

ISSN 2523-0344

Volumen 4, Número 13 – Julio – Diciembre – 2020

Revista de Ingeniería Industrial

ECORFAN®

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 4, Número 13, Diciembre - 2020, es una Revista trimestral editada por ECORFAN-República del Perú. AV. La Raza, No 1047 - Santa Ana, Cusco-Perú, CP: 11500. WEB:

http://www.ecorfan.org/republicofperu/rj_ingenieria_industrial.php,

revista@ecorfan.org. Editor en Jefe:

SERRUDO-GONZALES, Javier. BsC.

ISSN: 2523-0344. Responsable de la última actualización de este problema Unidad

Informática ECORFAN. Imelda Escamilla

Bouchán, PhD. Vladimir Luna Soto, PhD.

Actualizado al 31 de Diciembre, 2020.

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 mandará 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 homólogo de CONACYT para los capítulos de América-Europa-Asia-África 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

Como primer artículo presentamos, *Estandarización del proceso de confección, a través de la ingeniería de métodos, para aumentar la productividad, en una empresa del ramo textil en el estado de Puebla*, por VELÁZQUEZ-MANCILLA, Jorge Enrique, FIERRO-XOCHITOTOTL, María Concepción y CHÁVEZ-MEDINA, Juan, con adscripción en el Instituto Tecnológico Superior de San Martín Texmelucan, como segundo artículo presentamos, *Control de presión, modelado matemático y sintonización de controladores por el método de Ziegler-Nichols*, por MARTÍNEZ-MARÍN, Francisco Alejandro, GARCIBADA-SILVA, Gabriel y HERNÁNDEZ-CERVANTES, Aldo Aarón, con adscripción en Instituto el Tecnológico de Jalisco José Mario Molina Pasquel y Henríquez, como tercer artículo presentamos, *Metodología de superficie de respuesta dual con variables de ruido cualitativas*, por MARTÍNEZ-MENDOZA, Ivan, VALLES, Adan y SÁNCHEZ-LEAL, Jaime, con adscripción en la Universidad Tecnológica Paso del Norte y el Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez, respectivamente, como cuarto artículo presentamos, *Mejoramiento de la calidad en la recepción de materias primas, mediante la implementación de un plan de muestreo por variables*, por HERNÁNDEZ-BENITO, Fernando, GONZÁLEZ-SÓBAL, Martín, GÓMEZ-MÁRQUEZ, Montserrat y SOLÍS-JIMÉNEZ, Miguel Ángel, con adscripción en el Colegio Diocesano José Antonio González Peña y el Instituto Tecnológico Superior de Huatusco, respectivamente.

Contenido

Artículo	Página
Estandarización del proceso de confección, a través de la ingeniería de métodos, para aumentar la productividad, en una empresa del ramo textil en el estado de Puebla VELÁZQUEZ-MANCILLA, Jorge Enrique, FIERRO-XOCHITOTOTL, María Concepción y CHÁVEZ-MEDINA, Juan <i>Instituto Tecnológico Superior de San Martín Texmelucan</i>	1-7
Control de presión, modelado matemático y sintonización de controladores por el método de Ziegler-Nichols MARTÍNEZ-MARÍN, Francisco Alejandro, GARCIABADA-SILVA, Gabriel y HERNÁNDEZ-CERVANTES, Aldo Aarón <i>Instituto Tecnológico de Jalisco José Mario Molina Pasquel y Henriquez</i>	8-12
Metodología de superficie de respuesta dual con variables de ruido cualitativas MARTÍNEZ-MENDOZA, Ivan, VALLES, Adan y SÁNCHEZ-LEAL, Jaime <i>Universidad Tecnológica Paso del Norte</i> <i>Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez</i>	13-18
Mejoramiento de la calidad en la recepción de materias primas, mediante la implementación de un plan de muestreo por variables HERNÁNDEZ-BENITO, Fernando, GONZÁLEZ-SÓBAL, Martín, GÓMEZ-MÁRQUEZ, Montserrat y SOLÍS-JIMÉNEZ, Miguel Ángel <i>Colegio Diocesano José Antonio González Peña</i> <i>Instituto Tecnológico Superior de Huatusco</i>	19-31

Estandarización del proceso de confección, a través de la ingeniería de métodos, para aumentar la productividad, en una empresa del ramo textil en el estado de Puebla

Standardization of the making process, through method engineering, to increase productivity, in a company in the textile industry in the state of Puebla

VELÁZQUEZ-MANCILLA, Jorge Enrique†*, FIERRO-XOCHITOTOTL, María Concepción y CHÁVEZ-MEDINA, Juan

Instituto Tecnológico Superior de San Martín Texmelucan, México.

ID 1^{er} Autor: *Jorge Enrique, Velázquez-Mancilla* / ORC ID: 0000-0002-0176-1923, Researcher ID Thomson: X-2228-2018, CVU CONACYT ID: 510054

ID 1^{er} Coautor: *María Concepción, Fierro-Xochitototl* / ORC ID: 0000-0001-6967-0131, Researcher ID Thomson: X-2209-2018

ID 2^{do} Coautor: *Juan, Chávez-Medina* / ORC ID: 0000-0002-1978-0620, CVU CONACYT ID: 417889

DOI: 10.35429/JIE.2020.13.4.1.7

Recibido Julio 10, 2020; Aceptado Diciembre 30, 2020

Resumen

La estandarización de un proceso permite validar un método para alcanzar los objetivos de producción y las características de calidad requeridas, sin embargo, aún existen empresas que hoy en día, permiten que cada trabajador desarrolle su propio método, lo cual repercute negativamente en el logro de esos objetivos. Cuando se presenta un problema de calidad, se vuelve complejo encontrar la causa raíz, ya que derivará de diferentes métodos de trabajo. En este sentido, el proceso de capacitación falla, al no establecer específicamente el proceso correcto a seguir para cada operación. Estas fallas repercuten tanto en los ingresos como en las ganancias que puedan tener las empresas, es por ello la relevancia de contar con estándares de trabajo. El objetivo del presente trabajo es determinar el estándar del proceso de confección, a través de la Ingeniería de Métodos, para aumentar la productividad en una empresa del ramo textil, dedicada a la fabricación de ropa deportiva. El resultado de esta investigación muestra un resultado positivo, entre el establecimiento de un estándar y el aumento de la productividad.

Estandarización, Ingeniería de métodos, Proceso de confección, Industria textil

Abstract

The standardization of a process allows to validate a method to achieve the production objectives and the required quality characteristics, however, there are still companies that today allow each worker to develop their own method, which negatively affects the achievement of those goals. When a quality problem arises, it becomes complex to find the root cause, since it will derive from different working methods. In this context, the training process fails, by not specifically establishing the correct process to follow for each operation. These failures affect both the income and the profits that the companies may have, which is why it is relevant to have work standards. The objective of this work is to determine the standard of the making process, through Method Engineering, to increase productivity in a company in the textile industry, dedicated to the manufacture of sportswear. The result of this research shows a positive result, between setting a standard and increasing productivity.

Standardization, Method Engineering, making process, textile industry

Citación: VELÁZQUEZ-MANCILLA, Jorge Enrique, FIERRO-XOCHITOTOTL, María Concepción y CHÁVEZ-MEDINA, Juan. Estandarización del proceso de confección, a través de la ingeniería de métodos, para aumentar la productividad, en una empresa del ramo textil en el estado de Puebla. Revista de Ingeniería Industrial. 2020. 4-13:1-7.

* Correspondencia del Autor (Email: vmancilla_enrique@hotmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Aproximadamente 120 millones de habitantes conforman la República Mexicana, de los cuales la población joven entre 12 y 29 años representa el 31.4%; esto es relevante dado que los jóvenes son el mercado más importante para el sector moda y textil en México (CEMDA, 2019).

En específico la industria textil se compone de alrededor de 20,000 empresas, las cuales contribuyen con el 10% del PIB en el sector manufacturero (Gobierno Fácil, 2020). El 90% de las empresas del ramo textil son PyMEs, y generan cerca de un millón de empleos tanto directos como indirectos (Gobierno Fácil, 2020). El Estado de Puebla es la novena economía del país, siendo sus mayores sectores el de la industria automotriz y el de la manufactura, que considera la maquila, en especial los productos textiles (Secretaría de Economía, 2019).

Existen diferentes trabajos que muestran la relación positiva del uso de la ingeniería de métodos para mejorar la rentabilidad de la organización (Carbanillas y León Ríos, 2020; Bazan, 2019; Castillo, 2019; Ruiz, 2016; Ramírez, 2015).

El presente artículo tiene por objetivo demostrar la importancia que tiene el establecimiento de un método estandarizado para mejorar la productividad y la calidad de las áreas productivas.

Situación actual de la empresa

La empresa caso de estudio se encuentra ubicada en el Estado de Puebla, pertenece al ramo textil, tiene cerca de una década en el mercado y es clasificada como mediana; dedicada a la producción de ropa deportiva y ropa interior para la familia. Reconocida por su incursión a nivel internacional, en la exportación de prendas pertenecientes a importantes marcas dentro del sector.

Debido a la naturaleza del proceso productivo y teniendo en cuenta que hay un constante cambio de diseños y estilos que posiblemente nunca se volverán a reprogramar o que no son muy constantes, ha sido difícil para la empresa establecer tiempos fijos para cada proceso.

Dentro de las necesidades que la empresa presenta, están las altas demandas de producto y estilos de prendas, y el hecho que no se llegan a cumplir las metas satisfactoriamente ocasionando una baja eficiencia en el área productiva, aunado a que en la mayoría de las ocasiones los operadores no suelen ser aprovechados al 100% para cubrir estas tareas. Generalmente los operadores realizan actividades dentro del proceso sobre las cuales no tienen un conocimiento previo, generando problemas por índices altos de retrabajos.

De manera general, el proceso de producción integra los siguientes pasos: tejido, teñido y secado, confección, inspección, prehormado, hormado, acabado y verificado.

El porcentaje semanal promedio de cumplimiento a las metas de producción, que se ha tenido es el que se muestra en el gráfico 1. Estos valores fueron obtenidos de los registros de producción que se tienen en la empresa caso de estudio.

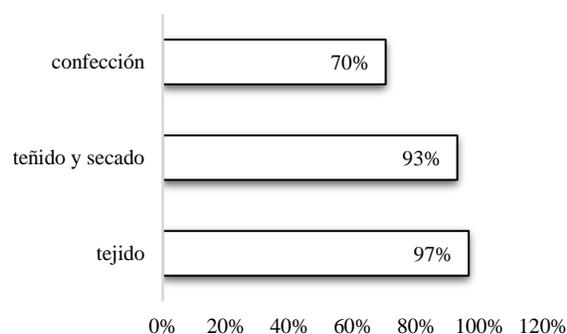


Gráfico 1 Porcentaje de cumplimiento de producción

Fuente: Elaboración propia con información de la empresa (2020)

Debido a que el área de confección no cumple con la meta de producción y se queda muy por debajo, afecta el cumplimiento de las áreas siguientes. Esto es ocasionado por las reclamaciones por parte de calidad por problemas que se encuentran en la prenda, ocasionando que se realicen retrabajos en confección y sea el área de acabado quien realice esa inspección en el retrabajo, para certificar que este se lleve bien y no exista una pérdida de producto. El porcentaje promedio de reclamación de producto es del 20% respecto a la meta a alcanzar en el área de confección.

En el área de confección la experiencia del operador es muy importante, debido a que se realizan diferentes operaciones complejas, entre ellas, el corte del cuerpo (son los lienzos completos de tela del área de tejido), la unión de los cortes, el rétame que es coser la sobre costura de la prenda para que no sean visibles los hilos sobrantes y por último el deshebrado de la prenda. Las máquinas que se emplean para llevar a cabo las operaciones anteriores, a excepción del deshebrado que es totalmente manual, se muestran en la tabla 1, junto con el porcentaje de conocimiento que cada operador tiene en el manejo de cada máquina, de acuerdo con la opinión de los mismos trabajadores. La X significa que no tienen conocimiento.

Operador	Flath	Over cortadora	Presilla	Cover	Over-costura	Recta	Embitzadura
1	100%	80%	70%	0%	70%	70%	80%
2	0%	70%	80%	80%	70%	80%	0%
3	100%	70%	80%	0%	0%	0%	50%
4	0%	0%	100%	70%	80%	70%	0%
5	0%	100%	80%	80%	100%	100%	0%
6	0%	100%	80%	80%	90%	90%	0%
7	0%	60%	70%	50%	60%	80%	0%
8	30%	70%	50%	0%	0%	70%	50%
9	40%	70%	50%	20%	10%	20%	50%
10	70%	60%	80%	70%	0%	100%	50%
11	100%	60%	100%	100%	80%	100%	60%
12	60%	100%	100%	60%	100%	100%	0%
13	80%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
14	100%	70%	100%	70%	60%	0%	0%
15	60%	100%	80%	80%	100%	100%	90%
16	100%	50%	100%	80%	60%	80%	50%
17	50%	100%	0%	0%	50%	0%	40%
18	100%	0%	80%	100%	100%	100%	100%

Tabla 1 Porcentaje de conocimiento en máquinas del área de confección

Fuente: Elaboración propia con información de la empresa (2020)

Esto no quiere decir que realmente conozcan el porcentaje del manejo de las máquinas; este es un diagnóstico dado por los operadores, ya que así lo consideran, lo cual vuelve a la evaluación del desempeño subjetiva. Es necesario evaluar objetivamente cuáles operaciones pueden hacer en estas máquinas, porque es ahí donde surge el problema, pues sabrán operarlas de manera general pero no tienen el conocimiento sobre qué operaciones realizar o cómo hacerlas.

Metodología

La metodología que se utilizó en el desarrollo de esta investigación está estructurada por las siguientes etapas:

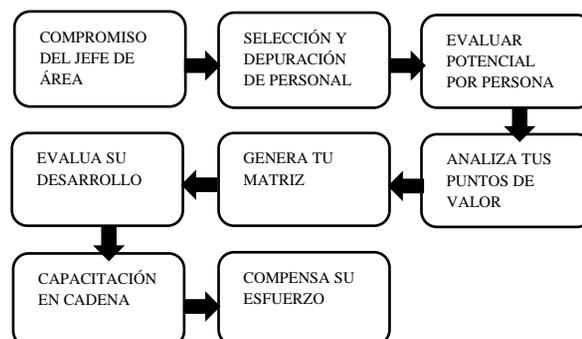


Figura 1 Porcentaje de conocimiento en máquinas del área de confección

Fuente: Elaboración propia con información de la empresa (2020)

Compromiso del jefe de área

Para comenzar, el primer paso es obtener el compromiso del jefe de área. Es necesario tener el compromiso del jefe, ya que, si éste se resiste al cambio que se generará en su área, nunca podrá darse cuenta de que puede generar un mayor resultado productivo en su área beneficiando a todos de manera positiva. El jefe de área firmó un documento de carácter tipo informativo donde da a conocer al departamento de recursos humanos que esta consiente de la generación de la matriz de habilidades y apoyar en lo que sea necesario a la realización de la mismo y de la estandarización de su método de trabajo para que este sea reflejado dentro de su productividad y eficiencia.

Selección y depuración del personal

Dentro de este punto se realizó con la ayuda del jefe una depuración del personal, esto quiere decir saber quién si estará comprometido con la idea de la nueva implementación y quienes no, así mismo sabremos realmente que persona le agregara un valor importante al proceso ya que ningún operador fue obligado a la realización de este proyecto, solo aquellos que son los comprometidos serán tomados en cuenta, dado el caso de no aceptar serán movidos a otras operaciones. El operador 3, fue el que no acepto.

Evaluar el potencial personal

En este punto es considerado conocer más allá de las habilidades y estudios con los que cuentan los operadores, el hecho de una buena elaboración de una matriz es conocer otros aspectos de ellos, como sus gustos o lo que les apasiona, esto puede no tener sentido pero tiene una gran importancia dentro de este proceso.

El conocer bien a cada uno ayuda a que sea más fácil el proceso de adaptación, también es necesario evaluar hasta qué grado de estudios son con los que cuentan y así determinar más su valor dentro del área, pues una persona con mayor conocimiento tiene el potencial de escalar puestos más arriba de un operador (ver Tabla 2). Esta información se obtuvo preguntando a cada operador del área de confección.

Operador	Prescritivo por iniciativa	Prescritivo por orden directa	Estudios completados	Sabe obedecer órdenes	Conocimiento de otros procesos	Talento para explorar
1	SI	NO	Preparatoria	SI	Mantenimiento Promerit	Mantenimiento
2	NO	SI	Tic Sup	SI	Zapatería	Tecido
3	NO	SI	Secundaria	Le cuesta	Alfombra	Ata de casa
4	SI	NO	Preparatoria	SI	Alfombra	Cocinar
5	NO	SI	Secundaria	Le cuesta	Administrar información	Tecido
6	NO	SI	Preparatoria	SI	Habilidad de reparado de máquinas	Tecido
7	SI	NO	Preparatoria	SI	Cuidado de seguridad	Diseño
8	NO	SI	Primaria	Le cuesta	Cajero	Ata de casa
9	NO	SI	Primaria	Le cuesta	Cajero	Cocinar
10	SI	NO	Secundaria	Le cuesta	Alfombra	Diseño
11	NO	SI	Primaria	Le cuesta	Confección	Ata de casa
12	SI	NO	Preparatoria	SI	Cocinar	Tecido
13	SI	NO	Tic Sup	SI	Reparación	Limpieza
14	NO	SI	Secundaria	Le cuesta	Cuidado de seguridad	Dedicación
15	NO	SI	Secundaria	Le cuesta	Comercio	Ata de casa
16	SI	NO	Secundaria	Le cuesta	Zapatería	Tecido
17	NO	SI	Secundaria	Le cuesta	Confección	Cocinar
18	NO	SI	Primaria	SI	Pisero	Música
					Alfombra	Realizar
					Ata de casa	Ata de casa

Tabla 2 Evaluación del potencial de los operadores del área de confección
Fuente: Elaboración propia con información de la empresa (2020)

Además de los aspectos considerados en la tabla, se integraron tanto la madurez sobre el trabajo como la salud física. Para estos aspectos, se determinó que todos los operadores cuentan con ellos.

Analizar los puntos de valor

Dentro de este punto se consideran las operaciones que causan un mayor impacto en el área, para que, en caso de ausentismo, no se atrase la producción y se pueda suplir sin riesgo de tener problemas de calidad, por falta de capacitación de quien sustituya. No es la clave capacitar en su mayoría en todas las operaciones, solo será en aquellas que son relevantes en el área y así consecutivamente una que otra hasta que la matriz de habilidades muestre que la mayoría del personal está capacitado.

Hay casos especiales en que la operación requiera de estudios o una preparación previa, es por lo que al saber estos puntos de valor del área de confección se dará una mayor prioridad para dedicación en el aprendizaje de los operadores y así mismo no se necesite de un capacitador externo. En la tabla 3 se muestran los puntos de valor en el área de confección para las actividades específicas. Estos valores fueron asignados en conjunto con el responsable del área.

Actividad	Fácil de aprender	Difícil de aprender	Poca habilidad	Habilidad específica	Estudios	Nivel
OLK Corte	1	0	1	2	0	4
Flath 6 hilos	0	3	0	2	2	7
SN / Recta	0	2	0	3	2	7
CVST / Cover	1	0	1	2	0	4
BTK Remate	1	0	0	2	0	3
CSBIES	0	3	0	2	2	7
HW Manual	1	0	0	2	0	3

Tabla 3 Puntos de valor de las operaciones del área de confección
Fuente: Elaboración propia con información de la empresa (2020)

Es necesario mencionar que no todas las operaciones de la tabla, las llevan a cabo en todas las prendas, esto depende del tipo de prenda que se confeccione. Las operaciones que tengan un puntaje de 7 a 9 son las principales operaciones que afectarían el proceso de confección en caso de una ausencia, es por lo que, se comenzara a trabajar en flath, SN Recta y CVST Bies, seguidas de OLK Over y CVST Sobrecoser y por último HW Manual y BTK Remate, que son operaciones más fáciles porque cualquier persona puede realizarlas sin una preparación previa.

Genera tu matriz

En este punto se construye la matriz de habilidades. Para ello es necesario considerar que máquinas saben operar los trabajadores, considerando que ya saben realizar todas las operaciones; esta información se validó con un estudio de tiempos y movimientos. En la tabla 4 se muestra lo que sería la matriz inicial en maquinaria y así mismo partiremos para la realización de un plan de capacitación de como sería impartido y dando prioridad a los puntos de valor.

Operador	Olk-corte	Flath 6 hilos	Recta	Cover stick	Bartack	Cover bies	Hw manual
1		SI				SI	SI
2	SI						SI
4				SI		SI	SI
5	SI				SI		SI
6	SI						SI
7		SI					SI
8	SI				SI		SI
9				SI			SI
10			SI				SI
11	SI						SI
12	SI						SI
13	SI		SI				SI
14				SI	SI		SI
15	SI			SI			SI
16	SI				SI		SI
17						SI	SI
18	SI				SI		SI

Tabla 4 Tabla de multi habilidades para los operadores del área de confección
Fuente: Elaboración propia con información de la empresa (2020)

Los operadores ya cuentan con algunos conocimientos previos de la operación de sus máquinas, pero no en su mayoría, es por esta razón que al ausentarse un operador surgen problemas para saber quién será el operador que ocupe la máquina para realizar dicha operación. Un ejemplo presente es cuando surge la ausencia de un operador que opera flath, al solo existir dos operadores con conocimientos de esta máquina, hay un grave problema por el estilo que al trabajar necesite de esta máquina y dicha operación, lo que provoca baja eficiencia en cuestión de trabajo por día, provocando el incumplimiento de la meta diaria en el área de confección: ya que con solo dos operadores con conocimientos en flath no da abasto a toda el área en cuestión de cambio de estilos que requieran operaciones de esta máquina, es por ello que se decide realizar un plan de capacitación constante para el desarrollo de los operadores en la adquisición de más conocimiento en más máquinas y operaciones, ayudando a reducir el problema de producción.

A partir de este paso es posible establecer el esquema en el cual se dará la capacitación, si es necesario días completos, por horas, en máquinas, en software, capacitación externa o interna. Esto permitirá tener un control de lo que será la capacitación en cadena y se tenga la correcta supervisión.

Operación/máquina	En máquina	En software	En cadena interna	Capacitador exterior	Hrs x día	Días completos	Supervisión	Evaluación
DLR Conte	X		X		X		X	X
Flath e Bies	X		X		X		X	X
SN/ Reata	X		X		X		X	X
CVST/ Cover	X		X		X		X	X
BTK Reata	X		X		X		X	X
CSBHS	X		X		X		X	X
HW Manual	X		X		X		X	X

Tabla 5 Tabla de capacitación multi habilidades para operadores del área de confección
Fuente: *Elaboración propia con información de la empresa (2020)*

De acuerdo con la tabla 5, se establece que toda la capacitación será en máquina, impartida internamente por los mismos operadores y serán utilizadas horas/ días para que no se afecte de manera importante la jornada laboral, al final se aplica una evaluación de conocimiento para que sean capaces de enseñar a otros. El jefe de área de confección será quien monitoree en su mayoría el proceso ya que conoce el 100% del manejo de las máquinas, esto evitará problemas en la capacitación en cadena.

Evalúa su desarrollo

En esta etapa se estableció el método óptimo para trabajar en las máquinas del área de confección. Para ello se llevó a cabo un estudio de micro movimientos, para cada operador, en diferentes operaciones, con el uso de diagramas bimanuales. Se consideraron diferentes tipos de prendas de temporada; y se evaluó la calidad de la prenda al final de cada operación. La tabla 6 muestra el resumen de los estudios derivados de la presente investigación.

Operación	Operador	Muestras										Total Muestras	% Eficiencia
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Flath	1	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	1.50	97%
	12	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	1.50	92%
BTK Reata	16	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	1.50	95%
	18	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	1.50	100%
CS Bies	17	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	1.50	100%
	17	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	1.50	100%

Tabla 6 Resumen de estudio de micro movimientos de operaciones en el área de confección
Fuente: *Elaboración propia con información de la empresa (2020)*

De la tabla 6 se determina que el operador 12 realiza mayor número de movimientos, pero de igual manera es uno de los que más defectos identifica y que al mismo tiempo es quien menos retrabajos hace, así que por parte de corte será quien capacite en su máquina ya que obtiene el 92% de efectividad. En el caso de Flath será el operador 1 quien capacitara, al haber obteniendo un 97% de efectividad, posteriormente para capacitar en BTK será el operador 16 ya que cuenta con una efectividad del 95%; el operador 18 será quien de la capacitación sobre su máquina ya que por la experiencia que tiene cumple con el 100% de efectividad y por último será el operador 17 quien imparta la capacitación sobre la CS bies. Cuando exista la ausencia de alguien en la matriz se buscará quien es el más capaz para suplir el lugar de dicho operador y así mismo no existan problemas en producción.

Capacitación en cadena

En este punto se dará la capacitación. Cada operador se le será asignado operaciones de las cuales deberá cumplir durante un mes, para que posteriormente sean evaluados y se pueda liberar o seguir en capacitación hasta que sea apto de ser liberado al cumplir del 80-85% de eficiencia (ver tabla 7).

Operación / máquina	Capacitador	Operador				
OLK Cortar	12	1	4	7	9	10
Flath	1	4	5	8	12	10
SN Recta	10	1	2	5	6	11
BTK Remate	16	5	9	10	17	
CS Bies	17	2	6	15	10	

Tabla 7 Plan de capacitación en cadena para el área de confección

Fuente: *Elaboración propia con información de la empresa, (2020)*

Una vez realizada la capacitación, se volvieron a medir las eficiencias, las cuales se reflejan en la tabla 8.

Operación / máquina	Capacitador	Operador				
OLK Cortar	12	1	4	7	9	10
		88%	75%	94%	95%	80%
Flath	1	4	5	8	12	10
		83%	87%	85%	93%	77%
SN Recta	10	1	2	5	6	11
		80%	75%	88%	87%	80%
BTK Remate	16	5	9	10	17	
		90%	78%	80%	86%	
CS Bies	17	2	6	15	10	
		86%	98%	83%	85%	

Tabla 8 Porcentaje de eficiencia alcanzada después de la capacitación en cadena, en el área de confección

Fuente: *Elaboración propia con información de la empresa (2020)*

Compensa tu esfuerzo

En este último punto el departamento de Recursos Humanos será el que tenga el trabajo de gratificar el esfuerzo de los operadores. Los resultados de las matrices deberán estar reflejados en la productividad del área y al mismo tiempo RRHH deberá estar al pendiente del esfuerzo de los operadores para su reconocimiento sobre el esfuerzo de ellos.

Para aquellos operadores que son ya capaces de enseñar a otros, se les otorgará un bono extra mensual y para aquellos que cumplen o cumplieron con más del 80% de las habilidades serán recompensados por vales de prendas mensuales y un pequeño bono mensual. Esta es una manera de motivar a todo empleado a ser multifuncional, pero al mismo tiempo la empresa ahorra costos de retrabajos y prendas de segunda que algunas veces no se suelen ya vender.

Resultados

Gracias a la capacitación sobre un método validado se logró reducir el 60% de los retrabajos en el área de confección por problemas de calidad. Se logró así mismo aumentar la productividad del área y de las áreas subsiguientes. Mejorando además la motivación de todos los trabajadores involucrados en el proyecto.

Agradecimiento

Agradecemos a Enrique Juárez de la Rosa por su invaluable apoyo, a la empresa caso de estudio y al Instituto Tecnológico Superior de San Martín Texmelucan, la financiación de la publicación del presente artículo.

Conclusiones

La implementación de mejoras en el proceso influye directamente en la calidad ofrecida y en el aumento de la producción, el proyecto llevado a cabo en la empresa, ha permitido el aumento de producción en el área de confección, por ende, la disminución de días de atraso de dicha área, por otra parte, con la estandarización del proceso se redujeron las reclamaciones por los defectos. Es de gran importancia para las empresas tener establecido un método que permita obtener un mejor control, orden y estandarización en los procesos.

Implantar herramientas ingenieriles en procesos productivos ayuda cumplir con la eficiencia y productividad y así mismo afectar de manera positiva la calidad requerida por los clientes aumentado su satisfacción, a su vez ayuda a lograr un mejor desempeño de los empleados para en un futuro alcanzar a certificarse bajo alguna norma de calidad.

Con base a los resultados se puede concluir que con la estandarización del proceso y capacitación en cadena se logró reducir los tiempos de producción logrando así mayor productividad, mayor cumplimiento de la demanda, producto con mayor calidad, disminución de pérdidas por retrabajos y piezas de segunda calidad.

Sugerencias de la investigación

Se recomienda implementar planes de capacitación para todas las áreas, para un entrenamiento y conocimiento sobre la metodología a desempeñar en el proceso de cada referencia y procedimiento a seguir para que de esta manera se pueda alcanzar un ritmo de trabajo adecuado, no se tengan reprocesos y se puedan lograr los objetivos trazados por la empresa. Para personal nuevo es necesario impartir una capacitación adecuada para la mejor comprensión del proceso, y evitar la rotación de personal, por la capacitación ineficiente dada. Por políticas de confidencialidad, el nombre de la empresa se mantiene privado.

Referencias

Bazan, A. (2019). *Mejora de métodos de trabajo en el proceso de conserva de alcachofa para aumentar la productividad en una empresa agroindustrial en el año 2018*. Universidad Nacional de Trujillo ; Repositorio institucional - UNITRU. Recuperado de: <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/13435>; el 25 de Abril de 2020.

Cabanillas, J. y León Ríos, J. (2020). *Aplicación de las herramientas de la ingeniería de métodos en el cultivo de arroz para incrementar la rentabilidad en las empresas agrícolas del Valle Jequetepeque*. Universidad Nacional de Trujillo ; Repositorio institucional - UNITRU. Recuperado de: <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/15460>; el 27 de Abril de 2020.

Castillo, O. (2019). *Gestión de Mantenimiento en la mejora de métodos de trabajo para disminuir los costos de mantenimiento preventivo en una empresa cementera*. Universidad Nacional de Trujillo ; Repositorio institucional - UNITRU. Recuperado de: <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/12678>; el 26 de Abril de 2020.

CEMDA. (2019). *Promoción de la economía circular en el sector moda y textil en México*. Recuperado de: https://www.cemda.org.mx/wp-content/uploads/2019/08/CEM_moda_publicación.pdf; el 18 de Abril de 2020.

Gobierno Fácil. (2020). *Plataforma de la Industria de la Moda ProMéxico*. Recuperado de: <http://gobiernofacil.com/proyectos/plataforma-promexico>; el 19 de Abril de 2020.

Janania Abraham, C. (2008). *Manual de tiempos y movimientos (Ed. Rev.)*. México, México: Limusa.

Kanawaty, G. (1998). *Introducción al estudio de trabajo (4ª ed.)*. Ginebra, Suiza: Oficina Internacional del Trabajo Ginebra.

Krick, E. V. (1977). *Ingeniería de métodos (1ª ed.)*. Limusa, México.

Lowry, S. M., H. B. Maynard y G. J. Stegemerten. (1940) *Time and Motion Study and Formulas for Wage Incentive*, (3a. Ed.) Nueva York: McGraw-Hill.

Niebel, W., & Freivalds, A. (2009). *Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo*. (12ª ed.). D.F, México: Mc Graw Hill.

Ramírez, J. (2015). *Mejora del proceso de fabricación de bastidores estructurales mediante celda de soldadura robotizada en empresa metal mecánica*. Universidad Nacional de Trujillo ; Repositorio institucional - UNITRU. Recuperado de: <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/2227>; el 23 de Abril de 2020.

Ruiz, H. (2016). *Estudio de métodos de trabajo en el proceso de llenado de tolva para mejorar la productividad de la empresa agrosemillas don benjamín e.i.r.l.* Universidad Nacional de Trujillo ; Repositorio institucional - UNITRU. Recuperado de: <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/1103>; el 24 de Abril de 2020.

Secretaría de Economía. (2019). *Informe 2017 – 2018*. Delegación Federal de la Secretaría de Economía del Estado de Puebla. Coordinación General de Delegaciones Federales. Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/384792/21_Puebla_Informe_de_Labores_2017-2018__002_.pdf; el 17 de Abril de 2020.

Control de presión, modelado matemático y sintonización de controladores por el método de Ziegler-Nichols

Pressure control, mathematical modeling and controller tuning by the Ziegler-Nichols method

MARTÍNEZ-MARÍN, Francisco Alejandro^{†*}, GARCIABADA-SILVA, Gabriel y HERNÁNDEZ-CERVANTES, Aldo Aarón

Instituto Tecnológico de Jalisco José Mario Molina Pasquel y Henriquez, México.

ID 1^{er} Autor: *Francisco Alejandro, Martínez-Marín* / ORC ID: 0000-0002-3713-5182

ID 1^{er} Coautor: *Gabriel, Garciabada-Silva* / ORC ID: 0000-0002-7083-871X

ID 2^{do} Coautor: *Aldo Aarón, Hernández-Cervantes* / ORC ID: 0000-0001-8060-5509

DOI: 10.35429/JIE.2020.13.4.8.12

Recibido Julio 15, 2020; Aceptado Diciembre 30, 2020

Resumen

La obtención de los parámetros de un controlador PID se realiza a través de varios pasos, el modelado matemático es el primero de ellos, donde se verifica que el número de incógnitas sea igual al número de ecuaciones. Haciendo uso de las transformadas de Laplace, se pasa del dominio del tiempo al dominio de Laplace. Por el método de Ziegler-Nichols, y sustituyendo iw por s en la ecuación característica del proceso se pasa al dominio de la frecuencia y se establece la ganancia última y con la cual es posible deducir los valores de un controlador proporcional, derivativo e integral. La ganancia última obtenida de una manera analítica se puede comprobar por medio de las gráficas del lugar de las raíces, las cuales se pueden generar fácilmente por medio de programas en Matlab, pero esto queda fuera del alcance de este artículo.

Controladores, Ecuación característica, Ziegler-Nichols, Ganancia última, Factor de amortiguamiento

Abstract

Obtaining the parameters of a PID controller is done through several steps, mathematical modeling is the first of them, where it is verified that the number of unknowns is equal to the number of equations. Using the Laplace transforms, one passes from the time domain to the Laplace domain. By the Ziegler-Nichols method, and substituting iw for s in the characteristic equation of the process, the frequency domain is passed and the ultimate gain is established and with which it is possible to deduce the values of a proportional, derivative and integral controller. The final gain obtained in an analytical way can be verified by means of the graphs of the place of the roots, which can be easily generated by means of programs in Matlab, but this is beyond the scope of this article.

Drivers, Characteristic equation, Ziegler-Nichols, Ultimate gain, Damping factor

Citación: MARTÍNEZ-MARÍN, Francisco Alejandro, GARCIABADA-SILVA, Gabriel y HERNÁNDEZ-CERVANTES, Aldo Aarón. Control de presión, modelado matemático y sintonización de controladores por el método de Ziegler-Nichols. Revista de Ingeniería Industrial. 2020. 4-13:8-12.

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: francisco.martinez@vallarta.tecmm.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Modelo para control de presión

El módulo de procesos RT590 esta habilitado para realizar prácticas de control de presión haciendo uso del tanque # 2, el aire a una presión máxima de 6 bars se introduce al sistema a través del la válvula PCV1, está válvula se opera en un inicio de una manera manual con el tablero de control previamente energizado, con el fin de obtener una presión de inicio en el tanque #2, la presión sugerida es de 4 bars. Las válvulas manuales abiertas deben de ser las HV11 y HV17, se debe de tener especial cuidado en mantener la valvula de flujo FCV2 cerrada como también la bomba de agua apagada.El controlador PICA es el designado para realizar pruebas de presión por lo que se debe de poner en automático, mientras que el resto de los controladores de la consola permanecen en manual. Una vez realizados los preparativos anteriores se introducen los valores al controlador.La figura 3 indica la posición de las valvulas manuales HV11 y HV17y FCV2.

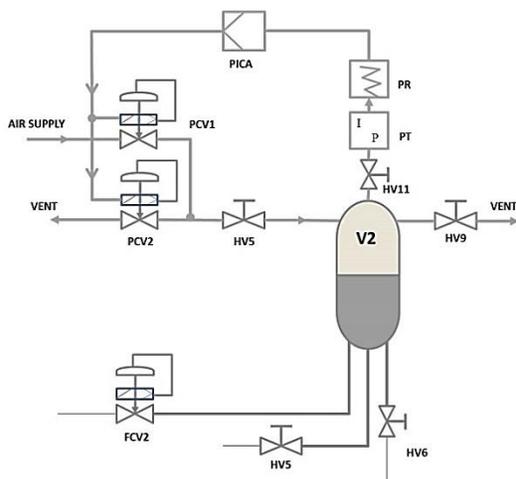


Figura 1 Esquema de procesos Control de presión

Materiales y métodos

Consideraciones

Temperatura constante de 25°C (Proceso isotérmico), el volumen se considera constante, la presión de suministro de aire es constante, tiempo en segundos.

Variables	Unidades	Condiciones iniciales en estado estable.	
w_1	g/s	1.0701	Variable de entrada.
w_2	g/s	1.0701	Variable de entrada.
m_1	g	72.0673	Variable de estado.
p_2	bars	2.200	Variable controlada.
apcv1	adimensional	0.2847	Variable manipulada.
apcv2	adimensional	1-0.2847	Variable manipulada.

Tabla 1

Fuente: Elaboración propia

Las ecuaciones se resuelven en el orden que se indica.

$$apcv2=1-apcv1 \tag{1}$$

Ley general de los gases.

$$P_2 = (m_1/pma)RT/v_2 \tag{2}$$

La ecuación de la válvula de entrada está dada por:

$$w_1 = apcv1 * cvp1 \sqrt{(P_1^2 - P_2^2)/2} \tag{3}$$

La ecuación de la válvula de salida está dada por la válvula PCV2 que se aprecia en el diagrama:

$$w_2 = apcv2 * cvp2 \sqrt{(P_2^2 - P_{atm}^2)/2} \tag{4}$$

Flujo subsónico

$$w_2 = 0.85 * apcv2 * cvp2 * P_2 \tag{5}$$

Flujo sónico

Ecuación de continuidad. (Ecuación de estado).

$$\frac{dm_1}{dt} = w1 - w2 \tag{6}$$

Salida del controlador.

$$apcv1=0.5+kp*e+ki*ei+kd*de \tag{7}$$

Parámetros:

R, T, pma, v₂, cvp2, Patm,

Variables de entrada: p₁

Variables de estado: p₂

Existen seis ecuaciones, 6 incógnitas, (w1, w2, m1, p2, apcv1, apcv2) cero grados de libertad.

Se descarta el flujo subsónico debido a que el flujo no está en función de la presión fluido- abajo (ecuación 4).

Sintonización de controladores

Control de Presión.

Función de transferencia y ecuación característica en lazo cerrado.

En 5 se sustituye apcv2 por 1 sustituyendo después 3 y 5 en 6, esta última es la ecuación de continuidad, se genera una ecuación no lineal por lo que se recurre la linealización haciendo uso de la serie de Taylor.

$$\frac{29 \cdot V_2}{RT} \frac{dp_2}{dt} = apcv1 \cdot cvp1 \sqrt{(P_1^2 - P_2^2)/2} - 0.85 \cdot (1 - apcv1) \cdot cvp2 \cdot P_2$$

$$\frac{29 \cdot V_2}{RT} \frac{dp_2}{dt} = apcv1 \cdot cvp1 \sqrt{(P_1^2 - P_2^2)/2} - 0.85 \cdot cvp2 \cdot P_2 + 0.85 \cdot apcv1 \cdot cvp2 \cdot P_2 \quad (8)$$

Linealizando, donde V es el volumen de casi 28 l, la temperatura es de 25 °C, la presión a controlar es de 2,2 bars, la apertura de la válvula 1(apcv1) es de 0.2847, las constantes de las válvulas cvp1 y cvp2 son 0.8 para ambas, R constante universal de los gases es de 0.08314.

$$\frac{29 \cdot V_2}{RT} \frac{dp_2^p}{dt} = cvp1 \sqrt{(P_1^2 - \bar{P}_2^2)/2} apcv1^p - \frac{apcv1 \cdot cvp1 \cdot \bar{P}_2}{2 \sqrt{(P_1^2 - \bar{P}_2^2)/2}} P_2^p - 0.85 \cdot cvp2 \cdot P_2^p + 0.85 \cdot cvp2 \cdot \bar{P}_2 \cdot apcv1^p + 0.85 \cdot cvp2 \cdot \frac{apcv1}{2 \sqrt{(P_1^2 - \bar{P}_2^2)/2}} \cdot P_2^p \quad (9)$$

Transformando a Laplace.

$$\frac{29 \cdot V_2}{RT} SP_2^p(s) = cvp1 \sqrt{(P_1^2 - \bar{P}_2^2)/2} apcv1^p(s) - \frac{apcv1 \cdot cvp1 \cdot \bar{P}_2}{2 \sqrt{(P_1^2 - \bar{P}_2^2)/2}} P_2^p(s) - 0.85 \cdot cvp2 \cdot P_2^p(s) + 0.85 \cdot cvp2 \cdot \bar{P}_2 \cdot apcv1^p(s) + 0.85 \cdot cvp2 \cdot \frac{apcv1}{2 \sqrt{(P_1^2 - \bar{P}_2^2)/2}} \cdot P_2^p(s)$$

$$\frac{P_2^p(s)}{apcv1^p(s)} = \frac{cvp1 \sqrt{(P_1^2 - \bar{P}_2^2)/2} + 0.85 \cdot cvp2 \cdot \bar{P}_2}{\frac{29 \cdot V_2}{RT} S + \frac{apcv1 \cdot cvp1 \cdot \bar{P}_2}{2 \sqrt{(P_1^2 - \bar{P}_2^2)/2}} + 0.85 \cdot cvp2 - 0.85 \cdot cvp2 \cdot \frac{apcv1}{2 \sqrt{(P_1^2 - \bar{P}_2^2)/2}}} \quad (10)$$

Sustituyendo.

$$\frac{P_2^p(s)}{apcv1^p(s)} = \frac{0.8X \sqrt{(7^2 - 2.2^2)/2} + 0.85 \cdot 0.8 \cdot 2.2}{\frac{29 \cdot 27.98}{0.08314 \cdot 298} S + \frac{0.2847 \cdot 0.8 \cdot 2.2}{2X \sqrt{(7^2 - 2.2^2)/2}} + 0.85 \cdot 0.8 - 0.85 \cdot 0.8 \cdot 0.2847}$$

Función de transferencia en lazo abierto.

$$\frac{P_2^p(s)}{apcv1^p(s)} = \frac{5.2551}{32.75S + 0.5398} \quad (11)$$

Considerando un retardo de 3 s por las dinámicas no consideradas, calculamos la aproximación de pade de primer orden.

$$G_{pade} = \frac{-S + 0.6667}{S + 0.6667} \quad (12)$$

Función de transferencia y ecuación característica en lazo cerrado.

Considerando:

$$G_M = G_{M(s)} G_{pade} \quad (13)$$

$$G_M = \left(\frac{5.2551}{32.75S + 0.5398} \right) \left(\frac{-S + 0.6667}{S + 0.6667} \right)$$

$$G_M = \frac{-5.2551S + 3.5035}{32.75S^2 + 22.373S + 0.35988} \quad (14)$$

B_(s) Función de transferencia del controlador.

La ecuación característica en lazo cerrado es:

Considerando:

$$1 + G_M B(s) = 0 \quad (15)$$

$$1 + \frac{-5.2551S + 3.5035}{32.75S^2 + 22.373S + 0.35988} B(s) \quad (16)$$

$$1 + \frac{-5.2551S + 3.5035}{32.75S^2 + 22.373S + 0.35988} K_c$$

Desarrollando

$$32.75S^2 + 22.373S + 0.35988 + (-5.2551S + 3.5035)K_c = 0$$

Ecuación característica

$$32.75S^2 + 22.373S + 0.35988 - 5.2551SK_c + 3.5035K_c = 0 \quad (17)$$

Sintonización por el método de Ziegler-Nichols

Sustituyendo iw por S en la ecuación característica

$$32.75(iw)^2 + 22.373(iw) + 0.35988 - 5.2551(iw)K_c + 3.5035K_c = 0$$

$$(-1)32.75w^2 + i22.373w + 0.35988 - i5.2551wK_c + 3.5035K_c = 0$$

$$-32.75w^2 + i22.373w + 0.35988 - i5.2551wK_c + 3.5035K_c = 0 + 0i$$

Se iguala la parte imaginaria a cero.

$$+i22.373w - i5.2551wK_c = 0i$$

$$+22.373w - 5.2551wK_c = 0$$

$$+22.373 = 5.2551K_c$$

$$K_u = \frac{22.373}{5.2551} = 4.257 \quad (18)$$

La parte real se iguala a cero.

$$-32.75w^2 + 0.35988 + 3.5035K_c = 0$$

Desarrollando.

$$32.75w^2 = 0.35988 + 3.5035K_c$$

$$w^2 = \frac{0.35988 + 3.5035K_c}{32.75} \quad (19)$$

Sustituyendo $K_c = 4.257$ en (19)

$$w_u = \sqrt{\frac{0.35988 + 3.5035K_c}{32.75}} = \sqrt{\frac{0.35988 + 3.5035 * 4.257}{32.75}} = 0.682$$

$$P_u = \frac{2\pi}{w_u} = \frac{2\pi}{0.682} = 9.212 \quad (3.14) (20)$$

Resultados

Tabla de sintonización para Ziegler-Nichols.

	P	PI	PID
K_C	$\frac{K_u}{2}$	$\frac{K_u}{2.2}$	$\frac{K_u}{1.7}$
τ_I		$\frac{P_u}{1.2}$	$\frac{P_u}{2}$
τ_D			$\frac{P_u}{8}$

Tabla 2

Fuente: *Elaboración propia*

Para un controlador Proporcional.

$$K_c = \frac{4.257}{2} = 2.128$$

Para un controlador Proporcional- Integral.

$$K_c = \frac{4.257}{2.2} = 1.935$$

$$\tau_i = \frac{P_u}{1.2} = \frac{9.212}{1.2} = 7.676$$

Para un controlador Proporcional-Integral-Derivativo.

$$K_c = \frac{4.257}{1.7} = 2.128$$

$$\tau_i = \frac{P_u}{2} = \frac{9.212}{2} = 4.606$$

$$\tau_D = \frac{P_u}{8} = \frac{9.212}{8} = 1.151$$

Conclusiones

En el presente artículo se puede evidenciar que las matemáticas son la herramienta fundamental para el desarrollo de las de las ecuaciones que finalmente nos conducen a los valores del controlador como son la parte proporcional, integral y derivativo.

El método de Ziegler-Nichols en cadena cerrada permite obtener los parámetros de un regulador PID, con resultados muy satisfactorios en la mayoría de los casos en los que es aplicable.

Referencias

Corripio, S. (1991). Control Automático de Procesos teoría y Prácticas. Editorial Limusa.

Guy, J. L. (1981). Fundamentals of chemicals process dynamics. CE Refresher: Process Dynamics.

Luyben, W. L. (1996). Process Modeling, Simulation, and Control for Chemical Engineers. second Edition.

Ogata, k. (1998). Ingeniería de Control Moderna. Prentice Hall.

Roger G. E. Franks. (1972). Modeling and Simulation in Chemical Engineering. WILEY-INTERSCIENCE.

Yunus A. Cengel (2003). Transferencia de Calor. (Segunda Edición). McGraw-Hill

Metodología de superficie de respuesta dual con variables de ruido cualitativas

Dual response surface methodology with qualitative noise variables

MARTÍNEZ-MENDOZA, Iván†*, VALLES, Adán and SÁNCHEZ-LEAL, Jaime

Universidad Tecnológica Paso del Norte, México.

Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez, México.

ID 1st Author: *Iván, Martínez-Mendoza* / CVU CONACYT ID: 483653

ID 1st Co-author: *Adán, Valles* / CVU CONACYT ID: 200105

ID 2nd Co-author: *Jaime, Sánchez-Leal* / CVU CONACYT ID: 61437

DOI: 10.35429/JIE.2020.13.4.13.18

Recibido Julio 25, 2020; Aceptado Diciembre 30, 2020

Resumen

La aplicación de la metodología de superficie de respuesta en la optimización de procesos industriales ha tenido un gran auge en las últimas décadas, sin embargo, con una limitante significativa, la nula inclusión de factores cualitativos en las variables de ruido. Ya que la metodología asume el comportamiento de los factores de ruido como una variable de comportamiento continua y que sigue una distribución normal. Pero que sucede si no es así, ¿Cómo tratar un factor de ruido cualitativo?, ¿Qué distribución de probabilidad ajustaría de mejor manera al factor de ruido cualitativo?, ¿Cuál sería la correcta inclusión de este tipo de factores de ruido en la metodología?, este artículo resume el trabajo de investigación de cuatro años desde el planteamiento matemático de las nuevas ecuaciones, simulaciones de casos utilizando software matemático y 2 casos reales en plantas maquiladoras que manufacturan piezas de plástico.

Superficie de respuesta, Factor de ruido cualitativo, Optimización de procesos, Distribución de probabilidad

Abstract

The application of the response surface methodology in the optimization of industrial processes has had a great boom in recent decades, however, with a significant limitation, the null inclusion of qualitative factors in the noise variables. Since the methodology assumes the behavior of the noise factors as a continuous behavioral variable that follows a normal distribution. But what happens if this is not the case? How to treat a qualitative noise factor? What probability distribution would best fit the qualitative noise factor? What would be the correct inclusion of this type of noise factor in the methodology? This article summarizes the four-year research work from the mathematical approach to the new equations, case simulations using mathematical software and 2 real cases in maquiladora plants that manufacture plastic parts.

Response surface, Qualitative noise factor, Process optimization, Probability distribution

Citación: MARTÍNEZ-MENDOZA, Iván, VALLES, Adán and SÁNCHEZ-LEAL, Jaime. Metodología de superficie de respuesta dual con variables de ruido cualitativas. Revista de Ingeniería Industrial. 2020. 4-13:13-18.

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

El principal objetivo del diseño robusto consiste en encontrar el nivel óptimo de los factores controlables en un proceso o producto con la finalidad de que los factores de ruido o no controlables no afecten al proceso. Hoy en día las aplicaciones estadísticas para la optimización de procesos son una herramienta útil empleada por la mayoría de las empresas para optimizar la media de sus procesos y disminuir la variabilidad. Con anterioridad se han resuelto problemas de factores robustos empleando el método de superficie de respuesta con factores de ruido cuantitativos, sin embargo, no se tiene registro de problemas resueltos donde los factores de ruido sean cualitativos.

La metodología de superficie de respuesta es un conjunto de técnicas estadísticas y matemáticas utilizadas en el análisis y modelado de problemas en las que una variable de estudio se ve afectada por otras variables. Los orígenes de la metodología de superficie de respuesta (MSR) se remiten al trabajo de Box y Wilson (1951), pero ha sido durante los últimos 20 años que esta metodología ha logrado un desarrollo considerable, tanto en aspectos teóricos como en aplicaciones en escenarios reales. Myers y Montgomery (2009) establecen que la MSR proporciona técnicas estadísticas bien establecidas que se pueden usar para implementar el diseño de parámetros robustos propuesto por Taguchi (1986) y superar sus limitaciones.

El objetivo último de la MSR es determinar las condiciones de operación óptimas del sistema o determinar una región del espacio de los factores en la que se satisfagan los requerimientos de operación (Montgomery, 2005).

Este método, introducido por Myers y Carter (1973), es llamado *superficie de respuesta dual* donde se puede optimizar la media y simultáneamente minimizar la varianza. Considerando el modelo de superficie de respuesta de segundo grado que incluye un factor de control (x) y uno de ruido cualitativo (z) da como resultado la ecuación 1.

$$y = \beta_0 + \beta_1x + \beta_{11}x^2 + \delta_1z + \delta_{11}xz + \varepsilon \quad (1)$$

Donde las betas y deltas representan los coeficientes de los factores de control y ruido y la épsilon el error aleatorio del modelo. El factor de ruido es una variable aleatoria de la cual usualmente no se conoce su distribución de probabilidad ni su valor esperado ni su varianza. Aplicando el operador de valor esperado y de la varianza se obtiene las ecuaciones 2 y 3.

$$E(y) = \beta_0 + \beta_1x + \beta_{11}x^2 + \delta_1E(z) + \delta_{11}xE(z) \quad (2)$$

$$V(y) = (\delta_1 + \delta_{11}x)^2V(z) + \sigma^2 \quad (3)$$

Ya que el valor esperado y la varianza de la variable de ruido z no se conocen, se tienen que estimar a partir de una muestra representativa de sus posibles valores.

El objetivo principal de la investigación presentada en este artículo es desarrollar una metodología que permita optimizar la media y la varianza simultáneamente empleando el método de superficie de respuesta dual en problemas con parámetros robustos que contengan factores de ruido cualitativos y permita aplicar esta metodología en procesos industriales para validar su aplicación exitosa en la optimización de procesos industriales.

La empresa seleccionada para la aplicación de la metodología es la empresa juarense Termoformados de la Frontera®, empresa con más de 11 años laborando en el termoformado de charolas y partes de plásticos para empresas como Harman®, Robert Bosh®, Continental®, entre otras.



Figure 1



Figure 2

Desarrollo

Los pasos que se seguirán para definir la metodología de superficie de respuesta dual con variables de ruido cualitativas (MSRDVC) son:

- Definir modelos de la respuesta cuya solución óptima se pueda conocer analíticamente.
- Usar los modelos para simular la respuesta en las corridas experimentales de acuerdo con un diseño experimental apropiado.
- Identificar la distribución de probabilidad de las variables de ruido cualitativas.
- Obtener la solución que optimiza simultáneamente la media y la varianza.
- Comparar la solución obtenida con la metodología MSRDVC con la solución obtenida analíticamente para verificar la efectividad de la metodología MSRDVC.
- Validar la metodología MSRDVC en un caso real.

Metodología

El primer caso consiste en una estación de corte donde entra la charola con núm. de parte 1897-23 perteneciente al cliente Harman by Samsung®, en el cual las charolas termoformadas tienen que ser cortadas y separadas después del proceso de termoformado, debido a que la hoja de plástico que entra a la máquina termoformadora permite en una misma hoja termoformar 2 charolas a la vez, esto por las dimensiones relativamente pequeñas del producto 1 pulgada y media de diámetro.

Para este caso en particular la variable de respuesta de calidad que se medirá es el porcentaje de charolas mal cortadas por cada intervención de los tres distintos empleados, digamos el scrap que cada uno produce al realizar la operación.



Figura 3 Máquina cortadora de charolas Harman

Para este caso se tomó un factor de control y uno de ruido cualitativo, el factor controlable es la velocidad con la que baja la navaja de la máquina mientras que el factor de ruido cualitativo es el operador en sus niveles: Alex, Ramón y Héctor.

Se procedió a encontrar la ecuación que modelara matemáticamente el proceso de corte y se calculó la siguiente ecuación la cual tiene un máximo en 1.5 lo cual modelara un máximo en la variable de calidad 1.5 pulgadas de diámetro.

$$y(x, z) = 1 + 1x - .5x^2 - .5z + .5xz \quad (3)$$

En la figura 4 se muestra el diseño factorial del proceso de corte para cada corrida experimental correspondiente. Sus tres partes son la factorial 3^2 y sus 3 réplicas. Para evaluar la respuesta se toman muestras durante 3 semanas 5 días a la semana en el único turno que trabaja la cortadora y con los diferentes niveles del factor de ruido (operador). De tal manera que la respuesta y se generó empleando la ecuación 6 y sumándole el error aleatorio simulado.

StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	velocidad corte	operador
9	1	1	1	3	3
3	2	1	1	1	3
13	3	1	1	2	1
25	4	1	1	3	1
11	5	1	1	1	2
23	6	1	1	2	2
12	7	1	1	1	3
19	8	1	1	1	1
26	9	1	1	3	2
2	10	1	1	1	2
16	11	1	1	3	1
24	12	1	1	2	3
15	13	1	1	2	3
7	14	1	1	3	1
27	15	1	1	3	3
5	16	1	1	2	2
6	17	1	1	2	3
4	18	1	1	2	1
22	19	1	1	2	1
20	20	1	1	1	2
10	21	1	1	1	1
18	22	1	1	3	3

Figura 4 Diseño Factorial Minitab®

Después de obtener por medio del muestreo la respuesta correspondiente a cada corrida experimental del diseño factorial se introduce la respuesta en el software Minitab® para obtener un modelo de regresión lineal. Se procede a generar empleando Minitab® el modelo de regresión lineal que se ajuste a los datos obtenidos de la respuesta. Luego, a partir de este modelo general, se obtienen las superficies de respuesta tanto para la media como la varianza.

El siguiente paso consiste en identificar la distribución a la que mejor se ajustan los datos del factor de ruido, para nuestro caso se asumió que el comportamiento del factor de ruido sería una distribución de probabilidad uniforme discreta. Para esto se llevó a cabo el muestreo del factor de ruido. En la figura 5 se muestra la tabla donde se realizó el muestreo de los valores que representan los niveles del factor de ruido empleando el software Excel®.

En la primera parte podemos observar la simulación del factor de ruido generando un numero aleatorio entre 0 y 1 y después se asignan tres posibles diferentes niveles para el factor, nivel -1 si el numero está entre 0 y .33 correspondiente a Ramon, nivel 0 si esta entre 0.34 y .66 correspondiente a Alex y por último el nivel 1 si esta entre .67 y 1 correspondiente a Hector.

Además, el macro en Excel incluye una serie de graficas que nos permite observar la aleatoriedad para el factor de ruido en la primera gráfica y el comportamiento de la media y desviación estándar, cabe destacar que solo son 18 muestras por día debido a que la operación de corte se hace cada 30 minutos en el turno para evitar acumulación de charolas, el turno tiene 9 horas operativas y se realizan 18 operaciones de corte, también es importante comentar que el empleado desocupado acciona la operación. Con la media en 1.83 podríamos decir que el empleado Alex es el que más seguido la ópera en un turno.

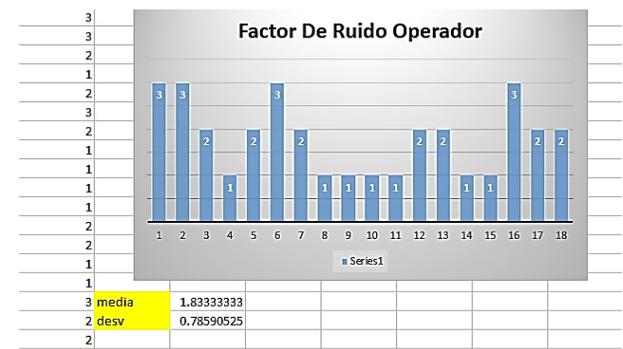


Figura 5 Factor de ruido Cualitativo Excel®



Figura 6 Proceso de Corte

Resultados

Una vez obtenidos el modelo general en el software Minitab® y la media y varianza del factor de ruido se emplea el software matemático Matlab® que permite optimizar los modelos de primer y segundo grado que se obtienen al hacer el análisis de superficie de respuesta dual y encontrar el máximo y el peso óptimo de la media. Además del criterio simultaneo y el peso optimo ideal, el criterio simultaneo permite optimizar juntos la media y varianza en el modelo para cada una de las quince simulaciones y al final los totales.

Los resultados con un factor de control y un factor de ruido cualitativo con un comportamiento de una distribución uniforme se muestran en la tabla 1, donde se muestra los resultados de 15 corridas en la tabla 1. En las primeras dos columnas se incluyen la media del factor de ruido $E(z)$ y varianza simulada $V(z)$ y en las restantes se muestran el valor máximo de la media y el valor mínimo de la varianza al optimizarse de manera independiente.



Figura 7 Producto terminado

z	Vz	E(max)	V(min)	max simultaneo	peso opt
0.008	0.06804	1.45662	0.21227	1.45642	1/9500
-0.001	0.01	1.41411	0.19997	1.41399	1/12000
0.005	0.06944	1.63876	0.26855	1.63858	1/9000
-0.003	0.0658	1.63882	0.26857	1.63862	1/8000
0	0.06868	1.3286	0.17652	1.32832	1/7500
0.013	0.07405	1.5537	0.2414	1.5536	1/5000
0.006	0.0562	1.58682	0.2518	1.58665	1/5000
0.004	0.06852	1.62304	0.26342	1.6229	1/5000
0.007	0.06516	1.47488	0.21753	1.47471	1/9000
0.004	0.0665	1.47906	0.21876	1.47889	1/8500
0.008	0.05793	1.44536	0.20891	1.44518	1/8500
0.005	0.06944	1.53928	0.23694	1.53911	1/9000
-0.004	0.05842	1.44133	0.20774	1.44117	1/9000
0.008	0.07208	1.47649	0.218	1.47632	1/8500
0.012	0.05915	1.5649	0.24489	1.56467	1/9000
0.0048	0.0661927	1.510785	0.2290113	1.510608667	1/11250

Tabla 1 Resumen de Resultados

Se verifica la cercanía de la respuesta con el valor ideal de 1.5 pulgadas, con el fin de validar la funcionalidad de la metodología, la respuesta óptima es un diámetro de 1.5 pulgadas, si comparamos el valor de 1.51060 el error total porcentual sería del .7%, aunado a una varianza promedio de .29 que relativamente es un valor bajo. Y dado que los límites de especificación de la charola es 1.5 pulgadas más menos .12 pulgadas estamos dentro de los límites especificados.

Conclusiones

Como se puede observar en la tabla de resumen de resultados en promedio todos los resultados se acercaron bastante al valor óptimo de respuesta, lo cual muestra resultados muy cercanos al valor óptimo de la media de 1.5 pulgadas y una varianza promedio de .22 pulgadas. Respecto a los resultados observados en la aplicación para la optimización de la operación de corte empleando la superficie de respuesta dual en un caso real en la empresa Termoformados de la Frontera® con el propósito de verificar que la metodología resuelva distintos casos que se puedan presentar en la práctica de los procesos industriales.

También cabe destacar que con los resultados previstos en esta investigación desde los primeros resultados dados por medio de simulación nos da la idea de que la mejor manera de introducir el factor de ruido cualitativo en la superficie de respuesta dual sería asumiendo el supuesto de que el factor de ruido sigue una distribución uniforme discreta y que es útil el método Montecarlo (-1, 0, 1) para representar los niveles, siempre y cuando este tenga 3 niveles.

Referencias

Box y Wilson (1951) *Introducción a la Metodología de Superficie de Respuesta*, la revista de la Royal Statistical Society

Myers R. y Montgomery D. (2009), *Response Surface Methodology*, New York

Myers R. y Montgomery D. (1995), *Response Surface Methodology*, New York

Myers R. Y Carter (1973), *Response Surface Techniques for dual response*

Montgomery D. (2005), *Diseño y análisis de experimentos*. Editorial Limusa 2da Ed. pp 1

Taguchi, G. (1986) Introduction to Quality Engineering: Designing Quality into Products and Processes. Asian Productivity Organization, Tokyo.

Mejoramiento de la calidad en la recepción de materias primas, mediante la implementación de un plan de muestreo por variables

Quality improvement in the reception of raw materials, through the implementation of a sampling plan by variables

HERNÁNDEZ-BENITO, Fernando†, GONZÁLEZ-SÓBAL, Martín*, GÓMEZ-MÁRQUEZ, Montserrat y SOLÍS-JIMÉNEZ, Miguel Ángel

Colegio Diocesano José Antonio González Peña, México.

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Huatusco, Maestría en Ingeniería, División Ingeniería Industrial, México.

ID 1^{er} Autor: *Fernando, Hernández-Benito* / ORC ID: 0000-0002-3944-6849, PubMed Author ID: 240961198, Researcher ID Thomson: ABC-2759-2020.

ID 1^{er} Coautor: *Martín, González-Sóbal* / ORC ID: 0000-0003-0038-8319, Researcher ID Thomson: N-6243-2018, CVU CONACYT ID: 463431

ID 2^{do} Coautor: *Montserrat, Gómez-Márquez* / ORC ID: 0000-0002-2901-1745, Researcher ID Thomson: S-8535-2018, CVU CONACYT: 999026

ID 3^{er} Coautor: *Miguel Ángel, Solís-Jiménez* / ORC ID: 0000-0002-8125-0989, Researcher ID Thomson: N-6243-2018, CVU CONACYT ID: 94216

DOI: 10.35429/JIE.2020.13.4.19.31

Recibido Julio 25, 2020; Aceptado Diciembre 30, 2020

Resumen

Objetivo: Garantizar la adecuada inspección de materia prima y material de empaque por el área de inspección-recibo mediante la implementación de un plan de muestreo efectivo que permita disminuir el porcentaje de materia prima defectuosa y su impacto en el proceso productivo. **Metodología:** Se basa en el ciclo de mejora continua (PHVA) dentro de la cual se realiza un diagnóstico para determinar el estado actual del proceso de inspección, lo que permitirá definir nuevas estrategias de acción encaminadas a estandarizar el proceso de inspección, mediante la implementación de un plan de muestreo por variables en base a la norma MIL-STD 414, una vez implementado se procede a documentar dicho proceso, a la par se realiza la integración de proveedores, mediante evaluaciones periódicas con el fin de que conozcan la dinámica del nuevo proceso de inspección y trabajar sólo con aquellos proveedores comprometidos con la calidad de sus insumos. **Contribución:** Reducción del porcentaje de materia prima defectuosa, de un 21% a un 13%, lo que significa un nivel de calidad aceptable de los materiales de un 87%.

Plan de muestreo, Nivel de calidad aceptable, Proveedores

Abstract

Objective: To guarantee the adequate inspection of raw material and packaging material by the inspection-receipt area by implementing an effective sampling plan that allows reducing the percentage of defective raw material and its impact on the production process. **Methodology:** It is based on the continuous improvement cycle (PHVA) within which a diagnosis is made to determine the current state of the inspection process, which will allow defining new action strategies aimed at standardizing the inspection process, through the implementation of a sampling plan by variables based on the MIL-STD 414 standard, once implemented, this process is documented, at the same time the integration of suppliers is carried out, through periodic evaluations in order to know the dynamics of the new inspection process and work only with those suppliers committed to the quality of their inputs. **Contribution:** Reduction of the percentage of defective raw material, from 21% to 13%, which means an acceptable quality level of the materials of 87%.

Sampling plan, Acceptable quality level, Supplier

Citación: HERNÁNDEZ-BENITO, Fernando, GONZÁLEZ-SÓBAL, Martín, GÓMEZ-MÁRQUEZ, Montserrat y SOLÍS-JIMÉNEZ, Miguel Ángel. Mejoramiento de la calidad en la recepción de materias primas, mediante la implementación de un plan de muestreo por variables. Revista de Ingeniería Industrial. 2020. 4-13:19-31.

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: martinglezs@itshuatusco.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Esta investigación se enfoca en implementar un plan de muestreo de aceptación por variables, identificando las materias primas y materiales de empaque adecuados para la fabricación de productos dentro de una empresa, que se dedica a la manufactura textil de contenedores de polipropileno, en el municipio de Paraje Nuevo, Córdoba, Veracruz, México. Este proyecto se ejecutó durante el segundo semestre del año 2019.

En la actualidad la empresa se rige bajo un sistema de calidad en donde al recibir materiales para la producción, se inspecciona solo un 10% de ellos, obteniendo resultados poco favorables, puesto que la calidad no es adecuada y en ocasiones estos materiales, se desechan o reutilizan para actividades extras, ocasionando retrasos en la producción, y producto terminado de baja calidad.

De lo anterior surge la necesidad de implementar una herramienta de mejora para el proceso de recepción de materiales, basada en el ciclo de mejora continua PHVA, dicha técnica corresponde a diseñar un plan de muestreo para aceptación por variables, su aplicación permitirá a la empresa recibir lotes de materia prima en grandes cantidades.

Para lograr lo anterior, en primer lugar, se evalúa el método actual de inspección, con el fin de conocer su nivel de eficiencia, así mismo se realiza una clasificación de proveedores, partiendo del nivel de calidad de sus insumos. En segundo lugar, se diseña e implementa el plan de muestreo por variables, tomando como base la norma MIL-STD-414, lo que permitirá definir el tamaño de muestra a inspeccionar en diferentes tamaños de lotes, así mismo definir criterios de aceptación o rechazo de los mismos.

Se evaluaron 27 embarques con el plan de muestreo propuesto, lo cual trajo grandes beneficios para la empresa, en comparación con el método de inspección anterior. En cuanto al nivel de calidad aceptable (NCA) de los insumos, este mejoró de un 79% a un 87% comparando el primer y segundo semestre del año 2019, respectivamente.

En relación al desempeño de los proveedores, su calificación global comparando los años 2018 y 2019, paso de 89.375% a 85.92% respectivamente, esta disminución se debe a que antes de la implementación del plan de muestreo, no se realizaba una evaluación tan exhaustiva como la actual, sin embargo, los proveedores mantienen el compromiso de mejorar la calidad de sus insumos.

Revisión de literatura

De acuerdo con (Barra, 2012), la calidad es dar al cliente o a la siguiente persona en el proceso lo que requiere ya sea un bien o un servicio adecuado para su uso y hacer esto de tal manera que cada tarea se realice correctamente desde la primera vez y a un adecuado equilibrio económico.

La obligación principal del productor y del vendedor es asegurar al comprador el desempeño y economía de los productos y servicios de una manera efectiva, tal como lo menciona Armand V. Feigenbaum (1991), y cuando éste no se ha llevado a cabo, es la obligación del productor y vendedor, no del comprador, el arreglar las cosas y cargar con el costo.

Según Salinas (2014), una muestra está constituida por sujetos o unidades de observación, a partir de los cuales se hará inferencia al resto de la población no estudiada; es muy importante la selección adecuada de la muestra para lograr representatividad de la población de interés, de lo contrario los hallazgos de la investigación estarían sesgados u orientados a ciertas características.

Muestreo de aceptación por variables

En los planes de muestreo de aceptación por variables se especifican el número de artículos que hay que muestrear y el criterio para juzgar los lotes cuando se obtienen datos de las mediciones respecto a la característica de calidad que interesa, ya que como comenta Juan C. Sandoval (2010), estos planes se basan generalmente en la media y desviación estándar muestrales de la característica de calidad.

Cuando se conoce la distribución de la característica en el lote o el proceso, es posible diseñar planes de muestreo por variables que tengan riesgos especificados de aceptar y de rechazar lotes de una calidad dada

Muestreo de aceptación según MIL-STD 414

Las tablas MIL – STD 414 proporcionan el tamaño de la muestra y el valor crítico de aceptación, para el muestreo de aceptación de productos con especificaciones superior, inferior o ambas, tanto para procesos con variabilidad conocida como desconocida, tal como lo menciona Rendón Castaño (2013).

Así mismo, utilizan el método de la desviación y el método del rango o recorrido, bajo dos modalidades, denominadas: forma M y forma K. Adicionalmente, contemplan el diseño de planes para cinco niveles de inspección.

En este tipo de planes se toma una muestra aleatoria del lote y a cada unidad de la muestra se le mide una característica de calidad de tipo continuo (longitud, peso, espesor, etc.), y en contraste con el muestreo por atributos, no se trata de clasificar a cada unidad como defectuosa o no, sino de registrar la medición de cada pieza. Con base en estas mediciones, se calcula un índice (estadístico) que de acuerdo con su valor se aceptará o rechazará todo el lote. Por lo general, el índice toma en cuenta la información muestral (media, desviación estándar) y las especificaciones de la característica de calidad.

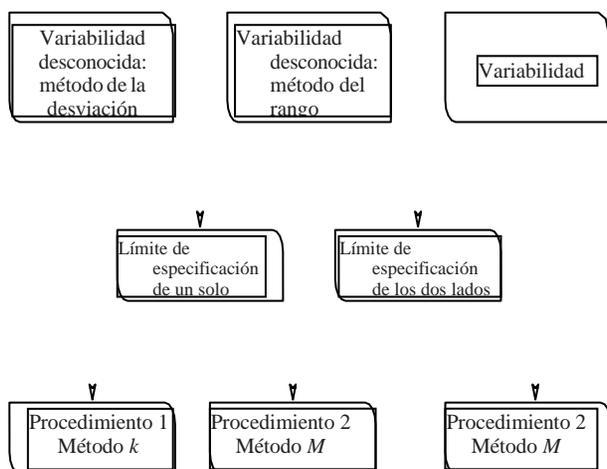


Figura 1 Organización del MIL STD 414

Fuente: (Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar, *Control estadístico de la Calidad y Seis Sigma*, 2013).

Con base a Humberto & Román (2013), el MIL STD 414 es un plan para muestreo de aceptación por variables lote por lote. El punto principal de este estándar es el nivel de calidad aceptable (NCA o AQL), y comprende porcentajes que van de 0.04 a 15%. El estándar tiene cinco niveles generales de inspección; al nivel IV se le considera el “usual”.

La MIL-STD-414 está estructurada de una forma parecida a la MIL-STD-105E. Utiliza el concepto de NCA, cuenta con cinco niveles de inspección (I - V) y niveles de inspección normal, reducida y rigurosa. Si no se indica otra cosa el nivel a aplicar es el IV. Consta a su vez de cuatro secciones A, B, C y D.

Metodología para crear un plan MIL-STD 414

1. Determinar el tamaño del lote.
2. Especificar el NCA (o AQL).
3. Escoger el nivel de inspección, usualmente el nivel IV, que puede ser cambiado si la situación lo justifica.
4. En la tabla 1 y de acuerdo con el tamaño de lote y el nivel de inspección, encontrar la letra código del tamaño de la muestra.
5. Posteriormente en la tabla 2 y de acuerdo con la letra código y el NCA, se busca el plan simple para inspección normal, que consiste en un tamaño de muestra n , y del valor M , que es el porcentaje máximo de defectuosos tolerado en el lote.
6. En la misma tabla 2 y partiendo de los NCA que están en la parte inferior, se encuentra el plan que se emplearía bajo inspección severa, con sus correspondientes valores para n y M .
7. Seleccionar de manera aleatoria una muestra de tamaño n , y a cada pieza de ésta se le mide la característica de calidad. Con los datos obtenidos calcular la media (\bar{X}) y la desviación estándar muestral (S).
8. A partir de las fórmulas siguientes, de acuerdo con el tipo de especificaciones que tenga la característica de calidad, calcular los índices ZES y ZEI.

$$ZES = (ES - \bar{X}) / S \tag{1}$$

$$ZEI = (\bar{X} - EI) / S \tag{2}$$

9. Estimar la proporción de unidades defectuosas en el lote. Para ello, en la tabla 3, en la columna de ZEI y ZES, se debe ubicar su correspondiente valor y desplazarse por ese renglón hasta la columna del tamaño de muestra del plan de inspección, n. El valor que se localice en la intersección valor de Z y n, corresponde a la estimación del porcentaje de defectuosos del lote de lado inferior, pi , o del lado superior, ps , respectivamente.

10. Decisión de aceptación o rechazo (Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar, Control estadístico, 2013):

- Para variables sólo con especificación inferior. Aceptar el lote si pi es menor o igual al valor de M. En caso contrario rechazarlo.
- Para variables sólo con especificación superior. Aceptar el lote si ps es menor o igual que M. En caso contrario rechazarlo.
- Para variables con doble especificación. Aceptar el lote si la suma de los porcentajes inferior y superior, $p = pi + ps$, es menor o igual que M. En caso contrario rechazar el lote.

No	Niveles de inspección				
	I	II	III	IV	V
	B	B	B	B	C
	B	B	B	B	D
	B	B	B	C	E
	B	B	B	D	F
	B	B	C	E	G
	B	B	D	F	H
	B	C	E	G	I
	B	D	F	H	J
	C	E	G	I	K
	D	F	H	J	L
	E	G	I	K	L
	F	H	J	L	M
	G	I	L	M	N
	H	J	M	N	O
	I	K	N	O	P
	I	K	O	P	Q
17	I	K	P	Q	Q

Tabla 1 Nivel de Inspección de la MIL STD 414
Fuente: (Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar, Control estadístico de la Calidad y Seis Sigma, 2013)

Codigo	Muestra
B	3
C	4
D	5
E	7
F	10
G	15
H	20
I	25
J	30
K	35
L	40
M	50
N	75
O	100
P	150
Q	200

Tabla 2 Letras Códigos para el tamaño de muestra de la MIL STD 414

Fuente: (Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar, Control estadístico de la Calidad y Seis Sigma, 2013)

Letra código del tamaño de la muestra	Tamaño de la muestra	Nivel de calidad aceptable: NCA o AQL (inspección normal)													
		0.04	0.065	0.10	0.15	0.25	0.40	0.65	1.00	1.50	2.50	4.00	6.50	10.0	15.0
B	3	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
C	4	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
D	5	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
E	7	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
F	10	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
G	15	0.099	0.099	0.312	0.503	0.818	1.31	2.11	3.05	4.31	6.56	9.46	13.71	18.94	25.61
H	20	0.135	0.135	0.365	0.544	0.846	1.29	2.05	2.95	4.09	6.17	8.92	12.99	18.03	24.53
I	25	0.155	0.156	0.380	0.551	0.877	1.29	2.00	2.86	3.97	5.97	8.63	12.57	17.51	23.97
J	30	0.179	0.179	0.413	0.581	0.879	1.29	1.98	2.83	3.91	5.86	8.47	12.36	17.24	23.58
K	35	0.170	0.170	0.388	0.535	0.847	1.23	1.87	2.68	3.70	5.57	8.10	11.87	16.65	22.91
L	40	0.179	0.179	0.401	0.566	0.873	1.26	1.88	2.71	3.72	5.58	8.09	11.85	16.61	22.86
M	50	0.163	0.163	0.363	0.503	0.789	1.17	1.71	2.49	3.45	5.20	7.61	11.23	15.87	22.00
N	75	0.147	0.147	0.330	0.467	0.720	1.07	1.60	2.29	3.20	4.87	7.15	10.63	15.13	21.11
O	100	0.145	0.145	0.317	0.447	0.689	1.02	1.53	2.20	3.07	4.69	6.91	10.32	14.75	20.66
P	150	0.134	0.134	0.293	0.413	0.638	0.949	1.43	2.05	2.89	4.43	6.57	9.88	14.20	20.02
Q	200	0.135	0.135	0.294	0.414	0.637	0.945	1.42	2.04	2.87	4.40	6.53	9.81	14.12	19.92

Tabla 3 Tabla para inspección normal y severa (variabilidad desconocida, método de la desviación estándar), método M.

Fuente: (Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar, Control estadístico de la Calidad y Seis Sigma, 2013)

Metodología

Esta investigación es de tipo mixta, lo que permitirá evaluar el proceso de inspección de materias primas, sobre una metodología cuantitativa, mientras que el enfoque cualitativo nos presentará el nivel de desempeño de los proveedores, en relación con la calidad de sus insumos. Todo esto bajo la guía del enfoque de mejora continua, que a continuación se presenta.

Fase: Planear

El siguiente esquema presenta la forma actual en que se realiza el proceso de inspección y análisis de materia prima:

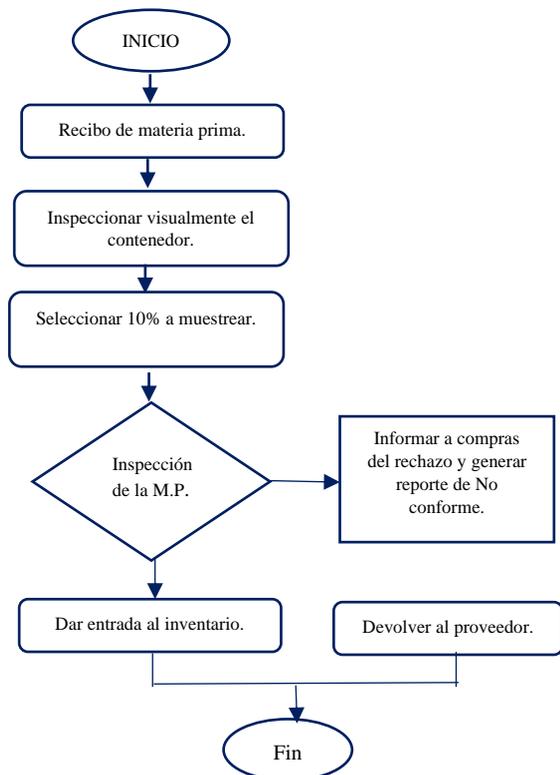


Figura 2. Método de la Inspección al 10%

Fuente: *Elaboración propia.*

Del proceso anterior, se evalúa su desempeño durante el primer semestre del año 2019, a continuación, se presentan los resultados obtenidos, por cuestiones de confidencialidad, se presentan sólo algunos de los insumos empleados por la empresa.

Inspección de tela.

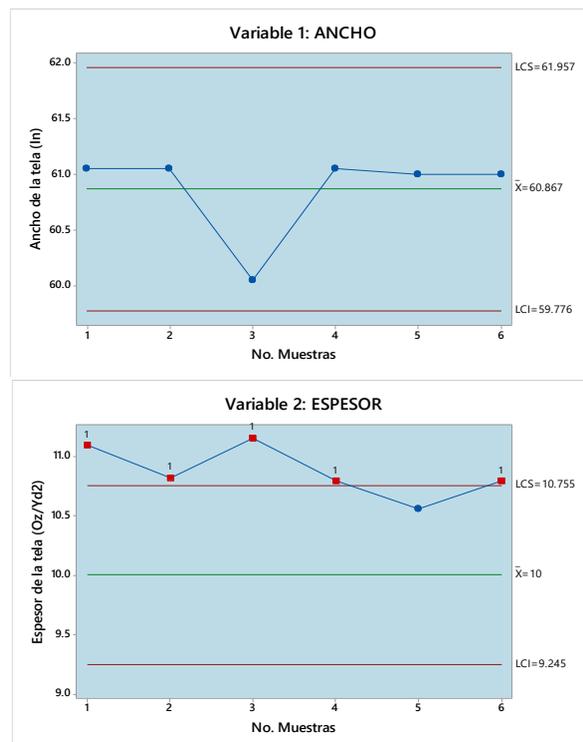


Figura 3 Inspección de tela semestre 1, 2019

Fuente: *Elaboración propia*

Los gráficos anteriores se realizaron en el programa MINITAB, podemos darnos cuenta, que la decisión de aceptar o rechazar dicho lote, resulta un tanto compleja, debido a que el material respecto a la variable “ancho” tuvo un registro de 60.8” y fue aprobado, al encontrar que las muestras tomadas se encontraban dentro de LE, es decir, entre 59.7” y 61.9”. Analizando la variable “espesor”, considerada la más crítica en este insumo, obtuvo un registro de 10 Oz/Yd², las muestras posteriores tuvieron un desempeño por encima de los LE (9.2 Oz/Yd² a 10.7 Oz/Yd²), generando un defecto en la materia prima solicitada y un riesgo para la maquinaria.

Inspección de liner.

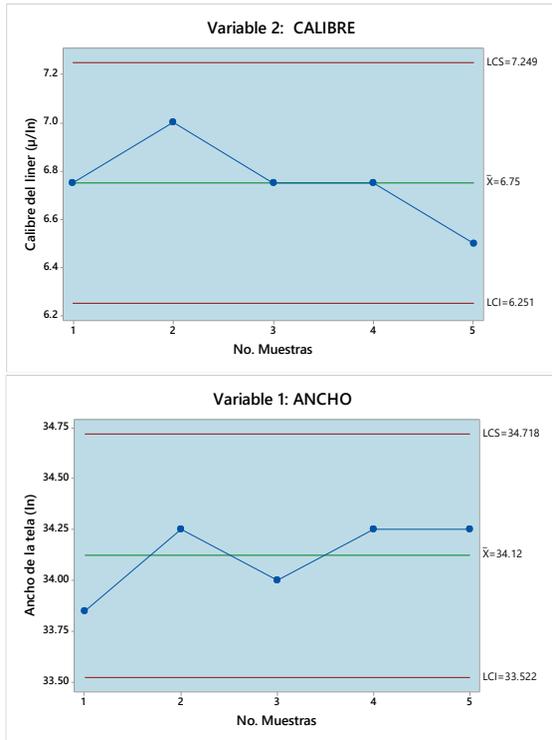


Figura 4 Inspección de liner semestre 1, 2019
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la figura 4, podemos ver que la inspección del liner cumple los LE, tanto en la variable “ancho” al estar dentro de los límites permisibles (33.5” a 34.7”), como también en la variable “calibre” (6.7 μ/In), al estar las muestras dentro de los límites aceptables (6.2 μ/In a 7.2 μ/In).

Inspección de cartón

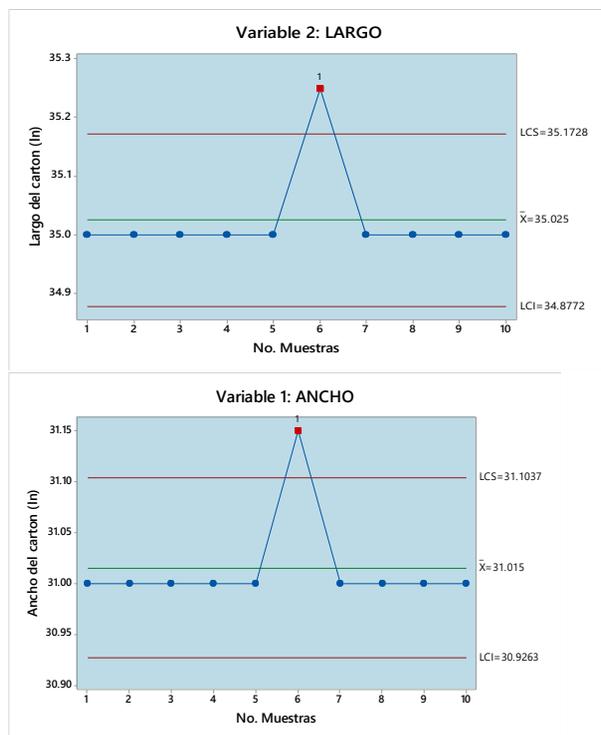


Figura 5 Inspección de Cartón 1er semestre 2019
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los gráficos anteriores, podemos ver que el cartón mantenía la variable “ancho” en 31” y sus muestras estaban cerca de esa magnitud, pero una muestra superó los LE permitidos (30.9” a 31.1”) por lo cual se procedió a revisar la variable “largo”, la cual debería medir 35” encontrándose que una muestra superaba el LES de 35.17”, por lo que el producto no cumple las especificaciones requeridas y tampoco es apto para el proceso productivo.

Durante la ejecución del diagnóstico, en el primer semestre del año 2019, se recibieron 148 lotes de materia prima y material de empaque, de los cuales 39 de ellos mostraban algún tipo de defecto por parte del proveedor, lo que representa un 21% de los embarques recibidos.

En relación con lo anterior, se realizó una encuesta para evaluar el desempeño de los proveedores que fungieron como tal, durante el último semestre del año 2018 y a la fecha. Los resultados obtenidos se presentan en el siguiente gráfico:

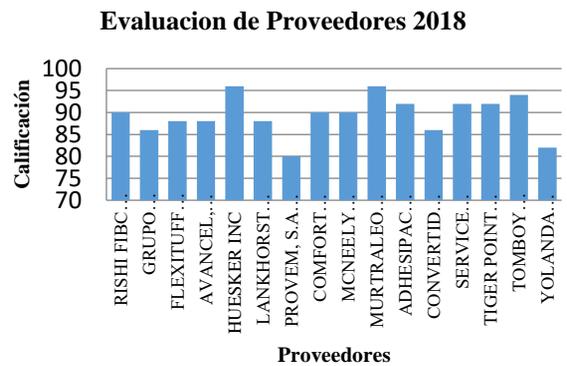


Figura 6 Grafica de Evaluación de Proveedores 2018.
Fuente: Elaboración propia

Del gráfico anterior podemos observar el desempeño de los proveedores en una escala del 0 al 100, respecto al grado de cumplimiento de las especificaciones requeridas, teniendo una calificación promedio de 89.37.

Etapas: Hacer

Partiendo del diagnóstico de la situación actual, se definen las estrategias que se implementaran para mejorar el proceso de inspección de materia prima, estas se centran en dos ejes principales: definición de criterios para inspección visual y el diseño del plan de muestreo por variables en base a la norma MIL-STD 414.

Criterios para inspección visual.

Se definen criterios para la verificación visual de materia prima de acuerdo con los aspectos de calidad e inocuidad, los cuales se verificarán al ingresar un nuevo contenedor al área de desembarque de la planta, entre los cuales están:

1. Inocuidad del empaque de la materia prima: Se evalúa la presentación del empaque y protección del material, si el lote llega con protección alrededor de cada caja o paca, y sobre todo que el empaque llega sin defectos, limpio y en condiciones inocuas.
2. Identificación de la materia prima: Si cumple con una etiqueta de identificación del material, y que esta contenga los datos adecuados como lo es: tipo de material, lote al que pertenece, dimensiones o especificaciones del producto, y si se encuentra visible.
3. Estibado y embalaje de la materia prima: Se verifica el acomodo o estibación del material dentro del embarque o contenedor, que cuente con tarima si es necesario, sin daños por montacargas o si se encuentra con defectos por no venir flejado el material.
4. Transporte de la materia prima: Respecto a este criterio, se incluyen los golpes, perforaciones, material dañado por transporte o por defectos en el contenedor.

Plan de muestreo.

De acuerdo con la MIL-STD-414 y su tabla de secciones se implementará la sección B para realizar dicho muestreo, debido a que se realizara una descripción normal de cada una de las materias primas que se reciben. A continuación, se presenta el desarrollo de dicho plan:

a) Definición de la población.

Los materiales con los que se trabaja en el área de recibo son:

MATERIAL	AREA DE APLICACION	SUBCANTIDAD	CANTIDAD TOTAL/
Tela	Dunnage/ IBC/ Chutes / Geotextil.	N/A	120 Piezas
Liner	Dunnage / IBC	N/A	30 Piezas
Cartón Esquineros	Dunnage/ IBC / Chutes / Geotextil.	15 Estibas	15,000 Piezas
Cartón Cajas	Dunnage/ IBC / Chutes / Geotextil.	12 Estibas	1,000 Piezas
Hilo	Dunnage / IBC / Chutes / Geotextil.	6 Estibas	N/A
Gasket	Dunnage	100 Cajas	70,000 Piezas
Tarimas	Dunnage / IBC / Chutes / Geotextil	N/A	120 Piezas
Válvulas	Dunnage	500 Cajas	450,000 Piezas
Porta-documentos	N/A	50 Cajas	50,000 Piezas
Fleje	Dunnage / IBC / Chutes	30 bobinas	N/A

Tabla 1 Materiales y Cantidades manejadas en la empresa
Fuente: Elaboración propia

b) Elección del tamaño de lote

Al recibir el material el inspector del área de recibo realizará una inspección visual, verificando el tamaño de lote que está recibiendo, de acuerdo con la siguiente tabla:

No.	TAMAÑO DEL LOTE
1	3 a 8
2	9 a 15
3	16 a 25
4	26 a 40
5	41 a 65
6	66 a 110
7	111 a 180
8	181 a 300
9	301 a 500
10	501 a 800
11	801 a 1 300
12	1 301 a 3 200
13	3 201 a 8 000
14	8 001 a 22 000
15	22 001 a 110 000
16	110 001 a 550 000
17	550 001 y más

Tabla 2 Tamaño del lote de la MIL STD 414
Fuente: (Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar, Control estadístico de la Calidad y Seis Sigma, 2013).

c) Elegir el tipo de inspección.

Una vez que se conoce el número de rango en el que se encuentra el lote recibido, se designa el código y nivel de inspección, recordemos que el más usado, es el nivel IV, esto de acuerdo con la tabla 1.

d) Elección del tipo de inspección.

Una vez definido el código y nivel de inspección, se procede a determinar el tamaño de muestra que se inspeccionará, esto de acuerdo con la tabla 2.

e) Determinar el nivel de calidad aceptable (NCA)

En este punto tomamos la tabla 3, se recomienda utilizar una inspección al 2.5% de porcentaje de defectos (NCA), con el código de tamaño de muestra y el NCA se determina el factor M.

f) Análisis de muestra.

Definidos los factores del inciso anterior y con ayuda las fórmulas 1 y 2, se determinan los límites de rechazo y aceptación para cada lote.

g) Toma de decisión

Una vez determinados los porcentajes p_i y p_s , contra el valor M, se toma el siguiente criterio de decisión:

Si $p_i + p_s > M$, se rechaza el lote.

Si $p_i + p_s < M$, se acepta el lote.

Etapas: Verificar

1. Aplicación de la inspección visual

Al recibir un embarque de materia prima, se evalúa a partir del formato de inspección de calidad e inocuidad de materia prima. A partir de él se evalúa a los proveedores. Dicho formato se presenta a continuación:

MATERIAL	CODIGO	FECHA	INSPECCIONÓ
OBSERVACION			

INOCUIDAD EN EL EMPAQUE DE LA MATERIA			
ILUSTRACION	ESPECIFICACION	SI	NO
	Limpieza del empaque de la materia prima.		
	Cuenta con protección plástica en el cuerpo.		
	Mantiene un empaque sin rasaduras, roturas o desperfectos.		

IDENTIFICACION DE LA MATERIA			
ILUSTRACION	ESPECIFICACION	SI	NO
	Cuenta con etiqueta de identificación.		
	La etiqueta o sello es visible al inspector.		
	La etiqueta mantiene los datos adecuados.		

EMBALAJE DE LA MATERIA			
ILUSTRACION	ESPECIFICACION	SI	NO
	La M.P. cuenta con tarima o base adecuada.		

TRANSPORTE DE LA MATERIA			
ILUSTRACION	ESPECIFICACION	SI	NO
	El contenedor se encuentra limpio.		

Figura 7 Criterios a Evaluar en la Inspección Visual de Inocuidad de la materia prima y AIB

Fuente: Elaboración propia

2. Implementación del plan de muestreo

El objetivo del plan de muestreo es determinar si las materias primas y materiales de empaque cumplen las especificaciones, por ello se implementa y verifica su funcionalidad, para finalmente estandarizar su aplicación en la planta; además de servir como herramienta metodológica al evaluar los lotes de materiales que se reciben.

A continuación, se presenta su aplicación en 3 embarques recibidos, por motivos de confidencialidad, no se puede mostrar el total de embarques evaluados.

Embarque 1

El embarque de liner que se recibe mantiene un total de 15 rollos y de acuerdo con el muestreo de aceptación a partir de la MIL-STD-414, se deberá inspeccionar la cantidad de 3 rollos, debido a que se encuentra en el nivel 2, con el código de la letra B, para finalmente los resultados compararlos con el valor de M que equivale a 7.59. A continuación se presenta el muestreo aplicado:

CANTIDA D	DEFINICION DE LA INSPECCION				
	NIVE L	CODIG O	MUESTR A	%NC A	VALO RM
15 rollos	2	B	3	2.5	7.59

Tabla 6 Parámetros de inspección, embarque 1

Fuente: Elaboración propia.

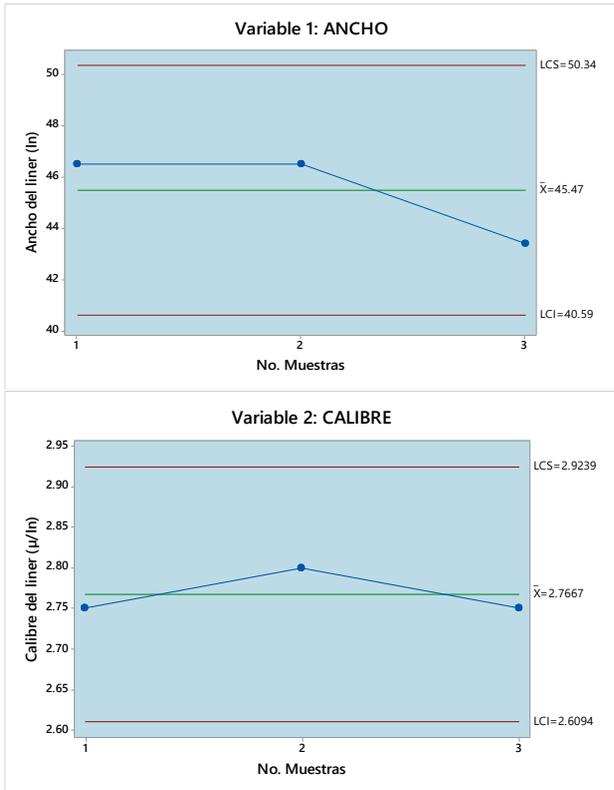


Figura 8 Gráficos de inspección, embarque 1
Fuente: Elaboración propia

ANÁLISIS DE LA INSPECCION					
Variables	Ancho	Calibre	Variables	Ancho	Calibre
LSE =	50.34	2.923	ZES =	2.722	5.607
LIE =	40.59	2.609	ZEI =	2.727	5.607
\bar{X} =	45.47	2.766	PS =	0	0
s =	1.789	0.028	PI =	0	0

Tabla 7 Análisis de inspección, embarque 1
Fuente: Elaboración propia

TOMA DE DECISIONES			
Sí (PS + PI < M), entonces el lote se ACEPTA, de lo contrario el lote se RECHAZA.			
ANCHO		CALIBRE	
(0 + 0 < 7.59)	ACEPTADO	(0 + 0 < 7.59)	ACEPTADO

Tabla 8 Criterio de decisión embarque 1
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con el muestreo aplicado, podemos verificar que el liner cumple con los requisitos respecto a la variable “ancho” al estar dentro de los LE (40.59” a 50.34”), así como también en la variable “calibre” al verificarla con la ayuda del micrómetro y mantener los registros dentro de los límites aceptables (2.6 μ /In a 2.9 μ /In), por lo cual es apto para la producción.

Embarque 2

El embarque de tela mantiene un total de 20 rollos y de acuerdo al muestreo de aceptación, se deberá tomar una muestra de 3 rollos, con nivel 3 de inspección, código B, para finalmente los resultados compararlos con el valor de M que equivale a 7.59. A continuación se presenta el muestreo aplicado:

DEFINICION DE LA INSPECCION					
CANTIDAD	NIVEL	CODIGO	MUESTRA	%NCA	VALOR M
20 rollos	3	B	3	2.5	7.59

Tabla 9 Parámetros de inspección, embarque 2
Fuente: Elaboración propia

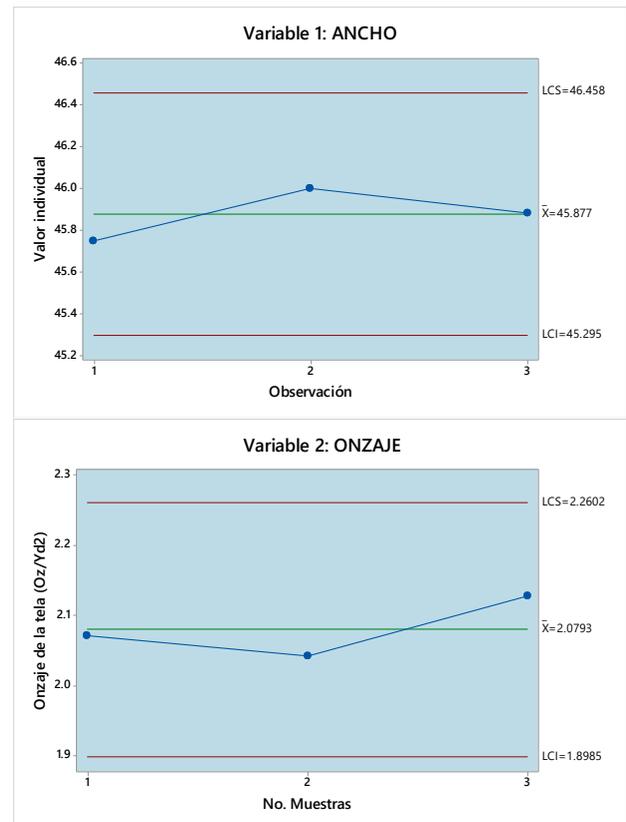


Figura 9 Gráficos de inspección, embarque 2
Fuente: Elaboración propia

ANÁLISIS DE LA INSPECCION					
Variables	Ancho	Onzaje	Variables	Ancho	Onzaje
LSE =	46.458	2.260	ZES =	4.648	4.209
LIE =	45.295	1.898	ZEI =	4.656	4.209
\bar{X} =	45.877	2.079	PS =	0	0
s =	0.125	0.043	PI =	0	0

Tabla 10 Análisis de inspección, embarque 2
Fuente: Elaboración propia

TOMA DE DECISIONES			
Sí (PS + PI < M), entonces el lote se ACEPTA, de lo contrario el lote se RECHAZA.			
ANCHO		ONZAJE	
(0 + 0 < 7.59)	ACEPTADO	(0 + 0) < 7.59	ACEPTADO

Tabla 11 Criterio de decisión embarque 2
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados anteriores, podemos ver que la inspección de tela, cumple los requisitos respecto a la variable “ancho” al encontrarse dentro de los LE (45.2” a 46.4”), así como también en relación a la variable “onzaje” cuyos registros de las muestras recolectadas, se encontraron dentro de los LE (1.8 Oz/Yd2 a 2.2 Oz/Yd2), por lo que dicho lote se envía al almacén de materia prima.

Embarque 3

El embarque de tela tubular blanca mantiene un total de 66 rollos y de acuerdo con el muestreo de aceptación, se deberá inspeccionar la cantidad de 5 rollos, de acuerdo al nivel 6 de inspección, con el código D, para finalmente los resultados compararlos con el valor de M que equivale a 9.80.

DEFINICION DE LA INSPECCION					
CANTIDAD	NIVEL	CODIGO	MUESTRA	%NCA	VALOR M
66 Rollos	6	D	5	2.5	9.80

Tabla 12 Parámetros de inspección, embarque 3
Fuente: Elaboración propia

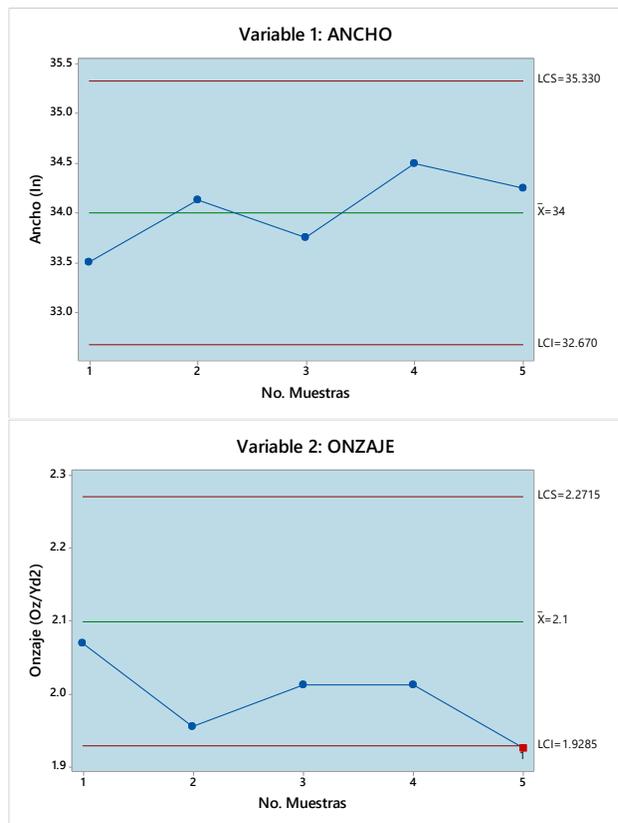


Figura 10 Gráficos de inspección, embarque 3
Fuente: Elaboración propia

ANÁLISIS DE LA INSPECCION					
Variables	Ancho	Onzaje	Variables	Ancho	Onzaje
LSE =	35.330	2.2715	ZES =	3.2706	4.9375
LIE =	32.670	1.9285	ZEI =	3.3959	1.1875
\bar{X} =	34.025	1.995	PS =	0	0
s =	0.399	0.056	PI =	0	10.76

Tabla 13 Análisis de inspección, embarque 2
Fuente: Elaboración propia

TOMA DE DECISIONES			
Si (PS + PI < M), entonces el lote se ACEPTA, de lo contrario el lote se RECHAZA.			
ANCHO		ONZAJE	
(0 + 0 < 9.80)	ACEPTADO	(0 + 10.76 < 9.80)	RECHAZADO

Tabla 14 Criterio de decisión embarque 3
Fuente: Elaboración propia

Como podemos ver en el plan de muestreo anterior, la tela tubular blanca, sólo cumplió con una de las dos variables medidas, en el caso de la variable “ancho” se encontró dentro de los LE (32.6” a 35.3”), sin embargo, la variable “onzaje” se ubicó por debajo de los LE (1.9 Oz/Yd2 a 2.2 Oz/Yd2), por lo que dicho lote fue rechazado al no cumplir los parámetros anteriores.

En total se evaluaron 27 embarques durante el segundo semestre del año 2019, dichos resultados servirán de base en el proceso de mejora continua, dentro de la siguiente etapa de esta investigación.

Etapa: Actuar

En la etapa anterior se logró desarrollar la implementación del plan de muestreo, logrando excelentes resultados a favor del correcto desarrollo en la inspección de materia prima, es por ello que se aprobó tal metodología, para establecerse en la planta.

Como siguiente paso se capacita al personal del área de inspección y almacén, en la ejecución del plan de muestreo, derivado de esto se generan dos nuevos procedimientos denominados: “Plan de muestreo de materias primas y material de empaque” y “XXX-CC-01-007 Procedimiento de inspección y recibo de MP y Empaque”.

En relación a la evaluación de proveedores, hubo un incremento el número de estos, sin embargo no todos cumplieron con los acuerdos y especificaciones requeridas. La siguiente gráfica presenta la evaluación realizada en el segundo semestre del año 2019:

Evaluación de Proveedores 2019

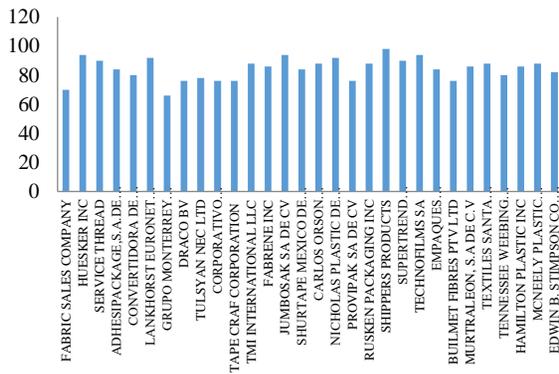


Figura 11 Evaluación de proveedores 2019-2
Fuente: Elaboración propia

Derivado de lo anterior se pudo identificar que el 15.09% del total de los proveedores obtuvo una calificación de cumplimiento con las especificaciones en sus insumos, por debajo del 78%, por lo que se deberá evaluar si continúan colaborando con la planta, debido a que sus materiales son poco confiables.

Análisis de resultados

Se logró la implementación del plan de muestreo por variables, lo cual trajo grandes resultados al proceso de inspección de materias primas y materiales. Dentro de esto, el mecanismo de inspección visual ayudó a garantizar que se cumpliera con la calidad e inocuidad de los insumos. En la siguiente figura podemos ver cómo eran recibidos estos, antes de la inspección visual:



Figura 12 Materia Prima recibida en el Semestre-1 2019
Fuente: SIG

Como podemos ver los materiales eran recibidos sin los mínimos cuidados en su manejo y traslado, lo cual afectaba directamente su calidad e inocuidad, generando desperdicio para la planta. Con la herramienta de inspección visual, esto mejoro considerablemente, tal como podemos ver:



Figura 13 Materia Prima recibida en el Semestre-2 2019
Fuente: SIG.

Esta mejora va de la mano de la evaluación a los proveedores, lo que permite tener con ellos una retroalimentación sobre el nivel de calidad de sus insumos, así mismo ellos reafirman su compromiso de cumplir con los requerimientos solicitados. En la siguiente gráfica podemos ver el comparativo de la evaluación realizada en el año 2018 y 2019:

COMPARATIVO DE EVALUACION DE PROVEEDORES DEL 2018 Y 2019

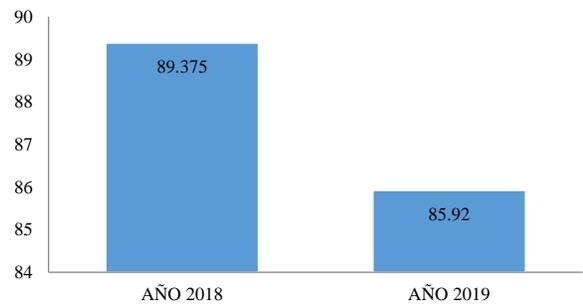


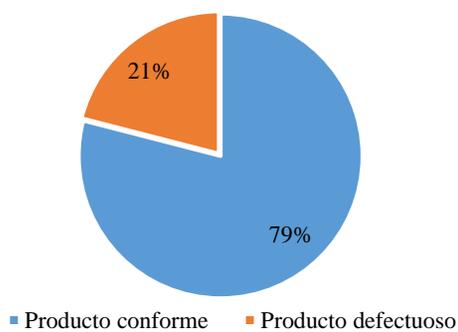
Figura 14 Gráfica comparativa de evaluación de proveedores 2018 vs 2019
Fuente: Elaboración propia

Como podemos apreciar la calificación de desempeño de los proveedores disminuyó 3.455% debido a que en el año 2018, no se consideraba el instrumento de inspección visual que se implementó recientemente, ya que este último evalúa el grado de cumplimiento respecto a la calidad e inocuidad de los materiales recibidos.

Respecto al plan de muestreo por variables, se concretó su implementación durante la cual se evaluaron 27 lotes, de los cuales sólo 4 presentaron defectos de embarque o daños por traslado. El uso del plan de muestreo contribuyó en gran medida en la mejora de los procesos y productos, así como garantizar la calidad de estos ante los clientes.

Durante la implementación de esta investigación se logró disminuir el porcentaje de producto defectuoso a un 13%, y en consecuencia el Nivel de calidad aceptable incrementó pasó del 79% a un 87%, tal como lo vemos en el siguiente gráfico:

Porcentaje de defectos en inspección de MP Semestre-1, 2019



Porcentaje de defectos en inspección de MP Semestre-2, 2019

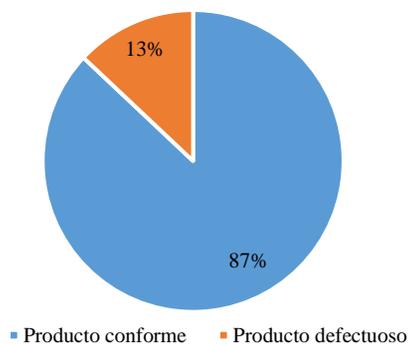


Figura 15 Gráficas comparativas -Porcentaje de defectos en inspección

Fuente: *Elaboración propia*

Conclusiones

En este proyecto se ha aplicado la metodología del ciclo de mejora continua (PHVA), para solventar la necesidad de una empresa, la cual era reducir los defectos que se generaban al recibir e inspeccionar la materia prima; dichos defectos hacían que los productos no cumplieran con la calidad requerida, además de que ocasionaban problemas con otros procesos y maquinaria usada en la fabricación de dichos productos.

Las técnicas de muestreo han demostrado ser una valiosa herramienta en el control de calidad, independientemente el proceso o área en que se aplique, por lo que su uso debe ser considerado como estratégico para garantizar la satisfacción de los requerimientos de los clientes, tanto internos como externos.

Referencias

Barra, R. (2012). Manual de Calidad. Sudamérica.

Feigenbaum, Armand V. (1991). Control Estadístico de la calidad. Editorial Compañía editorial Continental. México.

Gutiérrez Alba, J. (1996). Aspectos Metodológicos de Muestreo de Aceptación con Énfasis en Bulk Sampling. Xalapa, Ver.

Gutiérrez Pulido, H., & de la Vara Salazar, R. (2013). Control estadístico de la Calidad y Seis Sigma. México: McGraw-Hill.

ISO 3951-1, 2. (2013). Procedimientos para la inspección por la variable -Parte 1: Especificación para los planes de muestreo por límite de calidad de aceptación (AQL) para la inspección lote por lote para características y un grado de desviación máxima para el control del AQL.

ISO 9000, 2. (2015). Sistema de Gestion de la calidad- Fundamentos y Vocabulario.

ISO 9001, 2. (2015). Sistema de Gestion de la Calidad - Mejora Continua.

Kleeberg Hidalgo, Fernando; Ramos Ramírez, Julio Cesar (2009). Aplicación de las técnicas de muestreo en los negocios y la industria. Universidad de Lima.

Luna Valenzuela, Roxana. (2011). Muestreo de aceptación de lotes por atributos en las artesanías de la región de cusco. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Perú.

Melo Cala, Pavel (2013). Diseño del sistema de control de calidad de los diagnosticadores centis en función de los requerimientos de los clientes. Centro de Isotopos. Cuba.

Montgomery, Douglas C. (1996). Probabilidad y Estadística Aplicada a la Ingeniería. México.: McGraw Hill.

Peralta Cruz, Shair Eduardo; Sáenz Castro, Enrique Antonio; Marín Muñoz, Sergio Bautista. (2015). Mejora de la calidad en el proceso de fabricación de chinelas de hule en Rolter S.A. Universidad Nacional de Managua.

Rendón Castaño, H. D. (2013). Control Estadístico de Calidad. Medellín.: Universidad Nacional de Colombia.

Ruiz, A., & Rojas, F. (2006). Muestreo de Aceptación. Madrid: Universidad Pontificia.

Salinas Martínez, Ana María. (2004). Métodos de muestreo. Ciencia UANL, Monterrey, México.

Sandoval Vásquez, Juan C. (2010). Implementación de un plan de muestreo para establecer parámetros y criterios de aceptación en la elaboración de esponjas de poliuretano. Universidad de San Carlos de Guatemala

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]

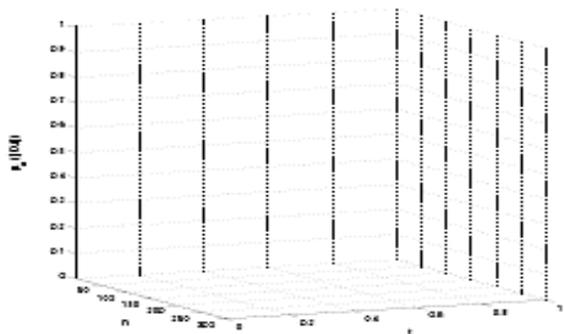


Gráfico 1 Titulo y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.

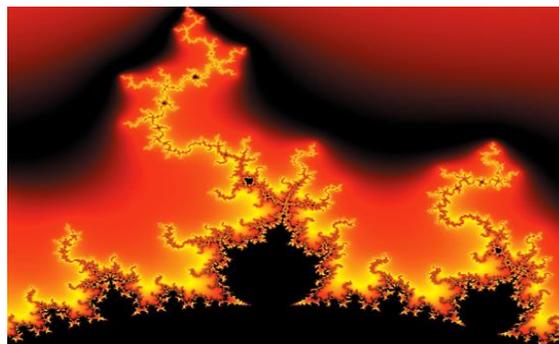


Figura 1 Titulo y Fuente (*en cursiva*)

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 Título 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

“Estandarización del proceso de confección, a través de la ingeniería de métodos, para aumentar la productividad, en una empresa del ramo textil en el estado de Puebla”

VELÁZQUEZ-MANCILLA, Jorge Enrique, FIERRO-XOCHITOTOTL, María Concepción y CHÁVEZ-MEDINA, Juan
Instituto Tecnológico Superior de San Martín Texmelucan

“Control de presión, modelado matemático y sintonización de controladores por el método de Ziegler-Nichols”

MARTÍNEZ-MARÍN, Francisco Alejandro, GARCIABADA-SILVA, Gabriel y HERNÁNDEZ-CERVANTES, Aldo Aarón
Instituto Tecnológico de Jalisco José Mario Molina Pasquel y Henriquez

“Metodología de superficie de respuesta dual con variables de ruido cualitativas”

MARTÍNEZ-MENDOZA, Ivan, VALLES, Adan y SÁNCHEZ-LEAL, Jaime
Universidad Tecnológica Paso del Norte
Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez

“Mejoramiento de la calidad en la recepción de materias primas, mediante la implementación de un plan de muestreo por variables”

HERNÁNDEZ-BENITO, Fernando, GONZÁLEZ-SÓBAL, Martín, GÓMEZ-MÁRQUEZ, Montserrat y SOLÍS-JIMÉNEZ, Miguel Ángel
Colegio Diocesano José Antonio González Peña
Instituto Tecnológico Superior de Huatusco

