez más las empresas Pymes que han aplicado la metodología Six Sigma, debido a que representa la mejora continua de sus procesos y por lo mismo un ahorro sustancial en sus finanzas (Domínguez, 2016).

Por otra parte, Six Sigma es una métrica que se emplea para indicar el número de DPMO (Defects per Million Opportunities, en inglés), o cómo se desempeña el proceso con respecto a las necesidades del cliente.

El cálculo de dicho número se realiza a través de las siguientes expresiones según Forrest W. Breyfogle en su obra "Implementing Six Sigma" (Bahena, 2006).

- Unidad (U): Es un artículo producido o procesado.
- Defecto (D): Cualquier evento que no cumpla la especificación de un CTQ (control total de calidad).
- Defectuoso: Una unidad que tiene uno o más defectos.
- Defectos por unidad (DPU): Es la cantidad de defectos en un producto

$$DPU = D / U \quad (1)$$
- Oportunidad de defectos (O): Cualquier acontecimiento que pueda medirse y de una oportunidad de no satisfacer un requisito del cliente.
- Defectos por oportunidad (DPO):

$$DPO = D / (U \times O) \quad (2)$$
- Defectos por millón de oportunidades (DPMO): Es el número de defectos encontrados en cada millón de unidades.
- Capacidad del proceso: Capacidad del proceso para cumplir especificaciones o requerimientos del cliente.

- Rendimiento estándar o de primera pasada (YFT): Es el porcentaje de producto sin defectos antes de realizar una revisión del trabajo efectuado y es la probabilidad de que una unidad pase el ensamble final con 0 defectos

$$YFT = (1 - DPO) * 100 \quad (3)$$
- Rendimiento al final o de última pasada (YLT): Es el porcentaje de producto sin defectos después de realizar la revisión del trabajo.
- Rendimiento Real o Estándar (YRT) mide la probabilidad de pasar por todos los subprocesos sin un defecto, se determina con el producto del resultado de cada paso: $YFP1x YFP2x YFP3x \dots YFPn$
- Rendimiento Normal (YN) mide el promedio de rendimientos por los pasos del proceso. Es el promedio exponencial basado en el número de pasos del proceso, no es un promedio aritmético.

$$YN = n\sqrt{YRT} \quad (Ec.4) \quad (Hemant, 2011)$$

Donde n es igual al número de pasos en el proceso. Cabe señalar que la diferencia entre dpmu y dpmo es que una unidad puede tener varias oportunidades de cometer defectos. Por ejemplo, Si en cierto proceso se encontraron 10 defectos en una muestra de 100 unidades:

- $dpu = 10/100 = 0.1$ (defectos por unidad)
- $dpmu = (dpu) (10^6) = 100,000$ (defectos por cada millón de unidades)

Si en cada unidad existen 10 posibilidades de ocurrencia en un defecto.

- $dpo = 10/1000 = 0.01$
- $dpmo = dpmu/10 = 10,000$ (defectos por cada millón de oportunidades)

Si cada unidad solamente tiene una oportunidad en la que puede ocurrir algún defecto, $dpmo = dpmu$. Originalmente ppm significa unidades defectuosas por cada millón, independiente mente del número de defectos en dichas unidades (Escalante, 2008).

El objetivo de la metodología Six Sigma es disminuir los defectos a la cantidad de 3.4 DPMO, y es muy importante que las empresas suban a estos niveles para poder ser competitivas a nivel mundial.

La mayoría de las empresas operan a un nivel más bajo de calidad, por lo general entre 2 y 3 sigmas lo que significa entre 66,000 y 300,000 defectos por millón (Eckes, y Cárdenas, 2006).

Optimización de procesos industriales

La Optimización un proceso industrial significa mejorar el proceso y para ello se requiere utilizar o asegurar todos los recursos que intervienen en él de la manera más excelente posible. Dicha optimización está orientada hacia dos metas fundamentales: Maximizar ganancias y Minimizar costos, esto teniendo como consecuencia una mayor producción a un menor costo.

Por consiguiente el principal propósito de optimizar un proceso es incrementar la productividad. La optimización de procesos es una tarea difícil pero realizable, el cual se quiere de la colaboración y apoyo de todo el personal de la organización, trabajo en equipo.

El proceso de Optimizar implica en primer lugar poseer el conocimiento total del mismo, es decir, se necesita poseer toda la información relativa de las operaciones realizados en forma sistemática. (Boucly, 1999)

Productividad

La Productividad se define como la relación entre la cantidad de bienes y servicios producidos y la cantidad de recursos utilizados. En la industria la productividad sirve para evaluar el rendimiento de talleres, maquinaria, equipo de trabajo y los empleados.

La productividad de máquinas y equipos están dados como parte de sus características técnicas. En concreto, la productividad debe ser definida como el indicador de eficiencia que relaciona la cantidad de producto utilizado en la cantidad de producción obtenida. El mejor camino para que un negocio pueda crecer y aumentar su rentabilidad o sus utilidades es aumentando su productividad (Gutiérrez, 2007)

Gestión de mantenimiento

El objetivo del mantenimiento es el medio que tiene toda empresa para conservar la eficiencia y eficacia su activo fijo.

En global al conjunto de actividades necesarias para: Mantener una instalación o equipo en funcionamiento.

El mantenimiento incide en la cantidad de la calidad de la producción, por lo que propósito del mantenimiento es asegurar la disponibilidad planeada al menor costo dentro de las recomendaciones de garantía y uso de los fabricantes de los equipos e instalaciones y las normas de seguridad.

Se puede resumir que la gestión de mantenimiento tiene el propósito de aumentar la rentabilidad de las empresas, contribuyendo a que los equipos o sistemas estén disponibles para operar tanto tiempo como sea posible como también permitiendo en funcionamiento de los mismos a un costo unitario (Prieto, 2008).

Por lo anterior, es necesario mencionar que actualmente el Mantenimiento Productivo Total incorpora nuevos conceptos a la aplicación práctica del mantenimiento comparados con las generaciones anteriores, pues se incorpora a las actividades de mantenimiento a todos los operarios de producción y la participación activa de todos los empleados, además de agregar en su seno las prácticas del Mantenimiento Preventivo, Correctivo, Predictivo, las Mejoras y la Prevención del Mantenimiento, el TPM eleva el nivel de la eficacia del equipo mejorando los factores de disponibilidad, eficiencia del desempeño y el porcentaje de productos de calidad. El JIPM (Japan Institute of Plan Maintenance), define como el TPM como un sistema orientado a lograr cero accidentes, cero defectos y cero pérdidas (Depestre, 2012).

3. Metodología Six Sigma

La estrategia Six Sigma se basa en una metodología de cinco fases llamada DMAIC, es un acrónimo de los principales pasos dentro de la metodología, definir, medir, analizar, mejorar, y controlar. Se decidió que el proceso DMAIC formaría la base fundamental para la estrategia de TPM y por lo tanto el enfoque estándar para la adopción de las principales etapas del proyecto TPM.

Cada etapa se explica en detalle en la siguiente sección del documento.

Desarrollo

Fase de definición

Se tuvo una plática con el director de la empresa donde se realizó el proyecto, en la que se dispuso que la problemática principal e interés de los directivos es la reducción del producto defectuoso en la fabricación de blocks prefabricados. Así como también tener una mejor distribución y colocación del producto en almacenamiento.

La información que se pudo obtener de la empresa fue la capacidad de la máquina, así como también, el porcentaje de producto defectuoso, la demanda y el costo del proceso de la fabricación de Block prefabricado. También se tuvo que observar el proceso y se obtuvieron datos más precisos.

El siguiente paso fue el definir qué tipo de limitaciones y qué tipo de alcances con el fin de llegar a un resultado más concreto. Uno de los alcances fue el proponer un nuevo procedimiento, así como también una nueva capacitación, y definir y concretar la línea de producción. En cuanto a las limitaciones sólo se pudo encontrar que el único impedimento era el presupuesto fijo para la inversión del proyecto. Además, que se desarrolló también para esta fase, la estructura de roles y responsabilidades, un diagrama SIPOC, un mapa de flujo de proceso detallado, un mapa gráfico de proceso y la descripción del proceso narrativo en forma secuencial.

Cabe señalar en este punto de limitaciones y alcances que no se podrán establecer controles totales, debido a que se lograra operativizar todas las variables, cuando se establezca por completo el proceso en función a Six Sigma, porque lleva una curva de adaptación de que puede variar hasta un año (Escalante, 2008).

Estructura organizacional, roles y responsabilidades

En esta parte se describen las funciones que cada uno de los participantes. Para el desarrollo de Six Sigma en sus diferentes fases. Además, se establecen el tipo de actividades, y dónde estarán involucrados cada uno en cada fase.

Nos nombres de las personas que integraron el equipo de trabajo se omitieron intencionalmente, las cuales fueron, el Gerente General que es el responsable de aprobar el proyecto (Champion), Gerente de Producción. (Black Belt) y jefe de producción (Green Belt). Por lo cual, se le asignaron roles y responsabilidades en la que se describe claramente las labores y deberes que se deben cumplir.

Principales productos que se elaboran en la empresa

Existen en la empresa una gama de productos que se manufacturan, sin embargo, hay 2 tipos principalmente que abarcan el 48% de acuerdo con el historial de ventas de los ejercicios 2017-2018. Por otra parte, cabe señalar que el estudio también se enfoca en los productos mencionados a continuación, de acuerdo a la información proporcionada por la empresa

Block Hueco

Se utiliza para todo tipo de muros, su colocación es rápida, ahorro en cimbras por sus huecos se elaboran castillos integrados. Cada pieza pesa en promedio 14 Kg. y tiene un rendimiento de 12.5 piezas por m². Cuenta con una resistencia de 90 Kg/cm².

Block Macizo

Se utiliza para bardas, casas habitación, bodegas, naves industriales, etc. Cuenta con un mayor rendimiento al colocarlo por su tamaño. Cada pieza pesa en promedio 13 Kg. y tiene un rendimiento de 12.5 piezas por m². Con una resistencia de 60 Kg/cm².

Es importante mencionar también, que el proceso es habitualmente el mismo para la elaboración de los diferentes tipos de block; En la mayoría de los casos, sólo se cambia el molde del producto y el proceso prácticamente es el mismo.

Descripción del Proceso

Es importante conocer el proceso de producción para poder entender cómo se elaboran los blocks prefabricados de una manera rápida y comprobar los pasos de la producción.

Secuencia de producción de la fabricación de block mostrada en la figura 1

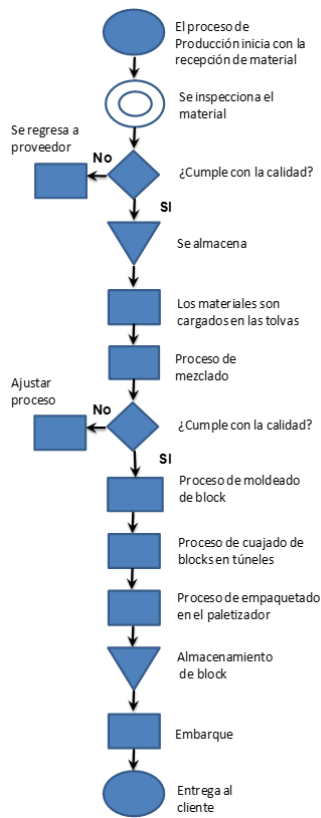


Figura 1 Diagrama de flujo de proceso
Fuente: Elaboración propia

La etapa de definición desencadenó el desarrollo de un equipo TPM dentro de la empresa. Esta involucró la capacitación de los miembros del equipo en los principios de TPM, así como la implementación de un programa 5S destinado a pilotar la limpieza autónoma y trabajo en equipo antes de emprender proyectos de mantenimiento específicos y específicos dentro del área de fabricación de block.

En esta fase de definición se ha descrito las particularidades básicas que se requieren en esta instancia, como los procesos que existen en las áreas productivas en la bloquera, donde se desarrolló la investigación, así como también se han identificado las personas que interactúan en el proceso directa o indirectamente, y se ha asignado los roles y responsabilidades del equipo de Six Sigma.

Así como también, se obtuvo información adicional a través de los diagramas antes mencionados que se elaboraron en esta fase, como los alcances y limitaciones del proceso, reproceso, tipos de clientes.

El paso siguiente de la metodología de Six Sigma es la fase de medición para diagnosticar la situación actual, identificar las necesidades e intervenir para poder reducir el número de productos defectuosos de blocks prefabricados.

Fase de medición

En esta etapa de medición se utilizaron técnicas para recolectar datos sobre el desempeño actual del proceso, haciendo el cálculo de los índices del proceso, se analizó la causa efecto del proceso a través del diagrama de Ishikawa (ver figura 2) determinando las posibles fuentes que provocan defectos como se muestra a continuación.

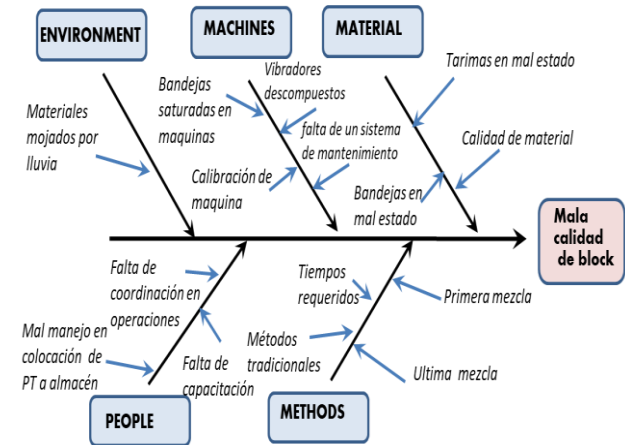


Figura 2 Diagrama de Ishikawa
Fuente: Elaboración propia

En el diagrama de Ishikawa se muestran e involucran elementos como mezcladoras, falta de capacitación, falta de coordinación de operaciones, bandejas saturadas y otras variables que causan la mala calidad en el block.

Por otra parte, se tienen datos del año 2017, proporcionados por la empresa. La producción anual de blocks prefabricados fue de 1,185,320 unidades de las cuales, se tuvieron 19,325 piezas no satisfactorias clasificadas como defectos, dentro de las áreas de producción, así como también en la colocación del producto en el inventario.

Lo cual demuestra que existe un 1.63 % de producto no deseado en el año 2009. Con esta información se calculó el DPMO (Defectos Por un Millón de Oportunidades), el cual fue de 16,303.61 y el nivel sigma del proceso, que se obtuvo fue de 3.64. Cálculo obtenido por Six Sigma calculator (Figura3).

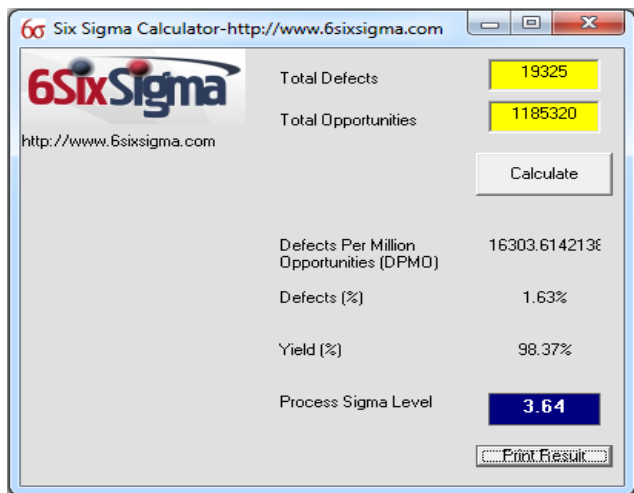


Figura 3 Calculadora Six Sigma, 6sixsigma.com

Los datos obtenidos en esta fase son parte fundamental, debido a que refleja la posición de la empresa dentro del contexto mundial en competitividad, de acuerdo a la Tabla 1.

Nivel de Sigma	Defectos por Millón de Oportunidades	Nivel de Calidad	Costo de Calidad Promedio	Clasificación
6	3.40	99.9999998%	Menos del 1% de Ventas	Clase Mundial
5	233.00	99.98%	5 - 10% de Ventas	Industria Promedio
4	6.210	99.4%	15 - 25% de Ventas	Baja Competitividad
3	68.807	93.3%	25 - 40% de Ventas	No Competitivo
2	308.537	69.2%	No Aplica	No Competitivo
1	690.000	30.9%	No Aplica	No Competitivo

Tabla 1 Clasificación de las empresas por nivel de desempeño de Six Sigma

En la Tabla 1 se observa que el proceso se encuentra ubicado en 3.64 de DPMO en la escala de sigma, lo significa que no hay competitividad en la empresa, por lo tanto, es otro punto importante en tomar en cuenta para la implementación del modelo de calidad propuesto en el presente trabajo de investigación.

Por otra parte, también se encontró información adicional con la aplicación del diagrama de Ishikawa (causa y efecto), cuando se aplicó en las áreas que no se consideraban de suma importancia pero que afectan al producto final como la fórmula de los agregados, el paletizador, la primera mezcla y la lluvia que afecta a los agregados, entre otros.

Es importante también mencionar que los problemas que afectan en mayor grado a la mala calidad de block se ocasionan principalmente por las bandejas que se encontraban en mal estado, la última mezcla de la producción diaria, los problemas de la máquina, y la colocación de los blocks en el almacén. Para ello, se revisó el historial del 2017, donde se desglosaron los defectos más importantes encontrándose que las bandejas que están en mal estado ocasionaban un desperdicio que en conjunto con los defectos originados por problemas en maquinaria originan 49.62% de desperdicios totales. Un mal manejo de block en el almacén y falta de capacitación de operarios ocasionan un 37% de total de desperdicios como principales problemas (ver figura 6).

Medición del proceso

Para determinar la problemática del proceso en condiciones actuales, y verificar la funcionalidad del mismo, se recurrió a la recolección de datos para realizar posteriormente, un análisis estadístico con los datos obtenidos de un mes de producción.

El análisis de la información recabada que se realizó en conjunto con el equipo de Six Sigma, descrito a continuación en la fase de análisis, siguiendo el procedimiento metodológico de Six Sigma.

Fase de análisis

Una vez empleadas las herramientas de calidad como el diagrama de Pareto y la técnica de los “5 Por qué”, se obtuvieron los elementos requeridos, de la fase de análisis de acuerdo con la metodología Six Sigma (Sirvent, et al. 2006), y con ello se continuó con la siguiente fase de mejora.

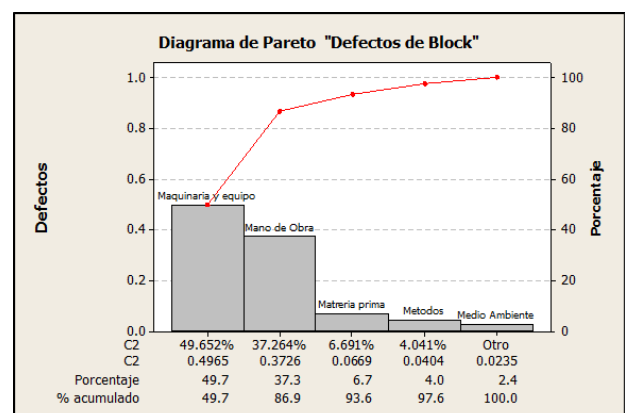


Figura 4 Pareto de defectos

En relación a los datos de la figura 4 se analizó las causas de fallas en maquinaria con un historial de enero a septiembre de 2017 como lo muestra la figura 4 y 5.

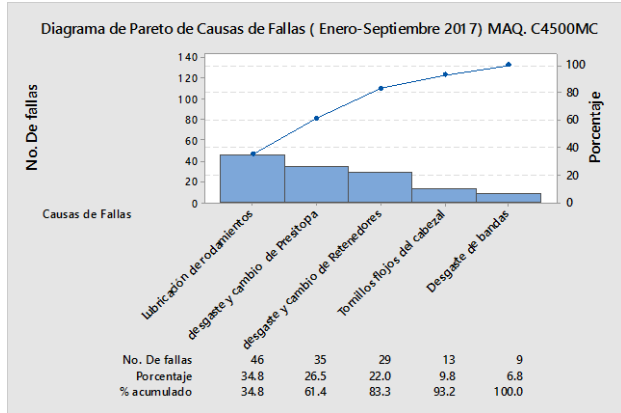


Figura 5 Pareto de defectos fallas de maquinaria

Fase de Mejora

Continuando con las fases de definición, medición y análisis, se procedió a emplear la etapa de mejora, aplicando la herramienta de calidad Brainstorming o lluvia de ideas, realizada en mayo de 2017, respetando la metodología de la herramienta, en este sentido, se escogió entre otras aplicables a esta fase, debido a que se tenían que desarrollar las posibles soluciones, que demanda esta etapa, por ello también el Brainstorming se enfocó principalmente en los defectos originados por mano de obra, equipo y maquinaria; con la participación del equipo de trabajo de Six Sigma. En función a la representación del mayor porcentaje de defectos, con base a la información del diagrama de pareto que se empleó en la fase anterior.

En este sentido se empleó un programa de capacitación para el personal operativo involucrado en el proceso en función a las necesidades de mejora de la mano de obra; y para la maquinaria y equipo se realizó un ajuste a la máquina de bolck y un programa de mantenimiento preventivo para los cuales se realizaron diferentes controles.

Por otra parte, también, se rediseño un método de trabajo necesario para la mejora y disminución de los defectos y desperdicio de material, así como también se realizaron controles para la recepción de la materia prima, y producto terminado.

Aunado a lo anterior se recurrió al mantenimiento productivo total, para maximizar la disponibilidad del equipo y maquinaria productiva de manufactura, impidiendo las fallas imprevistas y los defectos originados por esta causa; a través de la participación de los operadores en producción los cuales efectúan el mantenimiento autónomo a sus equipos y maquinas tales como lubricación, limpieza, y pequeños arreglos, así como el reporte de “sonidos raros” y con ayuda del análisis del historial de las máquinas y con la retroalimentación de los equipos de operación y mejora Kaizen.

De la misma forma, también se trabajó con los proveedores principalmente en los aspectos como especificaciones de material, condiciones de entrega, y necesidades de abastecimiento, para hacer el proceso cliente-proveedor más eficaz; además de lo mencionado se realizó una comparación antes y después de implementar el modelo Six Sigma que se enunciara propiamente en el siguiente capítulo de resultados de las mejoras del proceso en los defectos y desperdicios del proceso del block.

De igual manera comenzó con algo básico pero esencial dentro del rubro de mantenimiento en las máquinas de acuerdo a la tabla 2.

Defectos	%	Solución
Lubricación de rodamientos- desgaste y cambio de presitopa	61.90%	Lubricación mensual de rodamientos y chequeo de presitopa mensual
Desgaste de retenedores-tornillos flojos del cabezal	31.43%	Chequeo y cambio de retenedores, verificando cada fin de semana el ajuste de turcas por vibración.
% de mayores fallas	93.33%	

Tabla 2 Fallas mayores y su solución

Fase de Control

Esta fase consiste en diseñar y documentar controles necesarios para asegurar que lo conseguido de acuerdo a los cambios realizados.

Implementación de controles

Es importante señalar que en la elaboración de controles se tiene la siguiente limitante, de que no se ha completado en su totalidad la implantación de Six Sigma de acuerdo a lo explicado anteriormente en alcances y limitaciones.

Debido a que se tienen algunas restricciones de aprobación para realizar ciertos cambios que se explicaran en el siguiente capítulo de resultados y discusión. Sin embargo, hasta esta parte del trabajo se plantearon controles en la entrada de materia prima, en el proceso manejando control estadístico de proceso y seguimiento a través de gráficos, control de mantenimiento a través de mantenimiento preventivo a las máquinas y diario de TPM del operador (ver tabla 3), capacitación periódica del personal, Así como exámenes al personal operativo y formación de círculos de calidad.

Mantenimiento preventivo Diario TPM del operador MP Del Operador
1. Chequear si tuercas y pernos están bien ajustados
2. Chequear si los rodamientos han sido lubricados.
3. Chequear si las bandas están en perfecto estado.
4. Chequear si escotilla de vaciado y tolva de llenado están en buen estado.
5. Chequear si el motor eléctrico está limpio, en buen estado y los cables que estén protegidos.
6. Chequear si el medidor de dureza y calibración de compactación es correcto.
7. Chequear si el engranaje principal funciona correctamente

Tabla 3 Diario TPM del operador

Fuente: *Elaboración propia*

4. Discusión de resultados

Después de haber trabajado para instigar un proceso para identificar las oportunidades para mejorar la calidad y reducir la variabilidad utilizando herramientas estadísticas, se obtuvieron 1164 defectos de una producción de 192,570 blocks, lo que matemáticamente se determinan 6044. 55 DPMO.

En la fase de medición se acordaron las variables que se necesitaban medir y la forma con que se calculó fue a través de los diagramas de Ishikawa, Pareto, el valor de Six Sigma. El cálculo de los DPMO al inicio del estudio fue de 15,638.11 los cuales fueron determinados matemáticamente de acuerdo a la hoja de recolección de datos del mes de noviembre del 2017.

En la fase de mejora se calcularon los ahorros obtenidos en el proyecto de aproximadamente 6044 defectos por millón de oportunidades, así como ahorro en la mano de obra equivalentes a 82.88%.

El cálculo del ahorro aproximado que la empresa tendrá en acorto plazo en cuanto a defectos en otros rubros es de 67% en materia prima, 25% de maquinaria y equipo, métodos de trabajo 78%, y medio ambiente 35%.

Por lo que respecta a la fase de control se estableció para el personal operativo un programa de capacitación la cual se midió por medio de un examen; en cuanto a la maquinaria y equipo se manejó un programa de mantenimiento productivo total donde se implementaron los controles diferentes para evitar las fallas que originaban defectos.

Esta metodología resultó exitosa ya que administrativamente los cambios por aceptación se vieron reflejados en los datos de la fase de análisis y a la utilización de métodos de análisis estadístico y matemático.

El modelo también permite a la empresa para ayudar a identificar la necesidad de contar con un equipo multidisciplinario que trabaja estratégicamente, (Pyzdek, 2014; De Mast, 2004; Thomas y Antony, 2004).

5. Conclusiones y recomendaciones

Utilizando Six Sigma de manera adecuada, DMAIC permitió hacer frente a problemas de mantenimiento y defectos de calidad. Del mismo modo, los resultados también pueden proporcionar el estímulo para la aplicación más amplia de la técnica para crear mejoras en los procesos minimizando costos.

Para algunas organizaciones conciben a Six Sigma como un mito exclusivo para grandes empresas, sin embargo, se empieza a emplear este modelo de calidad en la PYMES para reducir desperdicios, y en el caso particular de este trabajo resultó buena la implantación para la reducción de desperdicios en la productora de blocks, siendo una empresa pequeña con tendencia de crecimiento.

A continuación, se enumeran las conclusiones y recomendaciones del presente trabajo de forma ordenada y sistemática.

1. El desarrollo del enfoque Six Sigma amplió una cultura hacia la mejora continua y la aplicación sistemática del sistema en toda la organización.

2. La herramienta Six Sigma permitió a la empresa desarrollar métodos de los sistemas de cartografía y análisis avanzados y llegar a ser generalmente más “técnica” en su acercamiento a la resolución de problemas.
3. La implementación exitosa del marco integrado propuesto de Six Sigma proporciona un impulso para traer un cambio cultural en la empresa con la aplicación sistemática del enfoque integrado en toda la organización.
4. Six Sigma se llevó a cabo con el fin de mejorar las medidas de calidad, costo y entrega de la empresa. En todas las medidas, logró mejoras significativas, de 3,64 a 5,6 sigmas en 2018, y está constantemente avanzando en la escala.

En este sentido, se debe mencionar también que el ambiente de trabajo ha mejorado debido que se adoptó una cultura 5'S y con ello ajusto al cambio requerido, debido a que se comprendió la necesidad de generar esas mejoras en la empresa y el involucramiento de todo el personal ayudó a generar un flujo constante de ideas que contribuyeron a la mejora continua, logrando una mayor competitividad en el mercado, lo cual ha generado un crecimiento económico en la organización.

Finalmente es necesario mencionar que debido a la escasa evidencia en la literatura sobre casos de éxito en MYPES, y específicamente de empresas con giro de materiales para construcción como bloqueras, se recomienda que la investigación adicional se contraste con la investigación actual, lo cual, ayudará a tener una perspectiva holística.

5. Referencias

- Bahena Q. M. (2006). Aplicación de la metodología seis sigma para mejorar la calidad y productividad de una planta de bebidas. Tesis de Maestría. México, Puebla: Universidad Iberoamericana.
- Boucly, F. (1999). Gestión de Mantenimiento. Madrid: AENOR.
- De-Mast, J. (2004), “A methodological comparison of three strategies for quality improvement”, *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 21 No. 2, pp. 198-213.
- Depestre, L. O. L., & Del-Centro, E. G. (2012). *Del Mantenimiento Correctivo al Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad*. Centro Azúcar, 39(3), 7-14.
- Domínguez, R. I. G., Amaya, P. P., López, R. R., Arredondo, R. D. M., Valdiviezo, I. C., & Sáenz, A. G. (2016). Reducción de costos en pequeñas y medianas empresas con un enfoque Seis Sigma: Revisión de Literatura. *CULCyT*, (57).
- Eckes, G., Cárdenas, N. J. (2006). *El Six Sigma para todos*. Colombia: Editorial Norma.
- Escalante, E. J. (2008). *Seis - Sigma. Metodología y Técnicas (1ra Ed.)*. México: Editorial Limusa.
- Folaron. J. (2003). "The Evolution of Six Sigma". *Six Sigma Forum Magazine*. Vol. 2, Issue 4.
- Gutiérrez, H. (2007). *Control estadístico de calidad y Seis Sigma*. México, D.F.: McGrawHillEducacion.
- Hemant, U. (2011). *Six Sigma para la excelencia empresarial: enfoque, herramientas y aplicaciones*. Pearson Education India.
- Kaushik, P., Khanduja, D., Mittal, K., & Jaglan, P. (2012). A case study: Application of Six Sigma methodology in a small and medium-sized manufacturing enterprise. *The TQM Journal*, 24(1), 4-16.
- Maleyeff, J., Arnheiter E., Venkateswaran, V. (2012). "The continuing evolution of lean Six Sigma". *The TQM Journal*. Vol. 24, Issue 6, DOI: 10.1108/17542731211270106.
- Nicolay, C. R., Purkayastha, S., Greenhalgh, A., Benn, J., Chaturvedi, S., Phillips, N., & Darzi, A. (2012). Systematic review of the application of quality improvement methodologies from the manufacturing industry to surgical healthcare. *British Journal of Surgery*, 99(3), 324-335.
- Pande, P. S., & Holpp, L. (2002). *¿Qué es seis sigma?* McGraw Hill.
- Pyzdek, T., & Keller, P. A. (2014). *The Six Sigma handbook (Vol. 4)*. New York: McGraw-Hill Education.

Sirvent, P., Mateu, J., Sagasta, P. S. (2006). Manual de control estadístico de calidad (3ra Ed.). España: Publicacions de la Univesitat Jaume I.

Thomas, A.J. and Antony, J. (2004), “Applying Shainin’s variable search methodology in aerospace applications”, *Journal of Assembly Automation*, Vol. 24 No. 2, pp. 184-91.

Timans, W., Antony, J., Ahaus, K., & Solingen, R. (2012). Implementation of Lean Six Sigma in small-and medium-sized manufacturing enterprises in the Netherlands. *Journal of the Operational Research Society*, 63(3), 339-353.

Organización del almacén de garantías de una empresa distribuidora automotriz de Ciudad Obregón

Organization of the warehouse of guarantees of an automotive distribution company of Obregon City

BELTRÁN-ESPARZA, Luz Elena†*, GONZÁLEZ-VALENZUELA, Elizabeth, FORNÉS-RIVERA, René Daniel y GODOY-BOJÓRQUEZ, Fabiola Berenice

Instituto Tecnológico de Sonora

ID 1^{er} Autor: *Luz Elena, Beltrán-Esparza* / ORC ID: 0000-0003-2755-812X, Researcher ID Thomson: G-5037-2018, arXiv Author ID: luzelena_beltran, CVU CONACYT ID: 276136

ID 1^{er} Coautor: *Elizabeth, González-Valenzuela* / ORC ID: 0000-0003-3774-5324, Researcher ID Thomson: G-5042-2018, arXiv Author ID: elizabeth_gonzalez_v, CVU CONACYT ID: 276316

ID 2^{do} Coautor: *René Daniel, Fornés-Rivera* / ORC ID: 0000-0002-7438-0056, Researcher ID Thomson: G-3906-2018, arXiv Author ID: rene_fornes, CVU CONACYT ID: 280435

ID 3^{er} Coautor: *Fabiola Berenice, Godoy-Bojórquez* / ORC ID: 0000-0003-3700-2598, arXiv Author ID: fabiola_godoy

DOI: 10.35429/JIE.2019.10.3.28.35

Recibido 12 de Octubre, 2019, Aceptado, 30 de Noviembre, 2019

Resumen

Este proyecto se realizó en el almacén de garantías de una empresa distribuidora automotriz en Ciudad Obregón, el cual presentaba la desorganización de piezas, archivos innecesarios, pisos obstruidos y falta de limpieza, provocando que se extendieran el tiempo de búsqueda de piezas y archivos. Por lo tanto, se estableció el objetivo de mejorar las condiciones de organización y limpieza del almacén a través de la filosofía 5'S. El procedimiento consistió en: describir el área bajo estudio; evaluar la situación inicial del almacén; capacitar al personal; elaboración de inventario de objetos del almacén; separación de objetos necesarios e innecesarios; posteriormente se asignó un lugar a cada objeto, en seguida se limpió el área y objetos del almacén; se elaboraron estándares de las actividades que se realizan en el almacén; se midió el nivel de cumplimiento de la filosofía 5'S y finalmente se evaluó la situación final del almacén. Inicialmente, la situación del almacén en cuanto criterios de 5'S tuvo un 16.47% de cumplimiento y una vez implementada la filosofía 5'S, se incrementó la calificación a 92.94%, por lo tanto, se logró el objetivo de este proyecto que era mejorar las condiciones de organización y limpieza del almacén.

Mejora, Organización, 5s

Abstract

This project was carried out in the warehouse of guarantees of an automotive distribution company in Obregon City, which presented the disorganization of parts, unnecessary files, clogged floors and lack of cleanliness, causing the time to search for parts and files to be extended. Therefore, the objective of improving the conditions of organization and cleanliness of the warehouse was established through the 5'S philosophy. The procedure consisted of: describing the area under study; evaluate the initial situation of the warehouse; train the staff; elaboration of inventory of warehouse objects; separation of necessary and unnecessary objects; subsequently a place was assigned to each object, then the area and objects of the store were cleaned; standards were developed for the activities carried out in the warehouse; the level of compliance with the 5'S philosophy was measured and finally the final warehouse situation was evaluated. Initially, the situation of the warehouse as criteria of 5'S had a 16.47% compliance and once implemented the philosophy 5'S, the rating was increased to 92.94%, therefore, the objective of this project was achieved that was to improve the conditions of organization and cleaning of the warehouse.

Improvement, Organization, 5s

Citación: BELTRÁN-ESPARZA, Luz Elena, GONZÁLEZ-VALENZUELA, Elizabeth, FORNÉS-RIVERA, René Daniel y GODOY-BOJÓRQUEZ, Fabiola Berenice. Organización del almacén de garantías de una empresa distribuidora automotriz de Ciudad Obregón. Revista de Ingeniería Industrial. 2019 3-10: 28-35

* Correspondencia del Autor (Correo electrónico: luzelena.beltran@itson.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

En las últimas décadas, México ha llamado la atención de los principales actores del sector automotriz debido al crecimiento sostenido en la producción de vehículos y autopartes, así como la fortaleza y las perspectivas de crecimiento de su mercado interno. Hoy la industria automotriz mexicana vuelve a ser centro de atención en la escena global, debido a que vive un proceso de transición de un perfil orientado principalmente a la manufactura, a uno en el que la innovación y el diseño juegan un papel preponderante (Pro México, 2016).

La empresa donde se realizó el estudio es una agencia automotriz que busca la satisfacción de sus clientes, la cual ofrece servicios integrales de calidad como la venta de automóviles, refacciones, mantenimiento automotriz, y compra-venta de automóviles seminuevos y esta comprometida ampliamente en la mejora continua para el logro de la excelencia. Este proyecto se realizó en el almacén de garantías de una empresa distribuidora automotriz en Ciudad Obregón, aquí se procesa toda aquella documentación correspondiente al reclamo de garantía, para que este dinero se reembolse a la organización. También se almacena las piezas de garantía durante un tiempo determinado. Esta área presentaba la desorganización de piezas, archivos innecesarios, pisos obstruidos y falta de limpieza, provocando que se extendiera el tiempo de búsqueda de piezas y archivos.

El almacén de garantías se encuentra situado dentro del taller mecánico, en el existen dos estantes uno es especial para piezas grandes y para piezas tipo campaña, el otro es para piezas regulares y en él se encuentra clasificada cada columna con una etiqueta donde indica que tanto tiempo tiene esa pieza almacenada para llevar el control de almacenamiento como se observa en la figura 1.

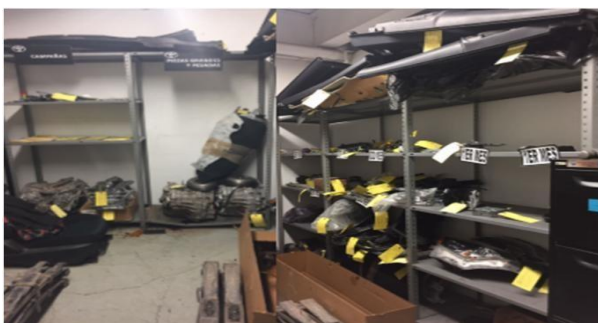


Figura 1 Estantería de almacén de garantías

En el almacén además de los estantes, también se tiene un archivo colgante y un archivero, el cual se encuentra clasificado según el tipo de auto y el año que éste sea, como se puede observar en la figura 2.



Figura 2 Archivero colgante de almacén de garantías

Durante la visita en el almacén se logró observar que no existe un orden específico para cada objeto, lo que ocasiona que al momento de buscar un artículo esto se dificulta y se toman tiempos extensos para encontrarlo, además si no se tiene un manejo adecuado para las piezas al momento de una auditoría y no se encuentran las piezas que se solicitan no se puede evidenciar que se realizó ese reclamo de garantía, por otro lado se observó que existen pasillos obstruidos y falta de limpieza por piezas que se encuentran en el suelo, por lo que esto puede ocasionar algún accidente.

Planteamiento del problema

En el almacén de garantías según la información proporcionada por el responsable del mismo, establece que existen diferentes tipos de piezas las cuales si no se tiene un manejo correcto de ellas y las piezas no se encuentran en el lugar correspondiente o se destruyen antes de tiempo, no se comprueba que esta pieza realmente fue cambiada como garantía al momento de una auditoría externa. También la falta de organización del almacén hace que los dos tipos de procesos el de almacenaje de piezas y almacenaje de archivo, no se realicen en tiempos óptimos. Cabe mencionar que la desorganización del almacén puede causar accidentes con las personas que interactúan con él al momento de almacenaje de piezas o destrucción de las mismas. Por lo tanto, se plantea la siguiente pregunta :

¿Cuáles son las actividades que logran establecer la organización y la limpieza del almacén de garantías?

Objetivo

Implementar la filosofía 5's en el almacén de garantías de la agencia automotriz para mejorar la organización y limpieza en él.

Justificación

La implementación del proyecto al almacén de garantías tiene diferentes beneficios, uno de ellos es la búsqueda eficaz de piezas y archivos solicitados al momento de alguna auditoria, ya que al tener organizado el almacén se encuentran fácilmente las piezas que se desean encontrar, esto generando reducción de tiempos para estas actividades. También un lugar limpio y ordenado ofrecerá mayor seguridad en el área bajo estudio.

Los beneficiarios de este proyecto son el personal que interactúa en dicha área, ya que facilitará sus actividades y estarán en un ambiente seguro. También los dueños de la agencia ya que en ellos recae todo aquello que pueda afectar la mala organización del almacén de garantías.

Metodología

Para establecer las actividades a realizar se tomaron como base a los autores Gutiérrez Pulido (2014) y Socconini (2008), las cuales se describen a continuación:

1. Describir el área bajo estudio

Se realizó un recorrido por las instalaciones del almacén de garantías con ayuda de la responsable del área, con el fin de conocer las áreas que lo conforman. Una vez terminado el recorrido, se elaboró un documento con la distribución de planta del almacén donde se describe cada una de sus áreas.

2. Evaluar la situación inicial del almacén

Para determinar la situación inicial del almacén se elaboró una lista de verificación 5's, que considera las categorías relativas a la metodología del programa 5's (seleccionar, organizar, limpiar, estandarizar y disciplina), una vez elaborada la lista de verificación 5's se aplicó y se procesó la información, plasmando los resultados a través de gráficos, mostrando la comparación que existe entre la situación ideal contra la real.

3. Capacitar al personal

Este paso consistió en realizar por medio de una exposición, la explicación de la filosofía 5'S, para que el personal del almacén de garantías, estuviera preparado para participar en el desarrollo del proyecto. Primero se creó una presentación en Power Point, esta se imprimió como material de la exposición, también se elaboró un folleto y un cartel con la información más relevante acerca de las 5'S. Una vez creados los materiales se hizo un programa de capacitación con ayuda de la encargada de garantías.

4. Elaborar inventario de objetos en el almacén

Para determinar la cantidad de objetos, se localizaron cada una de las piezas que se encontraban en él, por medio de un inventario de objetos.

Se elaboró un formato para recolectar información necesaria de todos los objetos encontrados, con el fin de saber cantidades de producto que se encuentra en área bajo estudio.

5. Separar los objetos necesarios de los innecesarios

Se seleccionaron todos aquellos objetos en el almacén que no deben estar ahí, se diseñó un formato de tarjeta roja para posteriormente identificar cada objeto innecesario. Una vez terminada la selección todos estos objetos, se movieron a un área de cuarentena. Ahí se aplicaron criterios de selección previamente establecidos para tomar la decisión final de lo que se hará con ese objeto: si se donará, reasignará de área o permanecerá en ella.

6. Asignar un lugar a cada objeto

Para asignar un lugar a cada objeto seleccionado, se tomó en cuenta la opinión de la encargada del almacén de garantías para establecer los lugares y las cercanía y lejanías de cada tipos de objetos estratificados.

También se elaboraron ayudas visuales con el fin de designar que elementos se colocarían en cada estante utilizando el lema de la s correspondiente: mantener un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar.

7. Limpiar el almacén y sus objetos

Se elaboró un programa de limpieza donde se especificó los siguientes elementos: área a limpiar, actividad, responsable y frecuencia con la que se hará dicha limpieza, posteriormente se elaboró una bitácora de cumplimiento con el fin de que esta se realice y se logre fortalecer la cultura de trabajo.

8. Elaborar estándares de las actividades del almacén

En esta etapa se definieron las formas de estandarizar las actividades del almacén y fomentar la uniformidad de las mismas. Se realizaron dos procedimientos operativos estándar (SOP) de las actividades que se desarrollan en el almacén de garantías, las cuales son “destrucción de garantías” y “archivo documentos de garantías”, todo esto para que no exista variabilidad en las actividades y no genere la desorganización del almacén, dichos procedimientos operativos se coloraron en las paredes del mismo.

9. Medir el nivel de cumplimiento de la filosofía 5's

Para medir el cumplimiento del avance de cada s implementada se planeo la aplicación de auditorias de 5s durante la ejecución del proyecto. Cada una de ellas programada en el plan propuesto con los elementos siguientes objetivo, alcance, proceso, documentos, auditor, responsable del proceso, fecha y hora.

Utilizando las listas de verificación diseñadas para la primera actividad, se realizaron auditorias sin previo aviso en el área de almacén de garantías para verificar que se está cumpliendo con el objetivo de mantener organizado y limpio el almacén. Se colocó un tablero de control donde se podía observar la evolución de cada auditoria con sus respectivos resultados.

10. Evaluar la situación final del almacén

Realizados los pasos anteriores, finalmente se aplicó nuevamente la lista de verificación utilizada en la evaluación inicial, con el fin de comparar resultados finales con la situación inicial.

Esto se utilizará para establecer un comparativo entre el porcentaje de cumplimiento de 5s inicial con el porcentaje de cumplimiento de 5s final, y estableciendo el porcentaje de mejora que tendrá el almacén con la implementación de la filosofía 5'S.

Resultados

1.Describir el área bajo estudio

Se realizó un recorrido por el almacén de garantías el cual fue guiado por la encargada, quien mostro cada una de las áreas que existen en él y se elaboró un croquis del almacén como se observa en la figura 3.

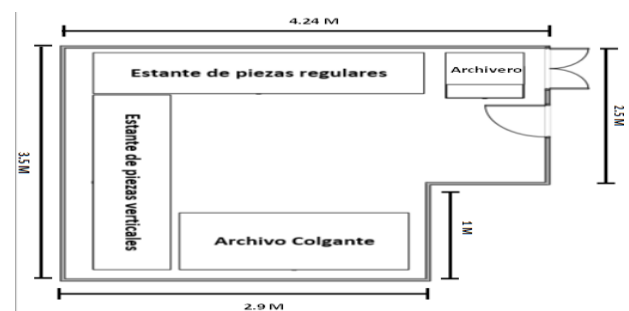


Figura 3 Croquis del almacén

Como se muestra en la figura anterior, en el almacén de garantías se encuentran dos tipos de estantes el de piezas verticales y piezas regulares en ellos se encuentran piezas de tipo campaña y regular, además cuenta con dos archiveros uno colgante y uno regular los cuales tienen los expedientes de cada cliente que ha reclamado la garantía o campaña de su automóvil.

2. Evaluación de la situación inicial del almacén

Se aplicó la lista de verificación en relación a las 5'S en el almacén de garantías, con el fin de evaluar la situación inicial, donde se obtuvieron los resultados que se muestran a continuación en la figura 4.

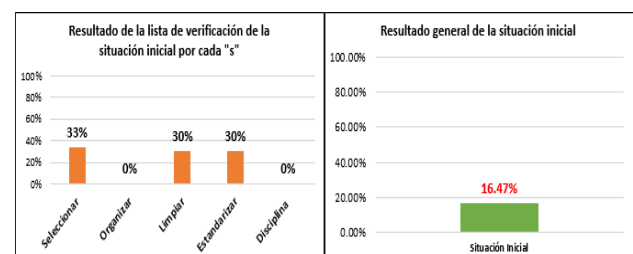


Figura 4 Resultados de la lista de verificación 5'S del almacén

En la figura anterior, se puede observar que el porcentaje de cumplimiento general de un 100% deseado, el almacén cuenta con tan solo el 16.47%. Por otro lado los resultados que se obtuvieron para cada “S” teniendo en cuenta que el ideal es del 100% , los resultados fueron los siguientes: seleccionar 33%, limpiar 30%, estandarizar 30% mientras que organizar y disciplina obtuvieron un 0%.

3. Capacitación al personal

Se elaboró un documento con la presentación en Power Point, un folleto y un cartel, con información relacionada de las 5’S, posteriormente esta se presentó al personal como se ve en la figura 5.

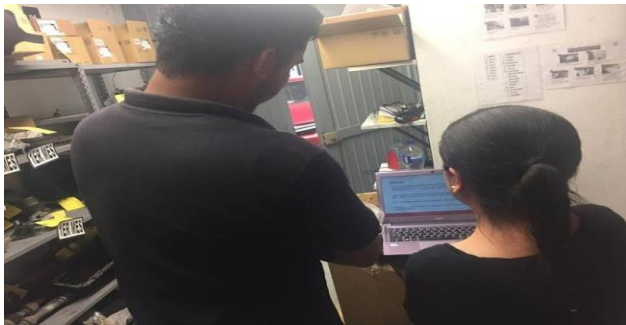


Figura 5 Capacitación al personal

Como se observa en la figura la capacitación se realizó con el fin de que los empleados conocieran acerca de la filosofía 5’S y ellos pudieran apoyar en el proyecto y se involucren en él, ya que ellos son los que tienen relación con el área.

También para complementar la presentación se les dio a los capacitados un tríptico con la información más relevante de la filosofía 5’S y se colocó un cartel en el almacén de la misma, el programa de dicha capacitación, donde se especifica la persona a capacitar, tema, fecha y hora.

4. Elaboración de inventario de objetos en el almacén

Se determinó el número de objetos existentes en el almacén de garantías, se elaboró una tabla el cual contiene la clasificación del objeto, nombre del objeto y cantidad, y de manera resumida a continuación en la tabla 1.

Piezas		Papelería		Archivo Colgante		Material de Destrucción	
Nombre de pieza	# de piezas	Nombre de Objeto	# de Objetos	Nombre de carpeta	# de carpeta	Nombre de Objeto	# de objetos
Sensor de presión	1	Pluma	2	Avanza	4	Martillo	1
Terminal de batería	4	Marcador	1	Camry	300	Cuter	1
Sensor de oxígeno	3	Caja de hojas	1	Corolla	259		
Actuadores / Cerraduras	1	Caja de carpetas	3	Fj cruiser	20		
Guantera	1	Cinta	1	Hilux	80		
Visera	1	Tijeras	1	Hish	60		
Estantería para piezas	4						
Total de objetos por sección	128		12		1684		2
Total de Objetos en el almacén de garantías = 1826 Objetos							

Tabla 1 Inventario de objetos del almacén de garantías

Se elaboró la tabla anterior con el fin de tener un control acerca de todo lo que se encontraba en el almacén de cada clasificación se obtuvo 128 piezas, 12 objetos de papelería, 1684 archivos y 2 materiales de destrucción, todo esto con el fin de realizar la aplicación de la primera “s”.

5. Separación de objetos necesarios de los innecesarios

Se diseñó un formato de tarjeta roja, para la selección de todos aquellos objetos que no se necesitaban, ni tenían que estar en el almacén como se muestra en la tabla 2.

	Nº pieza	Nº Papelería	Nº Archivo Colgante	Nº Material de destrucción
Antes de la separación	128	12	1684	2
	1826 Objetos			
Después de la separación	90	12	1025	2
	1129 Objetos			

Tabla 2 Cantidad de objetos antes y después de la separación de objetos innecesarios

Una vez hecha la separación con la utilización de la tarjeta roja y los criterios de selección correspondientes, se separaron 671 piezas (38.17% menos piezas en el almacén) estos eran objetos innecesarios, obsoletos, que se tienen que donar y otros que no debían de seguir en el almacén.

6. Asignación de un lugar a cada objeto

Se preparó cada una de las áreas del almacén, para posteriormente asignar un lugar a cada objeto en el almacén como se muestra a continuación, ver figura 6.



Figura 6 Etiquetas de tipo de objetos en el almacén

Se asignó un lugar a cada objeto para que todos los elementos del almacén estuvieran en su lugar y así tener un lugar organizado.

7. Limpieza en el almacén y sus objetos

Se creó un programa de limpieza con el fin de mantener limpio el almacén de manera constante, asignando actividades diarias y semanales como se muestra en la tabla 3.

Área	Limpiar	Actividad	Responsable	Frecuencia
Almacén de Garantías	Piso	Barrer y trapear el piso, hasta que el piso quede limpio. Materiales: Escoba, recogedor y trapeador	Auxiliar de limpieza	Diario
	Estantería	Limpiar estantería con un trapo húmedo, hasta desaparecer polvo y otros residuos. Materiales: Trapo	Encargado del área	Lunes: Área verde. Miércoles: Área azul Viernes: Área Naranja. Nota: Guiarse del Mapa 5's
	Piezas	Sacudir y limpiar piezas con un trapo, hasta desaparecer polvo y otros residuos. Materiales: Trapo	Encargado de área	Mensual

Tabla 3 Programa de limpieza del almacén

El programa de limpieza muestra el área que tiene que limpiarse, cómo debe de hacerse y los materiales a utilizar, el responsable de su realización y la frecuencia. Además se creó un croquis, donde muestra con colores las diferentes áreas de estantería.

8. Elaboración de estándares de las actividades que se realizan en el almacén

Se elaboraron dos SOP (Procedimiento de operación estandarizado) para las actividades de destrucción de garantías y de archivar documentos de garantías. El resultado que se obtuvo fue que se estandarizaron las actividades, para que no solo la encargada del área sea la única que conozca del procedimiento de estas actividades, ya que en ciertos lapsos de tiempo cuenta con practicantes y estos tienen que realizar estas actividades como puede observarse en la figura 7.



Figura 7 Procedimiento de operación estándar de destrucción de piezas de garantía

Como se muestra en la figura se puede apreciar que se tiene paso a paso las actividades que se tienen que realizar en este caso la destrucción de garantías, también se archiva la documentación de garantías.

9. Medición del nivel de cumplimiento de la filosofía 5'S

Se colocó un tablero de control dentro del almacén de garantías, el cual consiste en auditoria semanal como se muestra en la figura 8.

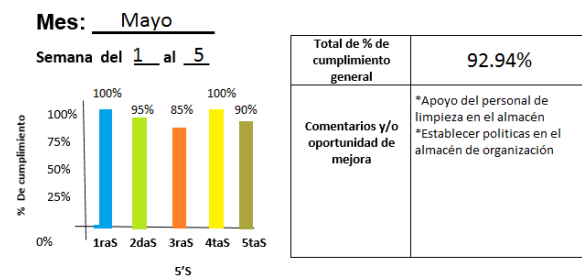


Figura 8 Tablero de control de auditorías del almacén de garantías

Cada auditoria que se realizó con la lista de verificación que se utilizó para evaluar la situación inicial y la final. Se propuso seguir con el plan de auditoria semanal, para llenar el tablero de control, y darle seguimiento de las 5'S, ya que de esta manera se puede detectar área de oportunidad analizando las gráficas.

10. Evaluación de la situación final del almacén

En esta última actividad se volvió a evaluar la situación del almacén, con la misma lista de verificación, el resultado que se obtuvo fue favorable ya que la situación inicial era del 16.47 % de cumplimiento, aplicando las 5'S se obtuvo como resultado final un 92.94% de cumplimiento como se muestra en la figura 9.

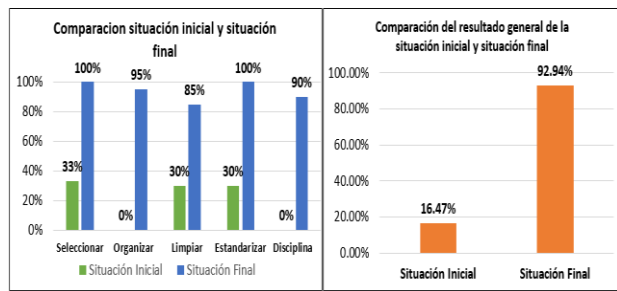


Figura 9 Comparación de la evaluación inicial y final del almacén de garantías

Como logra observarse en la figura 9 se obtuvo un 100% en la primera s y cuarta s, mientras que la segunda's, tercera's y quinta's si elevaron su porcentaje en comparación de la situación inicial pero no lograron el 100%, teniendo como resultado un 95%, 85% y 90% respectivamente. Por eso es importante aplicar la mejora continua, para así lograr que el almacén se encuentre en la situación ideal.

Conclusiones

El proyecto se llevó a cabo en el almacén de garantías el cual no estaba organizado y limpio, provocando que las actividades que se realizan en el fueran ineficientes y los objetos que se encuentran almacenados no estuvieran colocados en su lugar.

La implementación de la filosofía 5'S, ayudó a cumplir con el objetivo del proyecto, ya que la aplicación de esta herramienta generó organización y limpieza, inicialmente se obtuvo un porcentaje de cumplimiento de 16.47% y finalmente se incrementó aplicando la filosofía 5'S a un 92.94%. Después de haber implementado la filosofía 5'S las condiciones del almacén cambiaron ya que se organizó y limpio, se pudo observar que la encargada del área realiza con comodidad y rapidez las actividades que se realizan en el almacén.

Gracias a la participación del personal que tienen relación con el almacén se pudo implementar la filosofía 5'S, ya que se les capacitó con el objetivo de que comprendieran acerca del tema, y así desarrollen esta cultura de mantener organizado el almacén donde se trabaja diariamente. Es de gran importancia que un lugar de trabajo se encuentre organizado y limpio ya que esto genera no solo un lugar eficiente y seguro para las personas que interactúan en él, sino también trasmite confianza y un buen ambiente de trabajo.

Referencias

- Alcalde, S. M. (2007). *Calidad*. España: Ediciones Paraninfo. S.A.
- Anaya, J. (2008). *Almacenes: Análisis, diseño y organización*. España: ESIC.
- Anaya, T. J. (2011). *Logística integral*. México: ESIC EDITORIAL.
- Baqui automotriz S. de R.L. de S.V. BAQUI AUTOMOTRIZ (Enero de 2016). Ciudad Obregón, Sonora, México.
- Camurdi México. (2013). *Las cifras de la industria automotriz en México*. Obtenido de <https://www.carmudi.com.mx/journal/las-cifras-de-la-industria-automotriz-en-mexico/>
- Charantimath, P. (2011). *Total Quality Management*. India: Dorling Kindersley.
- Cruz, L. (2007). *Compras un enfoque estratégico*. México DF: Mc Graw Hill.
- Cuatrecasas, L. A. (2010). *ORGANIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y DIRECCIÓN DE OPERACIONES*. Madrid, España: Ediciones Días de Santos, S.A.
- Debate México. (2017). *Ranking: los autos mas vendidos en México en el 2017*. Obtenido de <https://www.debate.com.mx/economia/Ranking-Los-autos-mas-vendidos-de-Mexico-en-2017--20170606-0155.html>
- De la fuente, D. Parreño, J. Fernández, I. Pino, R. Gómez, A. y Puente, J. (2008). *Ingeniería de organización en la empresa: dirección de operaciones*. España Universidad de Oviedo.
- Escudero, S. M. (2014). *Logística de ALMACENAMIENTO*. España: Ediciones Paraninfo, SA.
- Encargada de garantías. (30 de Enero de 2017). *Almacen de garantías*. (Godoy. B, Entrevistador)
- García C. R. (2005). *Estudio del trabajo: ingeniería de métodos y medición del trabajo (Vol. 2)*. México: McGraw-Hill Interamericana
- Gutiérrez, P. H. (2010). *Calidad total y productividad*. MCGRAWHILL INTERAMERICANA EDITORES S.A DE C.V.

Gutiérrez P, H. (2014). CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD. Mexico: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

Hirano, I. (1997). 5 S's para todos: 5 pilares de las fábricas visuales. Editorial Norma.

Imai, M. (2006). ¿What is Total Flow Management under Kaizen focus?, (págs. 4-6). Barcelona, España.

Imai, M. (2012). Gemba Kaizen. United States: McGraw-Hill.

Lefcovich, L. (2003). Lean Management. Editorial Profit.

J., P. (2011). Aspectos a considerar para una buena gestion en los almacenes de las empresa (Centros de Distribución, CEDIS). En P. J., Aspectos a considerar para una buena gestion en los almacenes de las empresa (Centros de Distribución, CEDIS) (págs. 83-96).

Kapoor, S. y Kansal, P. (2003). Basics of distribution management: a logical approach. India: Prentice Hall of Indian Private Limited. Recuperado de: <https://books.google.com.mx/books?id=5fOPkttS0KcC&pg=RA1-PA156&dq=warehouse+functions&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjP7dqT9NPMAhUEzWMKHdNQCAyQ6AEINDAD#v=onepage&q=warehouse%20functions&f=false>

La industria Automotriz Mexicana. (2016). Obtenido de Pro México www.promexico.mx/documentos/biblioteca/la-industria-automotriz-mexicana.pdf

López, J. H. (2013). + PRODUCTIVIDAD. Estados Unidos de América.

Orozco, N. M. (27 de Agosto de 2017). Forbes México. Recuperado de <https://www.forbes.com.mx/los-10-paises-con-mayor-produccion-de-autos-en-el-mundo/#gs.ax1HZhk>

Ortiz, C. P. (2010). Controles Visuales: Aplicación de Gestión Visual de la fábrica. CRC Press.

Pérez O, I. J. (24 de Marzo de 2014). INGENIERÍA DE PROCESOS. (U. T. Juárez, Ed.) CASOS PRÁCTICOS, 101.

Rubio F, J. (2012). Gestión de pedidos y stock. San cristán, F. (2005) Las 5S's orden y limpieza en el puesto de trabajo. Fundación Confemental.

Silva, O. O. (2007). Planificación Eficiente Y Tangible PET. Caracas: Lulu.

Socconini, L. (2008). MANUFACTURING. Tlalnepantla, Estado de México, México. : Norma Ediciones, S.A. de C.V.

Suarez B, M. (2009). El Kaizen – GP. México City: Editorial Miguel Ángel Porrúa. Técnicas, I. u. (2009). qualitasbiblo. Obtenido de Google: <https://qualitasbiblo.files.wordpress.com/2013/01/libro-herramientas-para-la-mejora-de-la-calidad-curso-unit.pdf>

Tompkins, J. White, J. Bozer, Y. y Tanchoco, J. (2010). Facilities planning, United States: John Wiley & Sons, Inc. Recuperado de: <https://books.google.com.mx/books?id=-xBIq6Qm2SQC&pg=PA389&dq=warehouse+functions&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjP7dqT9NPMAhUEzWMKHdNQCAyQ6AEIKjAC#v=onepage&q&f=false>

Trujillo, A., Carrete, L., Vera, J., & López, S. (2011). Servir con calidad: ECOE Ediciones. Vicencio, M. A. (2007). La industria automotriz mexicana. Contaduría y administración(221), 37. Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/395/39522110.pdf>

Villaseñor, A. y Galindo, E. (2007). Manual de Lean Manufacturing Guía Básica. México: Editorial LIMUSA

Villaseñor, A., & Galindo, E. (2007). Conceptos y reglas de Lean Manufacturing. México: Limusa.

Análisis de los factores de productividad, desperdicio y confiabilidad de los equipos, al implementar TPM en una empresa del sector automotriz

Analysis of the factors of productivity, waste and reliability of the equipment, when implementing TPM in a company of the automotive sector

LANDEROS-CORREA, Carmen^{†*}, CHIHUAQUE-ALCANTAR, Jesús, MELESIO-MORENO, Ma. Guadalupe y GALVÁN-GARCÍA, María Isabel

Universidad Politécnica de Guanajuato, Ingeniería Automotriz

ID 1^{er} Autor: *Carmen, Landeros-Correa* / ORC ID: 0000-0002-7896-0613, CVU CONACYT ID: 328162

ID 1^{er} Coautor: *Jesús, Chihuahue-Alcantar* / ORC ID: 0000-0002-6718-6909, CVU CONACYT ID: 48887

ID 2^{do} Coautor: *Ma. Guadalupe, Melesio-Moreno* / ORC ID: 0000-0002-1346-1186

ID 3^{er} Coautor: *María Isabel, Galván-García* / ORC ID: 0000-0003-0086-6739

DOI: 10.35429/JIE.2019.10.3.36.45

Recibido 19 de Octubre, 2019, Aceptado, 04 de Diciembre, 2019

Resumen

El mantenimiento productivo total (TPM), es una de las prácticas más usadas por las empresas automotrices, para incrementar su productividad, motivo por el cual se realiza esta investigación en una empresa automotriz validando este supuesto, a través de la implementación del TPM en una línea productiva y determinando mediante un diseño de experimento, si el TPM afecta o no de manera significativa a los indicadores de eficiencia, desperdicio, confiabilidad de los equipos, debido a que estos indicadores son importantes para la productividad de la empresa. Con dicho análisis se logró demostrar, para este caso en particular, que la herramienta de TPM contribuye en la mejora de dos de los indicadores. Aunque esta conclusión aplica para la empresa y la línea en la cual fue aplicado dicho análisis, en las condiciones en las cuales fue evaluada la herramienta; para que ésta sea más general, se tiene que evaluar en otras empresas y comparar el comportamiento de dicha herramienta en cada una de ellas.

TPM, Mejora, Diseño de experimentos

Abstract

Total productive maintenance (TPM), is one of the practices most used by automotive companies, to increase their productivity, which is why this research is carried out in an automotive company validating this assumption, with the implementation of the TPM in a productive line and determining by means of an experiment design, if the TPM does not significantly affect the indicators of efficiency, waste, reliability of the equipment, because these indicators are important for the productivity of the company. With this analysis it was possible to demonstrate, for this particular case, that the MPR tool does help improve two of the indicators, although this conclusion only applies to this company and the line in which said analysis was applied, under the conditions in which was evaluated the tool, so that this conclusion is more general, it has to be evaluated in other companies and to be able to make the comparison of the behavior in each of them.

TPM, Improvement, Experiment design

Citación: LANDEROS-CORREA, Carmen, CHIHUAQUE-ALCANTAR, Jesús, MELESIO-MORENO, Ma. Guadalupe y GALVÁN-GARCÍA, María Isabel. Análisis de los factores de productividad, desperdicio y confiabilidad de los equipos, al implementar TPM en una empresa del sector automotriz. Revista de Ingeniería Industrial. 2019 3-10: 36-45

* Correspondencia del Autor (Correo electrónico: clanderos@upgto.edu.mx)

† Investigadora contribuyendo como primer autor.

Introducción

En el documento denominado “Conociendo la industria automotriz” se presentan los indicadores más importantes de una de las industrias con mayor relevancia en el país.

La industria automotriz en México aportó 3.7% del PIB nacional y 20.2% del PIB manufacturero en 2017. México es el 4° exportador mundial de productos de la industria automotriz. (INEGI, AMIA, 2018, párr. 5)

El progreso industrial no significa inversiones en nuevas máquinas o tecnologías, sino que es primordial utilizar lo existente de forma eficaz, donde se establezca un servicio de producción eficiente, seguro y económico con los equipos industriales. (Pinto, 2010)

De la importancia que ésta industria tiene en el país, se deriva la inminente necesidad de aplicar herramientas que contribuyan a la productividad de la misma, siendo el TPM una de estas herramientas que ayuda a contribuir en este indicador.

Es así que, el concepto de TPM fue introducido en 1971, por los japoneses quienes lo desarrollaron después de la segunda guerra mundial donde llegaron a la conclusión que debían mejorar la calidad de sus productos; es por esta razón, que se basaron en las técnicas de gestión y fabricación provenientes de EEUU y las adaptaron a sus propias circunstancias. (Partida, 2012).

El TPM es altamente eficaz en aquellas empresas que cuentan con operaciones automáticas y secuenciales (empresas intensivas en el uso de maquinaria), y no requieren grandes inversiones económicas para lograr el aprovechamiento de las instalaciones existentes. (García, 2011)

En el documento “Importancia del mantenimiento productivo total en la automatización de procesos” menciona que [...] El TPM contiene los siguientes puntos importantes

1. Tiene como objetivo el uso más eficiente del equipo (mejora de la eficiencia global).

2. Establece un sistema de mantenimiento productivo en toda la empresa para la vida entera del equipo. Incluye prevención del mantenimiento relacionado con mejoras.

3. Promociona y lleva a cabo mantenimiento productivo a través de la gestión de la motivación basada en actividades autónomas en grupos pequeños. (Calvo, Lago, 2004, p. 2)

El objetivo de esta investigación consiste en analizar los factores que impactan al implementar la metodología de TPM (Mantenimiento Productivo Total) mediante una investigación de tipo cuantitativa con diseño de experimentos que nos permita comparar el efecto de dicho experimento.

En los últimos años, la aplicación del diseño experimental ha florecido notablemente debido al reconocimiento que los experimentos diseñados son esenciales para la mejora de la calidad de productos y servicios. (Napolitano, sf) Se entiende el “Diseño de Experimentos como una metodología para aplicar sistemáticamente la estadística al proceso de experimentación”. Más técnicamente, consiste en realizar una serie de pruebas en las que se inducen cambios deliberados en las variables de un proceso de manera que es posible observar e identificar las causas de los cambios en la respuesta de salida elegida. (Tanco, Viles, Pozuela. 2009)

Con la implementación del TPM en la línea 3 se quiere probar si existe un efecto o no, en los indicadores de productividad, desperdicio y confiabilidad, para lo cual usaremos un diseño de experimentos completamente al azar.

El diseño completamente al azar es el más sencillo de los diseños de experimentos que tratan de comparar dos o más tratamientos, puesto que solo considera dos fuentes de variabilidad: los tratamientos y el error aleatorio. (Yepes, 2013, párr. 1)

Se utiliza el análisis de varianza (ANOVA) para comprobar si existen diferencias en las medias. Fundamentalmente este análisis consiste en separar la contribución de cada fuente de variación en la variación total observada. (Yepes, 2013, párr. 6).

Metodología

El estudio es de corte cuantitativo, ya que se usará para el análisis las magnitudes numéricas de los indicadores, productividad, desperdicio y confiabilidad.

Así también, la investigación es experimental debido a que se manipula la variable de implementación de TPM, que para ello usaremos un diseño completamente al azar.

El estudio se aplicó en la línea 3 de una empresa dedicada a realizar pistones y módulos de potencia para la industria automotriz.

Para ello, se usará el cálculo de la productividad en la línea. En general, la productividad se mide por el coeficiente formado por los resultados logrados y los recursos empleados. Los resultados logrados pueden medirse en unidades producidas, en piezas vendidas o en utilidades, mientras que los recursos empleados pueden cuantificarse por número de trabajadores, tiempo total empleado, horas máquina, etc.

Productividad “Es el resultado final de un complejo proceso social, compuesto por ciencia, investigación y desarrollo, educación, tecnología, dirección de empresa, medios de producción y organización de trabajadores.” (Kurosawa, 1983)

Productividad: mejoramiento continuo del sistema
Más que producir rápido, se trata de producir mejor
Productividad = Eficiencia x eficacia

$$\frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Tiempo total}} = \frac{\text{Tiempo útil}}{\text{Tiempo total}} \times \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Tiempo útil}}$$

Eficiencia =50%

Eficacia =80%

50% del tiempo se desperdicia en:

- Programación
- Paros no programados
- Desbalanceo de capacidades
- Mantenimiento y reparaciones

- De 100 unidades 80 están libres de defectos
- 20 tuvieron algún tipo de defecto

Figura 1 La productividad y sus componentes

Fuente: Pulido, 2010

En la figura 1, se muestran los componentes de la productividad y se ejemplifica la definición de eficacia y eficiencia midiendo los recursos empleados a través del tiempo total y los resultados mediante la cantidad de productos generados en buenas condiciones.

Según una encuesta aplicada en los sectores metalmeccánico, calzado, muebles, textil y confección en México (Giral et al., 1998), la eficiencia promedio detectada fue de 50%, es decir, en estos sectores se desperdiciaba la mitad del tiempo, en promedio, en aspectos inherentes a fallas de planeación y organización de la producción, principalmente. (Gutiérrez, 2010)

Existen muchos métodos para la medición de la productividad dependiendo de las variables que podemos calcular en planta.

Algunos métodos utilizados para la medición de productividad son los que se muestra en la tabla 1.

Método	Nivel de aplicación	Medición
BLS	Nacional Rama Empresa	$P = \frac{\text{índice de producto}}{\text{índice de insumo laboral}}$
Earl Burch Jr.	Rama Empresa	$PT = \frac{\text{Valor bruto de la producción}}{MO + CAP + GI + MAT}$
OIT	Nacional Rama Empresa	$PN = \frac{\text{producto Interno Bruto}}{\text{Población Econ. Activa}}$
Enrique Hernández Láos	Nacional Empresa	$\text{productividad} = \frac{\text{producto obtenido}}{\text{trabajo} + \text{capital}}$

Tabla 1 Productividad y sus componentes

Fuente: Recuperado de www.geocities.com/unamos/apuntes_2000/apuntes/seminariodelIPN.doc

Uno de los indicadores más utilizados en las empresas de clase mundial para medir la productividad es el OEE, ya que con este indicador se engloba la disponibilidad por el rendimiento y por la calidad.

OEE= Producción real/Máxima producción teórica.

OEE= Tasa de Disponibilidad x Tasa de Rendimiento x Tasa de Calidad.

Tasa de Disponibilidad – La proporción del tiempo de producción real y el tiempo de producción planificado. Todas las detenciones planificadas e interrupciones reducirán la tasa de disponibilidad, incluyendo los tiempos de preparación, mantenimiento preventivo, averías y falta de operarios.

El único tiempo que usted puede elegir para deducirlo de la tasa de disponibilidad es la falta de pedidos.

Tasa de Rendimiento – Pérdida de producción debido a la subutilización de la maquinaria. En otras palabras, se incurre en pérdidas cuando el equipo no está funcionando a toda velocidad. Las detenciones breves, no registradas también pueden afectar la tasa de rendimiento.

Tasa de Calidad – La cantidad de producción que tiene que ser eliminada o desechada. (Olofsson, 2013)

Desperdicio – Es todo aquello que no agrega valor a un producto o servicio para los clientes, pérdida o despilfarro, en este contexto, es toda mal utilización de los recursos. Si bien no es una situación deseable, las operaciones producen partes que ya no se pueden utilizar (scrap). Además, existe la necesidad de repetir éstas, una o varias veces, por la parte no se produjo al primer intento dentro de las especificaciones establecidas; a esto se le denomina retrabajo.

El desperdicio y el retrabajo ocasionan el uso ineficiente y derrochador de los recursos de las instalaciones. Debe hacerse todo para eliminar este desperdicio. Sin embargo, en tanto la planta tiene que vérselas con el desperdicio y el re-trabajo, o es posible ignorar la demanda que ejercen de tiempo de producción. (Meyer y Stephens, 2006).

Los departamentos de calidad y de producción tienen datos históricos que indican el nivel de retrabajos y desperdicio de cada operación. Para determinar la tasa de la planta, o el tiempo de procesamiento, en los cálculos debe incluirse la tasa de desperdicio y de retrabajo. Además, también es prudente agregar en esos cálculos las partes de refacción o de remplazo que se necesita. (Meyer y Stephens, 2006).

Con los datos obtenidos se calcula el índice de desperdicio quedando como fórmula general la siguiente:

$$I = \frac{\text{Salidas}}{(1-\% \text{ de desperdicio } 1) \dots (1-\% \text{ de desperdicio } n)} \quad (1)$$

Fuente: Meyer y Stephens, 2006

Con este indicador se evaluará la parte de desperdicio en nuestro análisis. Confiabilidad.

Para tener claro el horizonte, en lo referente al cálculo; se debe conocer con certeza el concepto de confiabilidad, la cual se puede definir de la siguiente manera: Es la probabilidad de que un sistema, activo o componente lleve a cabo su función adecuadamente durante un período bajo condiciones operacionales previamente definidas y constantes. (Huerta, 2006)

Para la parte operacional en el análisis de la línea 3, se evaluarán los indicadores de MTBF y MTTR dentro de la confiabilidad de los equipos.

Descripción de cada uno de estos indicadores.

MTBF: Tiempo medio del buen funcionamiento entre paradas.

MTTR: Tiempo medio de cada parada.

$$\text{Confiabilidad} = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}} \quad (2)$$

Fuente: Recuperada de Gonzales Fernandez, F. J. (s.f.).

Una vez que definidos los indicadores que se utilizarán y como se usarán, se procederá al análisis.

Diseño de experimento

Existen diferentes diseños de experimentos para poder comparar dos tratamientos, como lo son: Diseño completamente al azar, diseño de bloque completamente al azar, diseño de cuadrado latino y grecolatino. Para el presente análisis, se utilizará el Diseño completamente al azar debido a que no se cuenta con algún otro factor de interés.

Para validar que existe diferencia significativa entre aplicar o no TPM; en relación a los indicadores analizados, se realizará un ANOVA de un Diseño de experimentos completamente al azar (DCA).

El objetivo del ANOVA en el DCA es probar las hipótesis de igualdad de los tratamientos con respecto a la media correspondiente da la variable de respuesta.

Ho: $\mu_A = \mu_B = \dots = \mu_j$

Ha: $\mu_i \neq \mu_j$ para algún $i \neq j$

Una medida de la Total, presente en las observaciones de un diseño de experimentos, es la suma de cuadrados que se calcula con la siguiente ecuación.

$$SC_T = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{ni} Y_{ij}^2 - \frac{Y_{..}^2}{N} \tag{3}$$

Fuente: Gutiérrez H, De la Vara R (2012)

Donde Y_{ij}^2 es la cada uno de los valores obtenidos en los análisis elevados al cuadrado, $Y_{..}^2$ es la suma total de los datos del experimento.

La suma de cuadrados de los tratamientos se calcula con la siguiente formula:

$$SC_{TRAT} = \sum_{i=1}^k \frac{Y_i^2}{n} - \frac{Y_{..}^2}{N} \tag{4}$$

Fuente: Gutiérrez H, De la Vara R (2012).

En donde Y_i^2 es la suma de cada tratamiento elevado al cuadrado, n es el número de réplicas y N es el número total de datos.

Para calcular el SC_E que sería el cuadrado medio del error, este se calcula con la diferencia de la $SC_T - SC_{Trat}$.

$$SC_E = SC_T - SC_{Trat} \tag{5}$$

Fuente: Gutiérrez H, De la Vara R (2012)

FV	SC	GL	CM	Fo	Valor-p
Tratamientos	SC_{Trat}	k-1	$\frac{CM_{Trat}}{SC_{Trat}} = \frac{CM_{Trat}}{k-1}$	$\frac{CM_{Trat}}{CM_E}$	$P(F > Fo)$
Error	SC_E	N-k	$\frac{CM_E}{SC_E} = \frac{CM_E}{N-k}$		
Total	SC_T	N-1			

Tabla 2 Tabla de ANOVA para DCA

Fuente: Gutiérrez H, De la Vara R (2012)

Una vez obtenido el ANOVA, se puede concluir con el valor-p. Si $valor-p > \alpha$ se acepta H_0 , por lo cual concluimos que las medias son iguales. Si $valor-p < \alpha$ se rechaza H_0 , por lo cual concluimos que las medias son diferentes y aceptamos H_a .

La validez de los resultados obtenidos en cualquier análisis de varianza queda supeditado a que los supuestos del modelo se cumplan. Estos supuestos son: normalidad, varianza constante (igual varianza de los tratamientos) e independencia.

Esto es, la respuesta (Y) se debe distribuir de manera normal, con la misma varianza en cada tratamiento y las mediciones deben ser independientes.

Estos supuestos sobre Y se traducen en supuestos sobre el término error (ϵ).

Para comprobar cada supuesto existen pruebas analíticas y gráficas. Por su sencillez muchas veces se prefieren las pruebas gráficas. Normalidad.

Un procedimiento grafico para verificar el cumplimiento del supuesto de normalidad de los residuos consiste en graficar los residuos en papel o en la gráfica de probabilidad normal que se incluye casi en todos los paquetes estadísticos.

Los datos deben de ser normales para ello se buscará el apoyo del análisis que proporciona la gráfica de normalidad, misma que puede ser calculada en Minitab.

Se calculará cada una de las gráficas para los datos con y sin TPM.

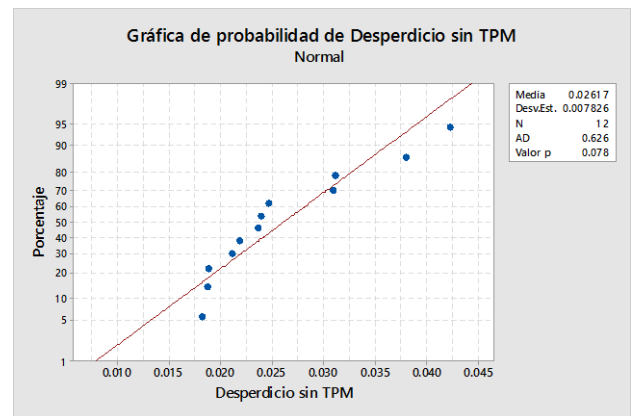


Figura 2 Representación de grafica de papel normal

Fuente: Recuperado de Minitab 17

Varianza constante (igual varianza en los tratamientos).

Para este análisis, también se recurrirá al Minitab y sólo se llevará a cabo un análisis para cada indicador debido a que éste consiste en la comparación de más varianzas de sin y con TPM.

Independencia

Esto consiste en que todos los diseños de experimentos son interdependientes.

Una vez que se probaron los supuestos, se procedió a realizar el ANOVA el cual contribuirá a una toma de decisión fundamentada estadísticamente en la existencia o no, de diferencia al aplicar el TPM para cada uno de los indicadores analizados en ésta investigación.

Resultados

Una vez analizados los supuestos que se encuentran en el Anexo y verificando que todo se cumple, se procedió a realizar el Análisis de Varianza de cada uno de los indicadores.

Los resultados en cada uno de los indicadores mencionados, fueron los siguientes:

Productividad

Hipótesis a probar

Ho: $\mu_{sinTPM} = \mu_{conTPM}$

Ha: $\mu_{sinTPM} \neq \mu_{conTPM}$

Para la parte de productividad se calculó para los 12 meses del año.

Productividad sin TPM	Productividad con TPM
0.806	0.810
0.780	0.816
0.747	0.845
0.749	0.830
0.794	0.831
0.751	0.823
0.790	0.820
0.780	0.820
0.770	0.814
0.788	0.828
0.779	0.819
0.779	0.820

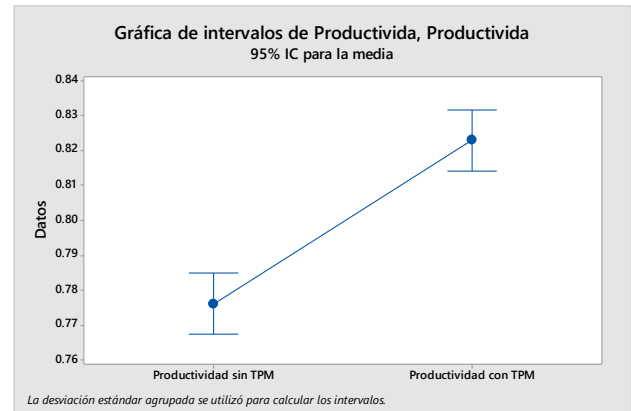
Tabla 3 Resultados de productividad sin y con TPM
Fuente: Elaboración propia

Usando el software de Minitab 17 se obtuvo el siguiente análisis de varianza, con un alfa de 0.05.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	1	0.013207	0.013207	60.42	0.0000
Error	22	0.004809	0.000219		
Total	23	0.018016			

Tabla 4 Anova de productividad aplicado a la línea 3
Fuente: Recuperado de Minitab 17

Para este análisis el valor de p es igual a 0, lo que nos indica que rechazamos Ho y aceptamos Ha. Por lo tanto concluimos que si hay diferencia significativa entre tener o no TPM para la variable de productividad.



Gráfica 1 Intervalos de medias para la productividad aplicada a la línea 3
Fuente: Recuperado de Minitab 17

También se probaron los supuestos que se deben cumplir para poder realizar un diseño de experimentos completamente al azar los cuales se muestran en los anexos correspondientes.

Desperdicio.

Hipótesis a probar.

Ho: $\mu_{sinTPM} = \mu_{conTPM}$

Ha: $\mu_{sinTPM} \neq \mu_{conTPM}$

Para la parte de desperdicio se calculó para los 12 meses del año.

Desperdicio sin TPM	Desperdicio con TPM
0.019	0.007
0.025	0.007
0.024	0.005
0.042	0.005
0.038	0.006
0.039	0.006
0.022	0.007
0.022	0.006
0.038	0.005
0.019	0.005
0.018	0.005
0.024	0.005

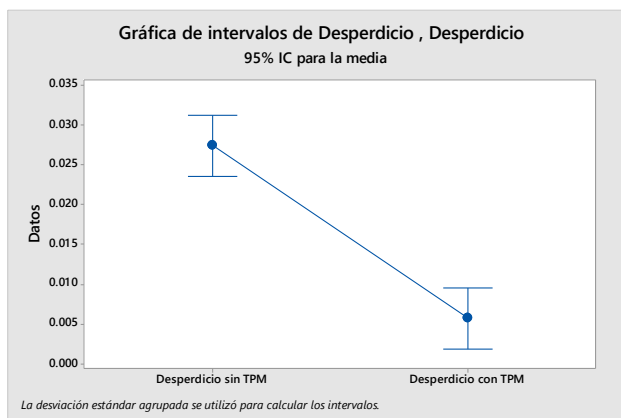
Tabla 5 Resultados de desperdicio sin y con TPM
Fuente: Elaboración propia

Usando el software de minitab 17 se obtuvo el siguiente análisis de varianza, con un alfa de 0.05.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	1	0.002836	0.002836	69.15	0.0000
Error	22	0.000902	0.000041		
Total	23	0.003739			

Tabla 6 Anova de desperdicio aplicado a la línea 3
Fuente: Recuperado de Minitab 17

Para este análisis el valor de p es igual a 0, lo que indica que se rechaza H_0 . Por lo tanto, se concluye que si existe diferencia significativa entre tener o no TPM para la variable de desperdicio.



Gráfica 2 Intervalos de medias para el desperdicio aplicado a la línea 3
Fuente: Recuperado de Minitab 17

Confiabilidad

Hipótesis a probar.

$H_0: \mu_{sinTPM} = \mu_{conTPM}$

$H_a: \mu_{sinTPM} \neq \mu_{conTPM}$

Para la parte de confiabilidad se calculó para los 12 meses del año.

Confiabilidad con TPM	Confiabilidad sin TPM
100.380	586.500
178.410	201.610
172.110	275.920
125.380	471.000
706.300	117.450
255.210	599.580
137.250	249.130
198.040	189.500
140.000	278.000
149.000	296.000
167.920	365.000
232.590	265.000

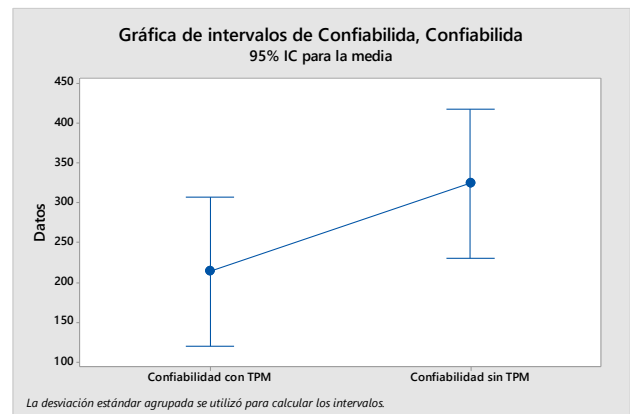
Tabla 7 Resultados de confiabilidad sin y con TPM
Fuente: Elaboración propia

Usando el software de Minitab 17 se obtuvo el siguiente análisis de varianza, con un alfa de 0.05.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	1	73937	73937	2.99	0.098
Error	22	544322	24742		
Total	23	618259			

Tabla 8 Anova de confiabilidad aplicado a la línea 3
Fuente: Recuperado de Minitab 17

Para este análisis el valor de p es mayor a 0.05, lo que indica que H_0 es aceptada y que se rechaza H_a , por lo tanto se concluye que no hay diferencia significativa entre aplicar o no TPM para este indicador.



Gráfica 3 Intervalos de medias para la confiabilidad aplicada a la línea 3
Fuente: Recuperado de Minitab 17

Aunque gráficamente vemos una diferencia de medias, el análisis dice que ésta diferencia no necesariamente es por aplicar TPM.

Conclusiones

Esto solo aplica para esta línea en particular, si quisiéramos hacer una inferencia más general deberíamos hacer más análisis en otras líneas y en otras fábricas para poder sacar un comparativo y poder concluir algo más general.

Al aplicar el TPM y medir el indicador de productividad, se encontró como resultado de su anova, que si hay diferencia significativa en aplicar o no TPM, ya que nos mostró que el resultado que si hay diferencia en las medias.

Este análisis si cumple con los supuestos del Diseño de Experimentos, por lo cual aplicar o no TPM tiene un efecto en este indicador.

El que el efecto sea positivo o negativo, dependerá de los objetivos de la empresa. Con el análisis de desperdicio que se realizó, se pudo comprobar mediante el ANOVA, que el TPM sí representa una diferencia significativa en este indicador. Es importante señalar que, en éste caso, también se cumplieron los supuestos del Diseño de Experimentos.

Por último, y con respecto a la confiabilidad; la primera comprobación consistió en verificar que los datos fueran normales. Sin embargo, cuando se aplica el TPM, los datos ya no se comportan de manera normal, por lo que al realizar el ANOVA; éste arroja como resultado que no existen diferencias entre aplicar o no TPM para este indicador. No obstante, al no cumplirse con uno de los supuestos del experimento no se puede concluir que el supuesto anterior, se actualice.

Recomendaciones

Como primer punto y en relación al análisis de confiabilidad, se recomienda es normalizar los datos, para verificar si la aplicación del TPM puede o no ayudar a mejorar este indicador.

Una vez que los datos sean normales y cumplan con los demás supuestos, proceder a realizar el análisis de varianza y consecuentemente, validar las hipótesis de investigación.

Referencias

Box, G.E.; Hunter, J.S.; Hunter, W.G. (2008). *Estadística para investigadores. Diseño, innovación y descubrimiento*. Segunda Edición, Ed. Reverté, Barcelona.

Calvo, J. Lago, V. (Junio, 2004). *Importancia del mantenimiento productivo total en la automatización de procesos*. Recuperado el día 29 de Enero de 2019 de <http://www.tecnicaindustrial.es/TIAdmin/Numero/12/40/a40.pdf>

García, J. Romero, J. Noriega, A. (14 de Marzo del 2011) *El éxito del mantenimiento productivo total y su relación con los factores administrativos*. Recuperado el día 9 de Diciembre de 2018 de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-10422012000400009

Gonzales Fernandez, F. J. (s.f.). Auditoria de Mantenimiento e Indicadores de Gestion. Principe Vergara. Obtenido de https://books.google.com.mx/books?id=o0cH7Nwk m3YC&pg=PA54&lpg=PA54&dq=mttf+mtbf+mtrr+con+autor&source=bl&ots=jvixN-0j52&sig=2Cw 09CPEh_Cnt_pA0ApYuMsRrLQ&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwi_2ISpotjNAhUD4oMKHf51AIsQ6AEIWjAM#v=onepage&q=mttf%20mtbf%20mtrr%20con%20autor&f

Gutiérrez, H.; de la Vara, R. (2003). *Análisis y diseño de experimentos*. McGraw-Hill, México.
Gutiérrez, H.; de la Vara, R. (2010). *Calidad y productividad*. McGraw-Hill, México

Huerta, F. (17 de 04 de 2015). am León. Recuperado el día 28 mayo 2019 de <http://www.am.com.mx/m/valoragregado/guanajuato-lider-automotriz-195310.html>

Huerta, Rosendo. (2006) *Proceso de Análisis Integral de Disponibilidad y Confiabilidad como Soporte para el Mejoramiento Continuo de las Empresas*. *Reliability World 2006*, junio 5 al 9 de 2006, Monterrey, México.

INEGI, AMIA. (12 de Diciembre, 2018). *Conociendo la industria automotriz*. Recuperado el día 13 de abril de 2019 de <https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2018/OtrTemEcon/CndoIndAuto.pdf>

Kurosawa, K. (1983). *Medicion y Analisis de la Productividad a Nivel de Empresa*. Recuperado el día 16 de abril 2019 de http://www.adingor.es/congresos/web/uploads/cio/cio2012/SP_02_Gestion_de_Operaciones_y_Produccion/847-854.pdf

Partida, A. (06 de 11 de 2012). *Mantenimiento & Mentoring Industrial*. Recuperado el 10 de Abril de <http://mantenimiento-mi.es/2012/la-importancia-del-tpm-mantenimiento-productivo-total>

Meyer, F.E., & Stephens, M. P. (2006). *Diseño de Instalaciones de Manufactura y Manejo de Materiales*. Pearson, Prentice Hall.

Napolitano H. (sf) *Diseño de Experimentos*. Recuperado el día 3 de marzo de 2019 de https://s3.amazonaws.com/academia.edu/documents/46255110/disenos_fases.pdf?response-contentdisposition=inline%3B%20filename%3DDisenos_fases.pdf

Olofsson, O. (2013). *Eficiencia Global de los Equipos*. Recuperado el 25 de mayo de 2019 de <https://world-class-manufacturing.com/es/OEE/oe-alculation.html>

Pinto, Lucia (Diciembre, 2010). *Mantenimiento productivo total*. Recuperado el día 14 de abril 2019 de <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=1520>

Tanco M; Viles E; Pozueta L. (2009). *Diferentes enfoques del diseño de experimentos (DOE)*. Recuperado el día 3 de marzo de 2019 de https://www.researchgate.net/profile/Martin_Tanco/publication/43768706_Diferentes_enfoques_del_diseno_de_experimentos_DOE/links/0deec51bb19ec1d50a000000.pdf

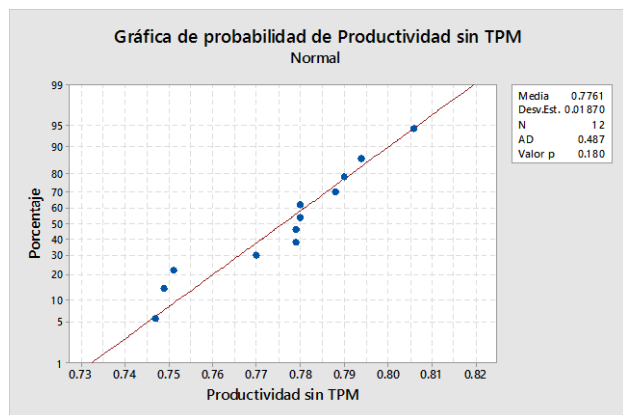
Tejada Gamarra, J. N. (2019). *Propuesta de modelo de optimización de la disponibilidad de maquinaria y equipo del área de Maestranza de la empresa FAMAI*, utilizando la metodología del Mantenimiento Productivo Total–TPM

Yepes, V. (Marzo del 2013) *Diseño completamente al azar y ANOVA*. Recuperado el día 4 abril de 2019 de <https://victoryepes.blogs.upv.es/2013/04/27/diseño-completamente-al-azar-y-anova/>

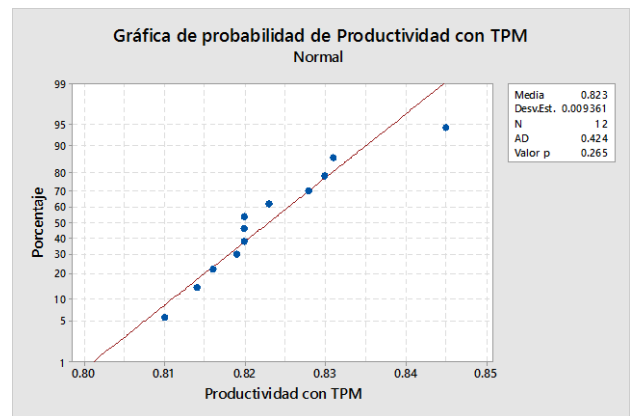
Anexos

A continuación, se realizarán los cálculos de normalidad y de varianza para cada uno de los indicadores.

Cálculo de Normalidad para Productividad

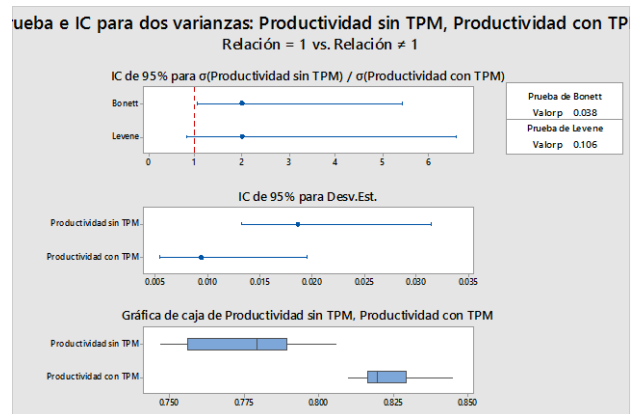


Gráfica 4 Gráfica de Normalidad aplicada a la productividad sin TPM
Fuente: Recuperado de Minitab 17



Gráfica 5 Gráfica de Normalidad aplicada a la productividad con TPM
Fuente: Recuperado de Minitab 17

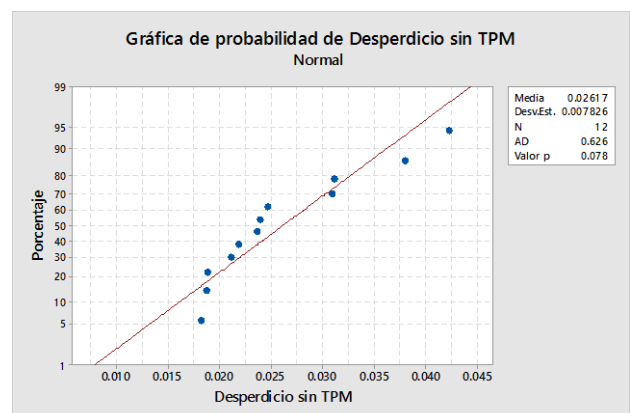
Para la productividad ambos datos cumplen con la normalidad, debido a que valor p es mayor a 0.05.



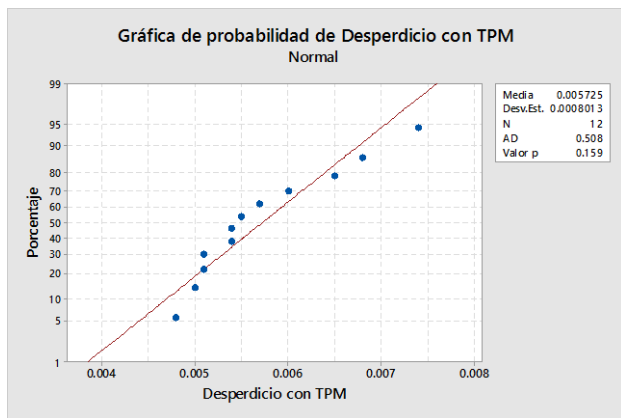
Gráfica 6 Prueba de Varianzas independientes aplicada a la productividad
Fuente: Recuperado de Minitab 17

Para la productividad las varianzas son diferentes, debido a que valor p es menor a 0.05.

Calculo de normalidad para el desperdicio

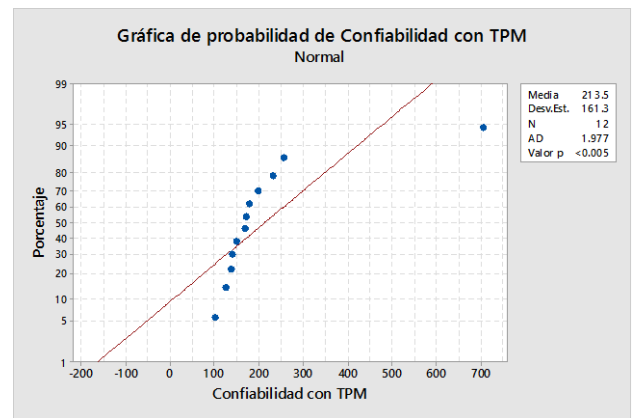


Gráfica 7 Gráfica de Normalidad aplicada al desperdicio sin TPM
Fuente: Recuperado de Minitab 17



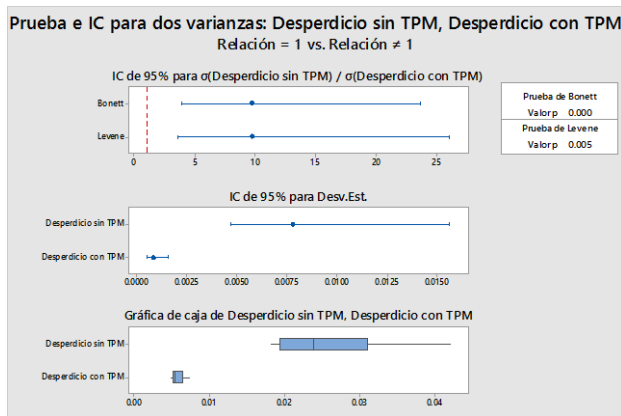
Gráfica 8 Gráfica de Normalidad aplicada al desperdicio con TPM
 Fuente: Recuperado de Minitab 17

Para el desperdicio ambos datos cumplen con la normalidad, debido a que valor p es mayor a 0.05.



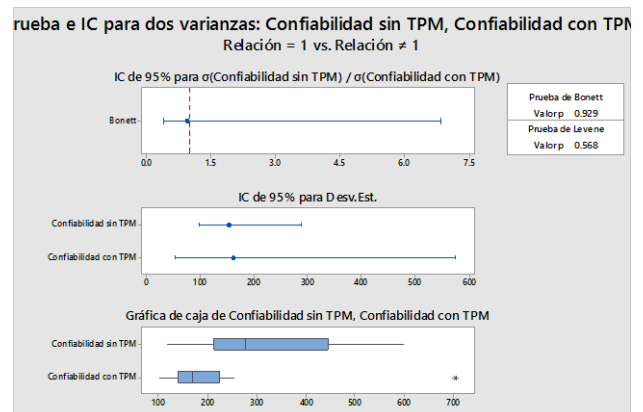
Gráfica 11 Gráfica de Normalidad aplicada a la confiabilidad con TPM
 Fuente: Recuperado de Minitab 17

Para la confiabilidad sin TPM si cumple con el supuesto de normalidad, pero cuando aplicamos el TPM los datos ya no se comportan de manera normal.



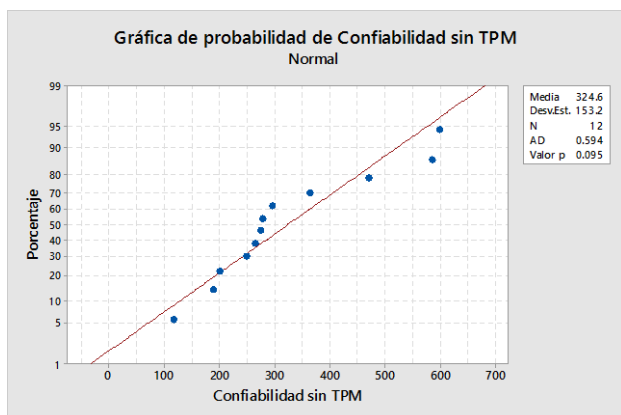
Gráfica 9 Prueba de Varianzas independientes aplicada al desperdicio
 Fuente: Recuperado de Minitab 17

Para el desperdicio las varianzas son diferentes, debido a que valor p es menor a 0.05.



Gráfica 12 Prueba de Varianzas independientes aplicada a la confiabilidad
 Fuente: Recuperado de Minitab 17

Para el desperdicio las varianzas son iguales, debido a que valor p es mayor a 0.05. Por lo cual el ANOVA no se puede aplicar con este tipo de datos.



Gráfica 10 Gráfica de Normalidad aplicada a la confiabilidad sin TPM
 Fuente: Recuperado de Minitab 17

Instrucciones para la Publicación Científica, Tecnológica y de Innovación

[Título en Times New Roman y Negritas No. 14 en Español e Inglés]

Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1^{er} Autor†*, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1^{er} Coautor, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 2^{do} Coautor y Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 3^{er} Coautor

Institución de Afiliación del Autor incluyendo dependencia (en Times New Roman No.10 y Cursiva)

International Identification of Science - Technology and Innovation

ID 1^{er} Autor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 1^{er} Autor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

ID 1^{er} Coautor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 1^{er} Coautor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

ID 2^{do} Coautor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 2^{do} Coautor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

ID 3^{er} Coautor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 3^{er} Coautor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

(Indicar Fecha de Envío: Mes, Día, Año); Aceptado (Indicar Fecha de Aceptación: Uso Exclusivo de ECORFAN)

Resumen (En Español, 150-200 palabras)

Objetivos
Metodología
Contribución

Indicar 3 palabras clave en Times New Roman y Negritas No. 10 (En Español)

Resumen (En Inglés, 150-200 palabras)

Objetivos
Metodología
Contribución

Indicar 3 palabras clave en Times New Roman y Negritas No. 10 (En Inglés)

Citación: Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1er Autor, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1er Coautor, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 2do Coautor y Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 3er Coautor. Título del Artículo. Revista de Ingeniería Industrial. Año 1-1: 1-11 (Times New Roman No. 10)

* Correspondencia del Autor (ejemplo@ejemplo.org)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Texto redactado en Times New Roman No.12, espacio sencillo.

Explicación del tema en general y explicar porque es importante.

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

Enfocar claramente cada una de sus características

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

Explicación de las secciones del Artículo

Desarrollo de Secciones y Apartados del Artículo con numeración subsecuente

[Título en Times New Roman No.12, espacio sencillo y Negrita]

Desarrollo de Artículos en Times New Roman No.12, espacio sencillo.

Inclusión de Gráficos, Figuras y Tablas-Editables

En el *contenido del Artículo* todo gráfico, tabla y figura debe ser editable en formatos que permitan modificar tamaño, tipo y número de letra, a efectos de edición, estas deberán estar en alta calidad, no pixeladas y deben ser notables aun reduciendo la imagen a escala.

[Indicando el título en la parte inferior con Times New Roman No. 10 y Negrita]

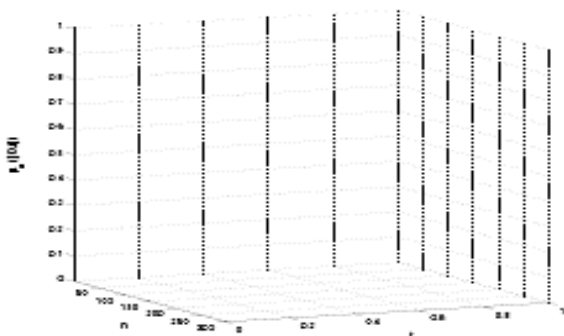


Gráfico 1 Titulo y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.

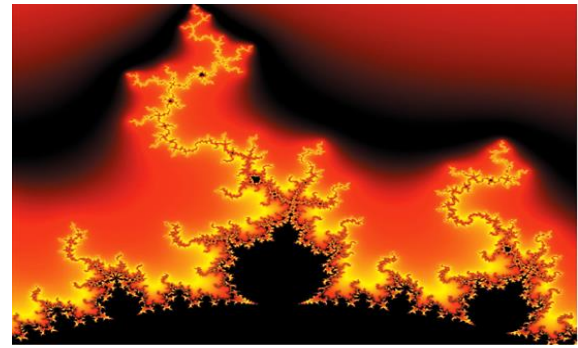


Figura 1 Titulo y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.

Tabla 1 Titulo y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.

Cada Artículo deberá presentar de manera separada en **3 Carpetas**: a) Figuras, b) Gráficos y c) Tablas en formato .JPG, indicando el número en Negrita y el Titulo secuencial.

Para el uso de Ecuaciones, señalar de la siguiente forma:

$$Y_{ij} = \alpha + \sum_{h=1}^r \beta_h X_{hij} + u_j + e_{ij} \quad (1)$$

Deberán ser editables y con numeración alineada en el extremo derecho.

Metodología a desarrollar

Dar el significado de las variables en redacción lineal y es importante la comparación de los criterios usados

Resultados

Los resultados deberán ser por sección del Artículo.

Anexos

Tablas y fuentes adecuadas.

Agradecimiento

Indicar si fueron financiados por alguna Institución, Universidad o Empresa.

Conclusiones

Explicar con claridad los resultados obtenidos y las posibilidades de mejora.

Referencias

Utilizar sistema APA. No deben estar numerados, tampoco con viñetas, sin embargo en caso necesario de numerar será porque se hace referencia o mención en alguna parte del Artículo.

Utilizar Alfabeto Romano, todas las referencias que ha utilizado deben estar en el Alfabeto romano, incluso si usted ha citado un Artículo, libro en cualquiera de los idiomas oficiales de la Organización de las Naciones Unidas (Inglés, Francés, Alemán, Chino, Ruso, Portugués, Italiano, Español, Árabe), debe escribir la referencia en escritura romana y no en cualquiera de los idiomas oficiales.

Ficha Técnica

Cada Artículo deberá presentar un documento Word (.docx):

Nombre de la Revista

Título del Artículo

Abstract

Keywords

Secciones del Artículo, por ejemplo:

1. *Introducción*
2. *Descripción del método*
3. *Análisis a partir de la regresión por curva de demanda*
4. *Resultados*
5. *Agradecimiento*
6. *Conclusiones*
7. *Referencias*

Nombre de Autor (es)

Correo Electrónico de Correspondencia al Autor

Referencias

Requerimientos de Propiedad Intelectual para su edición:

-Firma Autógrafa en Color Azul del Formato de Originalidad del Autor y Coautores

-Firma Autógrafa en Color Azul del Formato de Aceptación del Autor y Coautores

Reserva a la Política Editorial

Revista de Ingeniería Industrial se reserva el derecho de hacer los cambios editoriales requeridos para adecuar los Artículos a la Política Editorial del Research Journal. Una vez aceptado el Artículo en su versión final, el Research Journal enviará al autor las pruebas para su revisión. ECORFAN® únicamente aceptará la corrección de erratas y errores u omisiones provenientes del proceso de edición de la revista reservándose en su totalidad los derechos de autor y difusión de contenido. No se aceptarán supresiones, sustituciones o añadidos que alteren la formación del Artículo.

Código de Ética – Buenas Prácticas y Declaratoria de Solución a Conflictos Editoriales

Declaración de Originalidad y carácter inédito del Artículo, de Autoría, sobre la obtención de datos e interpretación de resultados, Agradecimientos, Conflicto de intereses, Cesión de derechos y distribución

La Dirección de ECORFAN-México, S.C reivindica a los Autores de Artículos que su contenido debe ser original, inédito y de contenido Científico, Tecnológico y de Innovación para someterlo a evaluación.

Los Autores firmantes del Artículo deben ser los mismos que han contribuido a su concepción, realización y desarrollo, así como a la obtención de los datos, la interpretación de los resultados, su redacción y revisión. El Autor de correspondencia del Artículo propuesto requisitara el formulario que sigue a continuación.

Título del Artículo:

- El envío de un Artículo a Revista de Ingeniería Industrial emana el compromiso del autor de no someterlo de manera simultánea a la consideración de otras publicaciones seriadas para ello deberá complementar el Formato de Originalidad para su Artículo, salvo que sea rechazado por el Comité de Arbitraje, podrá ser retirado.
- Ninguno de los datos presentados en este Artículo ha sido plagiado ó inventado. Los datos originales se distinguen claramente de los ya publicados. Y se tiene conocimiento del testeo en PLAGSCAN si se detecta un nivel de plagio Positivo no se procederá a arbitrar.
- Se citan las referencias en las que se basa la información contenida en el Artículo, así como las teorías y los datos procedentes de otros Artículos previamente publicados.
- Los autores firman el Formato de Autorización para que su Artículo se difunda por los medios que ECORFAN-México, S.C. en su Holding Perú considere pertinentes para divulgación y difusión de su Artículo cediendo sus Derechos de Obra.
- Se ha obtenido el consentimiento de quienes han aportado datos no publicados obtenidos mediante comunicación verbal o escrita, y se identifican adecuadamente dicha comunicación y autoría.
- El Autor y Co-Autores que firman este trabajo han participado en su planificación, diseño y ejecución, así como en la interpretación de los resultados. Asimismo, revisaron críticamente el trabajo, aprobaron su versión final y están de acuerdo con su publicación.
- No se ha omitido ninguna firma responsable del trabajo y se satisfacen los criterios de Autoría Científica.
- Los resultados de este Artículo se han interpretado objetivamente. Cualquier resultado contrario al punto de vista de quienes firman se expone y discute en el Artículo.

Copyright y Acceso

La publicación de este Artículo supone la cesión del copyright a ECORFAN-Mexico, S.C en su Holding Perú para su Revista de Ingeniería Industrial, que se reserva el derecho a distribuir en la Web la versión publicada del Artículo y la puesta a disposición del Artículo en este formato supone para sus Autores el cumplimiento de lo establecido en la Ley de Ciencia y Tecnología de los Estados Unidos Mexicanos, en lo relativo a la obligatoriedad de permitir el acceso a los resultados de Investigaciones Científicas.

Título del Artículo:

Nombre y apellidos del Autor de contacto y de los Coautores	Firma
1.	
2.	
3.	
4.	

Principios de Ética y Declaratoria de Solución a Conflictos Editoriales

Responsabilidades del Editor

El Editor se compromete a garantizar la confidencialidad del proceso de evaluación, no podrá revelar a los Árbitros la identidad de los Autores, tampoco podrá revelar la identidad de los Árbitros en ningún momento.

El Editor asume la responsabilidad de informar debidamente al Autor la fase del proceso editorial en que se encuentra el texto enviado, así como de las resoluciones del arbitraje a Doble Ciego.

El Editor debe evaluar los manuscritos y su contenido intelectual sin distinción de raza, género, orientación sexual, creencias religiosas, origen étnico, nacionalidad, o la filosofía política de los Autores.

El Editor y su equipo de edición de los Holdings de ECORFAN® no divulgarán ninguna información sobre Artículos enviado a cualquier persona que no sea el Autor correspondiente.

El Editor debe tomar decisiones justas e imparciales y garantizar un proceso de arbitraje por pares justa.

Responsabilidades del Consejo Editorial

La descripción de los procesos de revisión por pares es dado a conocer por el Consejo Editorial con el fin de que los Autores conozcan cuáles son los criterios de evaluación y estará siempre dispuesto a justificar cualquier controversia en el proceso de evaluación. En caso de Detección de Plagio al Artículo el Comité notifica a los Autores por Violación al Derecho de Autoría Científica, Tecnológica y de Innovación.

Responsabilidades del Comité Arbitral

Los Árbitros se comprometen a notificar sobre cualquier conducta no ética por parte de los Autores y señalar toda la información que pueda ser motivo para rechazar la publicación de los Artículos. Además, deben comprometerse a mantener de manera confidencial la información relacionada con los Artículos que evalúan.

Cualquier manuscrito recibido para su arbitraje debe ser tratado como documento confidencial, no se debe mostrar o discutir con otros expertos, excepto con autorización del Editor.

Los Árbitros se deben conducir de manera objetiva, toda crítica personal al Autor es inapropiada.

Los Árbitros deben expresar sus puntos de vista con claridad y con argumentos válidos que contribuyan al que hacer Científico, Tecnológica y de Innovación del Autor.

Los Árbitros no deben evaluar los manuscritos en los que tienen conflictos de intereses y que se hayan notificado al Editor antes de someter el Artículo a evaluación.

Responsabilidades de los Autores

Los Autores deben garantizar que sus Artículos son producto de su trabajo original y que los datos han sido obtenidos de manera ética.

Los Autores deben garantizar no han sido previamente publicados o que no estén siendo considerados en otra publicación seriada.

Los Autores deben seguir estrictamente las normas para la publicación de Artículos definidas por el Consejo Editorial.

Los Autores deben considerar que el plagio en todas sus formas constituye una conducta no ética editorial y es inaceptable, en consecuencia, cualquier manuscrito que incurra en plagio será eliminado y no considerado para su publicación.

Los Autores deben citar las publicaciones que han sido influyentes en la naturaleza del Artículo presentado a arbitraje.

Servicios de Información

Indización - Bases y Repositorios

RESEARCH GATE (Alemania)
GOOGLE SCHOLAR (Índices de citas-Google)
MENDELEY (Gestor de Referencias bibliográficas)
HISPANA (Información y Orientación Bibliográfica-España)

Servicios Editoriales

Identificación de Citación e Índice H
Administración del Formato de Originalidad y Autorización
Testeo de Artículo con PLAGSCAN
Evaluación de Artículo
Emisión de Certificado de Arbitraje
Edición de Artículo
Maquetación Web
Indización y Repositorio
Traducción
Publicación de Obra
Certificado de Obra
Facturación por Servicio de Edición

Política Editorial y Administración

1047 Avenida La Raza -Santa Ana, Cusco-Perú. Tel: +52 1 55 6159 2296, +52 1 55 1260 0355, +52 1 55 6034 9181; Correo electrónico: contact@ecorfan.org www.ecorfan.org

ECORFAN®

Editor en Jefe

SERRUDO-GONZALES, Javier. BsC

Directora Ejecutiva

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

Director Editorial

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC

Diseñador Web

ESCAMILLA-BOUCHAN, Imelda. PhD

Diagramador Web

LUNA-SOTO, Vladimir. PhD

Asistente Editorial

SORIANO-VELASCO, Jesús. BsC

Traductor

DÍAZ-OCAMPO, Javier. BsC

Filóloga

RAMOS-ARANCIBIA, Alejandra. BsC

Publicidad y Patrocinio

(ECORFAN® Republic of Peru), sponsorships@ecorfan.org

Licencias del Sitio

03-2010-032610094200-01-Para material impreso, 03-2010-031613323600-01-Para material electrónico, 03-2010-032610105200-01-Para material fotográfico, 03-2010-032610115700-14-Para Compilación de Datos, 04 -2010-031613323600-01-Para su página Web, 19502-Para la Indización Iberoamericana y del Caribe, 20-281 HB9-Para la Indización en América Latina en Ciencias Sociales y Humanidades, 671-Para la Indización en Revistas Científicas Electrónicas España y América Latina, 7045008-Para su divulgación y edición en el Ministerio de Educación y Cultura-España, 25409-Para su repositorio en la Biblioteca Universitaria-Madrid, 16258-Para su indexación en Dialnet, 20589-Para Indización en el Directorio en los países de Iberoamérica y el Caribe, 15048-Para el registro internacional de Congresos y Coloquios. financingprograms@ecorfan.org

Oficinas de Gestión

1047 Avenida La Raza -Santa Ana, Cusco-Perú.

Revista de Ingeniería Industrial

“Análisis del tostado del grano de café”

RAMÍREZ-ROMÁN, Adolfo, SUÁREZ-ÁLVAREZ, Ángel, CHABAT-URANGA, Jacqueline y ORTIZ-MARTÍNEZ, Francisco

Universidad Veracruzana

“Gestión del mantenimiento mediante Six Sigma para la optimización de la productividad de la maquinaria y equipos diversos para una pyme”

CHAVEZ-MEDINA, Juan, LUNA-FERNÁNDEZ, Víctor Genaro, SANTIESTEBAN-LÓPEZ, Norma Angélica, VELÁZQUEZ-MANCILLA, Jorge Enrique

Universidad Politécnica de Puebla

“Organización del almacén de garantías de una empresa distribuidora automotriz de Ciudad Obregón”

BELTRÁN-ESPARZA, Luz Elena, GONZÁLEZ-VALENZUELA, Elizabeth, FORNÉS-RIVERA, René Daniel y GODOY-BOJÓRQUEZ, Fabiola Berenice

Instituto Tecnológico de Sonora

“Análisis de los factores de productividad, desperdicio y confiabilidad de los equipos, al implementar TPM en una empresa del sector automotriz”

LANDEROS-CORREA, Carmen, CHIHUAQUE-ALCANTAR, Jesús, MELESIO-MORENO, Ma. Guadalupe y GALVÁN-GARCÍA, María Isabel

Universidad Politécnica de Guanajuato

