

SEDE CONCEPCIÓN: “REY BALDUINO DE BÉLGICA”



**UNIVERSIDAD TECNICA
FEDERICO SANTA MARIA**

**PROPUESTA PARA MEJORAR LA VARIABILIDAD EN EL CORTE DE UN
PRODUCTO DE ACERO CONFORMADO EN FRIO**

Trabajo de Titulación para optar al título de
Ingeniería de Ejecución en Gestión
de la Calidad.

Alumno: Daniel Meza Pareja
Profesor Guía: Rafael Solar Arcos

AGRADECIMIENTOS

A mi Padre Celestial

Gracias por su apoyo incondicional en cada etapa de mi vida, por estar a mi lado y brindarme su sostén cuando no tenía fuerzas y me sentía cansado, gracias por entregarme la oportunidad de concluir este proceso y seguir a mi lado desde ahora y para siempre. Todo lo que soy y lo que espero ser se lo debo solo a ud, gracias por todo.

A mi Padre Luis Meza Meza (Q.E.P.D) y a mi Madre María Pareja Pareja

Gracias quiero darte Papito porque sé que te sentías orgulloso de mi cuando estudiaba la carrera técnica, nuestro todopoderoso te llevo antes de verme en esta instancia como profesional de una carrera de ingeniería, pero digo al cielo que siempre estarás en mi corazón y que tratare con la ayuda de Dios de ser mejor cada día como tú lo eras.

Deseo honrar también a través de estas líneas a mi Madre, quien se ha preocupado hasta mi vejes con sus oraciones a nuestro Dios para que me cuide y guie mis pasos. A ud Mamita gracias por entregarme todas las herramientas que dentro de sus posibilidades existían, por ser como es única y virtuosa. Gracias por estar conmigo.

A mi amada esposa Macarena Gatica Alvarado

Deseo agradecer a mi esposa por su incansable paciencia en todo este proceso, por entenderme, escucharme y brindarme su apoyo incondicional en cada momento. Han sido casi quince años desde que Dios te puso en mi camino en aquel Ejec, agradecido de poder estar contigo y decir te amo amorcito. Recuerda juntos somos más que dos.

A Tamara, Valentina y Constanza

Gracias por su apoyo y ayuda en la asignatura de matemáticas, por su paciencia y dedicación para que pudiese entender y comprender, les agradezco su tiempo y dedicación porque cuando les necesite ustedes estuvieron allí para ayudarme y enseñarme. Muchas gracias.

A mi grupo de estudio “Vamos que se puede”

Como no agradecer a todos los del grupo de estudio, a Javier Salgado, Javier Aspillaga, Luis Salgado, María José león, fueron muchas las instancias en que nos juntábamos en la semana a lo largo de toda la carrera, el que sabía más le enseñaba al que sabía menos, la retroalimentación fortalecía siempre el dialogo entre nosotros. Gracias, colegas por su entrega, profesionalismo, compañerismo y empatía. Sigán siempre así y si cambian que sea siempre para mejor. Un abrazo de corazón.

A mi estimado Profesor Guía Rafael Solar Arcos

Agradezco a mi querido Profesor Rafael, sin su ayuda y dirección este proceso no estaría concluyéndose en esta oportunidad, gracias por brindarme las herramientas, su empatía, su calidad personal y por sobre todo de conocerle como persona. Muchas gracias por ser como es y por entregar cada día más en cada una de las reuniones y por su valiosa retroalimentación en cada etapa de la carrera.

A todos los profesores de la Carrera

Deseo agradecer a cada uno de los profesores de la carrea de Ingeniería de Ejecución en Gestión de la Calidad, por sus enseñanzas, compromiso, entrega y profesionalismo. Muchas gracias por compartir sus experiencias y conocimientos en las asignaturas adquiridas.

DEDICATORIA

“A mi Madre María y
a mi Esposa Macarena”
Quienes con su amor y entrega
Me han sabido
apoyar en cada
etapa de mi vida.
Muchas gracias

RESUMEN

El presente trabajo de Proyecto de Título consistirá en una propuesta para mejorar la variabilidad en el corte de un producto de acero conformado en frio, el cual es elaborado en una máquina conformadora de perfiles estructurales y que pertenece a una empresa metalúrgica ubicada en la comuna de Quinta Normal, Región Metropolitana.

La metodología que se utilizara en el presente trabajo serán el ciclo de Deming y para la propuesta de mejora se utilizarán acciones de la filosofía lean, MUDA, TQM, TPM.

El proyecto ha sido realizado entre los meses de octubre y noviembre del año 2024.

Una de las primeras etapas para la elaboración de este proyecto, ha sido recopilar información dentro del proceso productivo para identificar las variables que inciden en la variabilidad en el corte, esta actividad se llevó a cabo por un periodo de 15 días hábiles en el mes de octubre.

Además, se recopila información del área de ventas, para conocer los productos con mayor demanda durante los periodos 2023 y 2024 e identificar la cantidad de material extra en milímetros que se va de más por la variabilidad en el corte.

Se utilizan las herramientas de calidad como la gráfica de Pareto para identificar que producto se vende más, diagrama de causa y efecto para conocer las posibles causas que inciden dentro del proceso, lluvia de ideas a través de entrevistas con el personal de la máquina, prueba de hipótesis para visualizar la relación de las velocidades de la máquina con la cantidad en milímetros que lleva de más el producto, estadística descriptiva e inferencial para conocer que producto tiene mayor oportunidad de mejora, análisis de capacidad del proceso para conocer cómo se comporta el proceso, gráfica de cajas y bigote por tipo de productos, histogramas, pruebas de normalidad de Anderson - Darling, graficas de control, pruebas de hipótesis.

Para efectos de estudio en costo de material extra se consideran los cuadrados 75x75x2 mm y el cuadrado 100x100x3 mm, en cambio para el análisis de datos se considerará solamente al 75x75x2 por tener un mayor coeficiente de variación y por en una mayor oportunidad de mejora en el siguiente proyecto.

Diferencia. Para efectos de efectos de este estudio, se considera el termino diferencia como la longitud programada en la maquina conformadora, en relación con la longitud real medida al finalizar el ciclo de corte.

Material extra o extra: Se entenderá para efectos del presente trabajo al material de acero que lleva de más en su longitud el producto fabricado, considerándose para un largo sobre los 6000 mm.

Milímetro. Se considerará en el presente informe la sigla (mm), según el sistema internacional de unidades.

Se propone una serie de acciones como propuesta de mejora para el presente proyecto, estas incluyen fortalecer las competencias del personal, en lo que refiere a la calidad total involucrando a todos los departamentos de la organización, mantenimiento productivo total para prevenir fallas (defectos) e interrupciones dentro del proceso, medir y controlar las variables que no se miden en la actualidad.

Esperando reducir entre un 10% (\$15.807.820) y un 30% (\$47.423.460) los costos totales por material extra (\$158.078.201) en la medida que se controlen las variables no medidas.

ABSTRACT

The present Title Project work will consist of a proposal to improve the variability in the cutting of a cold-formed steel product, which is produced in a structural profile forming machine and which belongs to a metallurgical company located in the commune of fifth normal, metropolitan region.

The methodology to be used in this work will be the Deming cycle and for the improvement proposal, actions from the lean philosophy, MUDA, TQM, TPM will be used.

This work has been carried out between the months of October and November of the year 2024.

One of the first stages in the development of this project has been to collect information within the production process to identify the variables that affect the variability in the cut. This activity was carried out for a period of 15 business days in the month of October.

In addition, information is collected from the sales area, to know the products with the highest demand during the periods 2023 and 2024 and to identify the amount of extra material that is left over due to the variability in the cut.

Quality tools are used such as the Pareto chart to identify which product sells the most, cause and effect diagram to know the possible causes that affect the process, brainstorming through interviews with machine personnel, testing hypothesis to visualize the relationship between machine speeds and the amount in millimeters that the product has extra, descriptive statistics and inferential to know which product has the greatest opportunity for improvement, process capacity analysis to know how the process behaves, graph of boxes and mustache by type of products, histograms, Anderson-Darling normality tests and control graphs.

For the purposes of studying the cost of extra material, the 75x75x2 mm squares and the 100x100x3 mm square are considered, however for the data analysis only the 75x75x2 will be considered because it has a greater coefficient of variation and because of a greater opportunity for improvement in the next project.

Difference: For the purposes of this study, the term difference is considered as the length programmed in the forming machine, in relation to the actual length measured at the end of the cutting cycle.

Extra or extra material: For the purposes of this work, it will be understood as the steel material that is extra in length in the manufactured product, considering a length over 6000 mm.

A series of actions are proposed as an improvement proposal for this project, these include strengthening the competencies of the staff, regarding total quality involving all departments of the organization, total productive maintenance to prevent failures (defects) and interruptions within the process, measure and control variables that are not currently measured.

Expecting to reduce between 90% (\$15,807,820) and 70% (\$47,423,460) the total costs for extra material (\$158,078,201) to the extent that unmeasured variables are controlled.

INDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN 1

CAPITULO 1 ANTECEDENTES GENERALES 2

1.1.- LA EMPRESA..... 2

1.1.1.- Organigrama 2

1.1.2.- Procesos..... 3

1.1.3.- Variables encontradas en el carro de corte 4

1.2.- JUSTIFICACION DEL TEMA 5

1.3.- OBJETIVO GENERAL 9

1.4.- OBJETIVOS ESPECIFICOS 9

1.5.- ALCANCE 10

1.6.- LIMITACIONES 10

1.7.- METODOLOGÍA 10

1.8.- NORMATIVA LEGAL 11

CAPITULO 2 MARCO TEÓRICO..... 12

2.1.- CICLOS PHVA / SDCA 14

2.2.- GESTIÓN DE LA CALIDAD TOTAL (TQM)..... 16

2.3.- DIAGRAMA DE PARETO..... 19

2.4.- MUDA 20

2.5.- DIAGRAMA DE CAJAS Y BIGOTES 22

2.6.- ESTADISTICA DESCRIPTIVA E INFERENCIAL 23

2.7.- DIAGRAMA DE ISHIKAWA..... 25

2.8.- MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM)..... 26

CAPITULO 3 DESARROLLO 29

3.1.-RECOPIACION Y ANÁLISIS DE DATOS OBTENIDOS..... 29

3.2.- GRÁFICO DE CONTROL 29

3.3.- GRAFICO DE VARIABLES 30

3.4.- GRAFICO DE PARETO 31

3.5.- DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO 32

3.6.- GRÁFICA DE CAJAS / BLOCK PLOT 33

3.7.- ESTADISTICA DESCRIPTIVA 33

3.8.- ANÁLISIS DE CAPACIDAD 34

3.9.-GRÁFICA DE PROBABILIDAD Y PRUEBA DE HIPOTESIS 35

CAPITULO 4 PROPUESTA DE UN PLAN DE MEJORA 38

4.1.- ACTIVIDADES PARA EL CUMPLIMIENTO DEL PLAN DE MEJORA 39

4.2.- CARTA GANTT 40

4.3.-CONCLUSIONES 41

4.4.- BIBLIOGRAFÍA 42

INDICE DE FIGURAS

Figura N°1-1 Organigrama de la Empresa Metalúrgica S.A 2

Figura N°1-2 Diagrama de flujo general de la máquina conformadora..... 3

Figura N°1-3 Variables en el carro de corte 4

Figura N°1-4 Clasificación por tipo de variables 4

Figura N° 1-5 Diagrama de Pareto de ventas de productos conformados año 2023 6

Figura N°1-6 Gráfica circular de ventas de productos conformados año 2023 7

Figura N°1-7 Diagrama de Pareto de ventas de productos conformados año 2024 7

Figura N°1-8 Gráfica circular de ventas de productos conformados año 2024 8

Figura N° 2-1 Ciclo de Deming (PHVA)..... 16

Figura N°2-2 Diagrama de Pareto..... 20

Figura N°2-3 Tipos de MUDAS 22

Figura N°2-4 Diagrama de cajas y bigotes 23

Figura N°2-5 Campana de Gauss..... 24

Figura N°2-6 Diagrama de Ishikawa 26

Figura N°3-1 Gráfico de control de Productos / Diferencia 29

Figura N°3-2 Grafico de variables por tipo de productos 30

Figura N°3-3 Grafica de Pareto Material extra 31

Figura N°3-4 Diagrama de Causa y efecto 32

Figura N°3-5 Gráfica de caja por tipo de producto..... 33

Figura N°3-6 Gráfica de análisis por capacidad 34

Figura N°3-7 Gráfica de Weibull de tres parametros 35

Figura N°3-8 Gráfica de probabilidad de Anderson Darling..... 35

INDICE DE TABLAS

Tabla N°1-1 Ventas de productos conformados año 2023 6

Tabla N°1-2 Ventas de productos conformados año 2024 8

Tabla N°1-3 Normativa aplicable para la empresa Metalúrgica S.A..... 11

Tabla N°3-1 Estadística descriptiva de productos fabricados..... 33

Tabla N°3-2 Análisis de varianza de velocidades..... 36

Tabla N°3-3 Análisis utilizando Anova prueba de Dunnett 36

Tabla N°3-4 Prueba de Fischer 37

Tabla N°4-1 Formulario para el cumplimiento del Pan de Mejora..... 39

Tabla N°4-2 Planificador de actividades Octubre-Noviembre 2024 40

INTRODUCCIÓN

Es importante considerar en la actualidad que la gestión de la calidad total es relevante para el mejoramiento continuo, trabajo en equipo, resolución de problemas y compromiso; una buena gestión permite comprender y superar las expectativas de los clientes, concepto clave en donde la gran mayoría de las organizaciones buscan mantenerse vigentes en el mercado. [2]

Para cumplir con lo anterior es necesario un enfoque sistémico para controlar y mejorar los procesos (Lo que no se mide, no se puede mejorar, lo que no se mejora se degrada siempre (William Thomson Kelvin 1824-1907).

La metodología Kaizen coloca a la calidad en lo más alto de sus prioridades, afirmando que un producto o servicio de calidad es el fundamento de una competitividad sostenible en el mercado. En este enfoque, cada etapa del proceso de mejora es escrutada para asegurar que contribuye a elevar el nivel de calidad, lo que exige un monitoreo constante y un compromiso de la alta dirección en no sacrificar la calidad por ganancias a corto plazo, como reducción de costes o la aceleración de los plazos de entrega. El compromiso con la calidad, impulsado por los principios Kaizen, es un enfoque que exige hablar con datos, pues las medidas objetivas permiten trazar el camino de la mejora continua. [3]

¿Se ha escuchado la palabra MUDA en una organización?, si es así ésta refiere a que hay ejecución de actividades y uso de recursos que no generan valor para el objetivo del proceso en una empresa, es decir elementos inútiles que deben ser eliminados para mejorar la rentabilidad, la productividad y la calidad del producto o servicio final. Los defectos son probablemente el desperdicio de mayor efecto en las organizaciones. Suele implicar gastos de material y fuerza de trabajo con resultados poco satisfactorios para los clientes, derivando en pérdidas económicas importantes. [5]

La clave para la mejora continua es elegir primero los problemas correctos y luego asegurarse de que estos se encuentren realmente resueltos, para ello es necesario mejorar la capacidad del proceso, calidad del producto y productividad. [13]

CAPITULO 1 ANTECEDENTES GENERALES

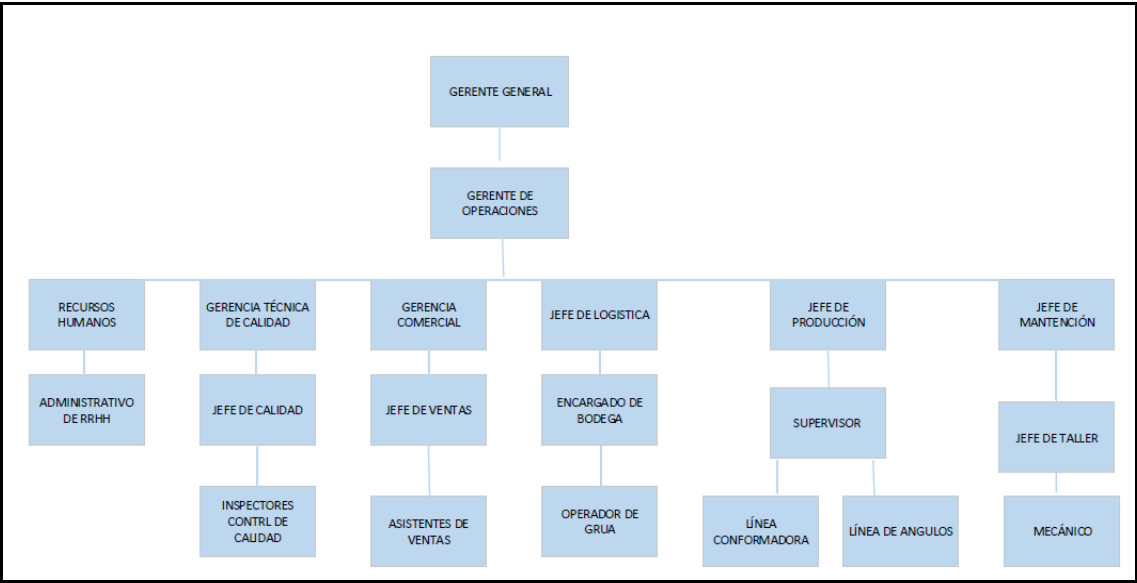
1.1.- LA EMPRESA

Empresa metalúrgica S.A es una empresa que da inicios a sus actividades en los años 1970, se encuentra ubicada en la Región de Metropolitana, comuna de Quinta Normal; dedicada a la fabricación de perfiles de acero conformados en frio.

1.1.1-Organigrama

La empresa en la actualidad cuenta con una dotación de 53 trabajadores, los cuales se encuentran distribuidos en: Gerencia General, Gerentes de Áreas, Jefes de Área, Personal Administrativo, Supervisores, Inspectores de Control de Calidad, Asistentes de Ventas y Operarios de la Planta Productiva.

Figura N° 1-1 Organigrama de la Empresa Metalúrgica S.A.



Fuente: Elaboración propia

El área operativa de producción de la línea conformadora de perfiles, canalizado a través de su supervisor es la encargada de proporcionar los productos terminados al personal logístico para su almacenamiento.

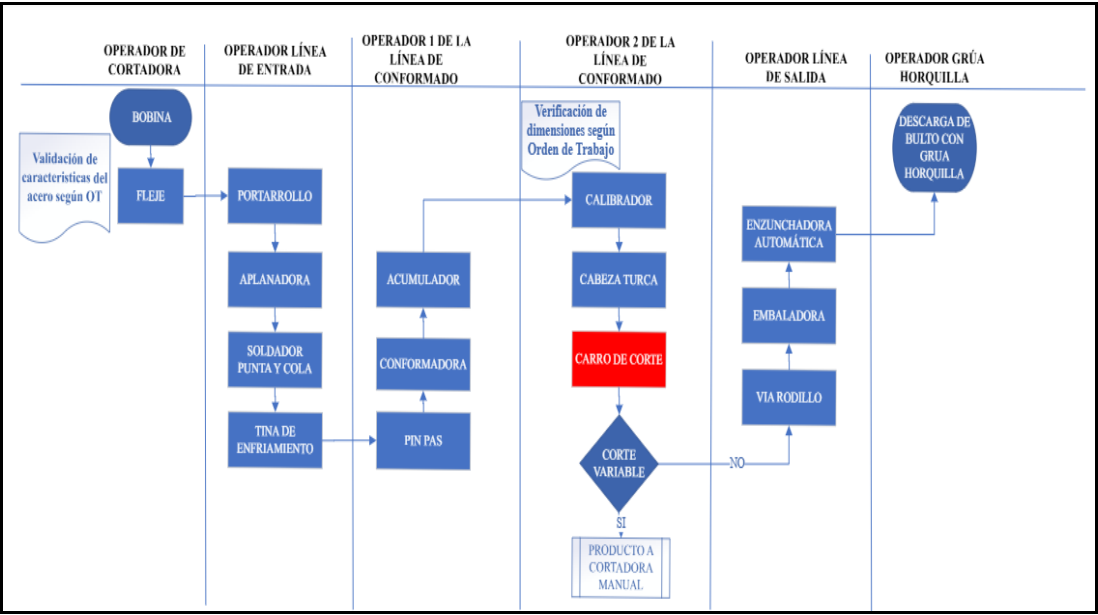
En la actualidad cuenta con la distribución de sus productos a todo chile y su venta proyectada para el año 2025 es de \$15.426.129.310.

1.1.2- Procesos

El proceso de la línea conformadora se encuentra compuesta por los siguientes subprocesos: portarrollos, aplanadora, soldador punta y cola, tina de enfriamiento, conformadora, pin pas, calibrador, cabeza turca, carro de corte, enzunchadora automática, embaladora, vía de rodillo y descarga; todos los productos elaborados se enmarcan bajo la certificación de la NCH 3518 para productos conformados en frio.

Los productos que se fabrican en la máquina conformadora son perfiles cuadrados: 100x100x3 mm, 75x75x2 mm, 75x75x3 mm, 75x75x4 mm, 75x75x5 mm, 100x100x5 mm, rectángulos 80x40x2, 80x40x3 mm, 80x40x4 mm, 100x50x3 mm, 150x50x3 mm, ángulos 20x20x2 mm, 20x20x3 mm, 25x25x2 mm, 25x25x3 mm, 30x30x2 mm, 30x30x3 mm con un largo según especificación de 6000 mm, los que se encuentran orientados a satisfacer las necesidades de sus clientes del área de la construcción para los mercados de chile.

Figura N°1-2 Diagrama de flujo general de la máquina conformadora



Fuente: Elaboración propia

Se observa en el presente diagrama, que el proceso de conformado de perfiles de la máquina conformadora posee variados subprocesos, como las variaciones de longitud de los productos fabricados se encuentran en el corte y el carro de corte es el que dimensiona el largo, el enfoque para este estudio se realizara en éste proceso.

1.1.3.- Variables encontradas en el carro de corte

Dentro de las variables encontradas en el sub proceso carro de corte, destacan principalmente variables que son medidas y las que no se miden en la actualidad.

Figura N° 1-3 Variables en el carro de corte



Fuente: Elaboración propia

Se observa en la figura que proceso del carro de corte se encuentra en la parte superior y bajo éste las variables o posibles causas asignables que inciden en corte, estas fueron registradas luego de recopilar la información desde el área de mantenimiento para visualizar todas las causas presentes en el proceso de corte.

Figura N° 1-4 Clasificación por tipo de variables

Variables medidas
Velocidad de la línea conformadora
Velocidad del carro de corte
Largo programado del producto
Dimensiones del producto
Variables no medidas
Calidad del afilado del disco de sierra
Plan de mantenimiento de la rectificadora de disco de sierra
Revoluciones del disco de sierra
Velocidad de corte del porta disco de sierra
Geado de apriete del disco de sierra
Refrigeración del disco de sierra
Luz de corte porta disco de sierra

Fuente: Elaboración propia

Luego de registrar todas las posibles causas, se pudo observar que existen variables que son medidas y otras que no lo son, frente a lo cual se separaron en una tabla para identificar cuales corresponden a las variables medidas y cuales pertenecen a las no medidas.

Se debe considerar que las variables no medidas sólo se chequean, pero no se registran como dato para realizar estadística de pruebas.

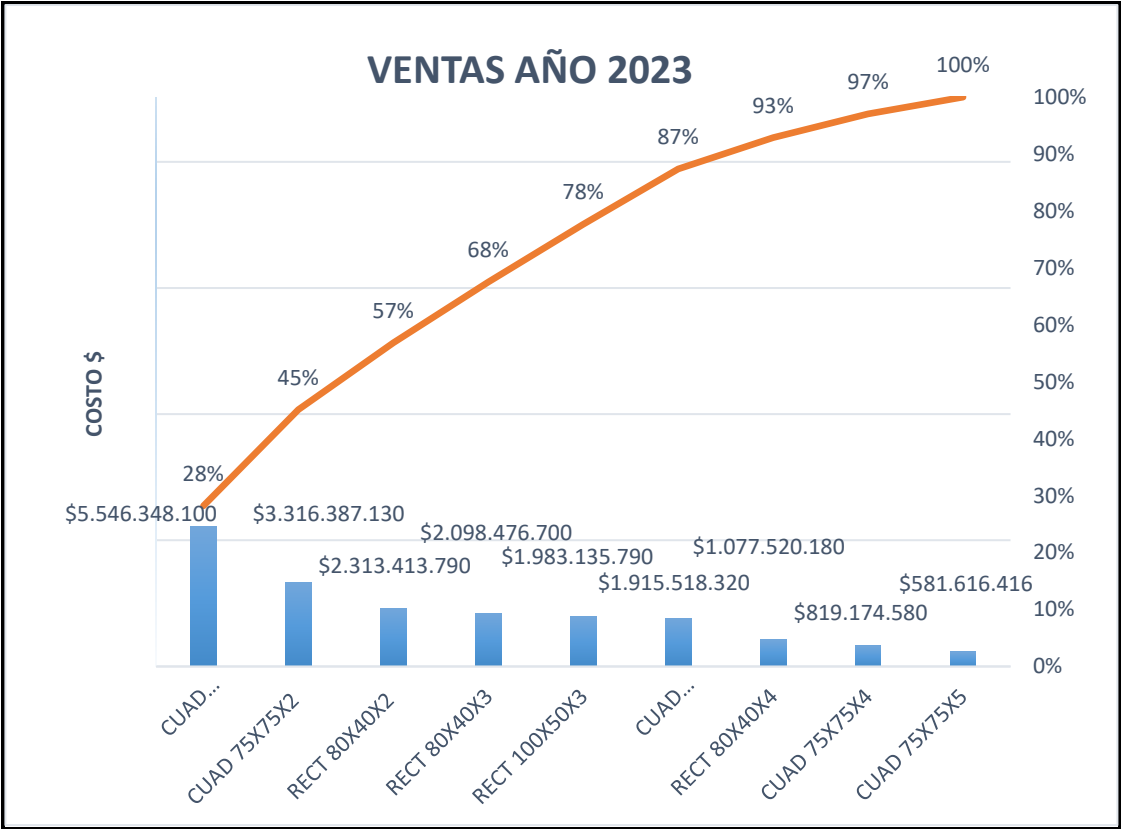
1.2.- JUSTIFICACION DEL TEMA

En la actualidad la Empresa Metalúrgica S.A ha presentado dificultades para cumplir con los estándares establecidos en lo que refiere a la calidad en algunos de sus productos.

Esta problemática ha llevado a la compañía a incurrir en costos adicionales por el material extra que llevan los productos fabricados, parámetro que registra el área de producción de manera anual con la relación producto fabricado vs producto con material extra, (Durante el periodo 2023 este indicador alcanzó un nivel de 2,52 % y en lo que va del año 2024 un 1,44 %, el objetivo esperado es reducirlo a un 0,80 % para el año 2025).

Debido a esta problemática la organización ha dejar de percibir un monto aproximado de \$ 158.078.201 en lo que refiere a los perfiles cuadrados 75x75x2 mm y al 100x100x3 mm. La alta dirección en su compromiso por mejorar continuamente sus procesos, ha instruido que se realice un levantamiento de la información que afecta a la máquina conformadora para determinar su causa raíz.

Figura N° 1-5 Diagrama de Pareto de ventas de productos conformados año 2023



Fuente: Elaboración propia

Se Observa en la Figura Diagrama de Pareto de ventas de productos conformados año 2023, que los productos con mayor demanda son el Cuadrado 100x100x3 mm y el Cuadrado 75x75x2 mm.

Tabla N° 1-1 Ventas de productos conformados año 2023

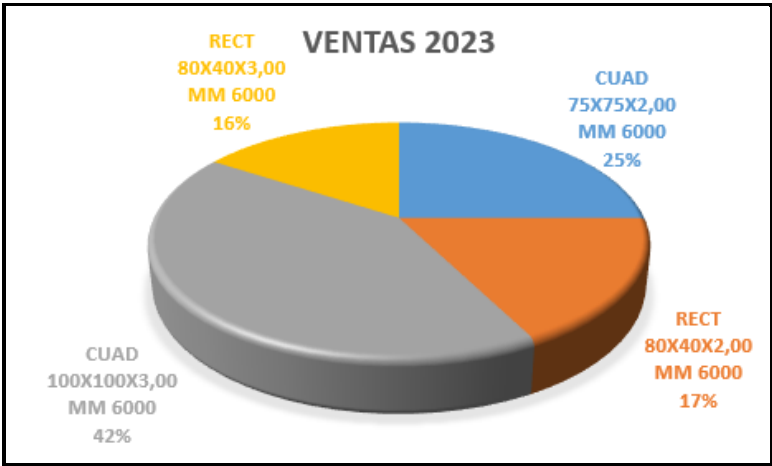
Producto 2023	Ventas	Extra	%
CUAD 75X75X2,00 MM 6000	\$ 3.316.387.130	\$ 46.413.148	1,400
RECT 80X40X2,00 MM 6000	\$ 2.313.413.790	\$ 25.737.977	1,113
CUAD 100X100X3,00 MM 6000	\$ 5.546.348.100	\$ 62.365.017	1,124
RECT 80X40X3,00 MM 6000	\$ 2.098.476.700	\$ 20.794.165	0,991
Sub total	\$ 8.862.735.230	\$ 108.778.165	2,524
Total	\$13.274.625.720	\$155.310.306	4,627

Fuente: Elaboración propia

Se observa en la Tabla de Ventas de productos conformados año 2023, que los dos productos con mayor venta generar paralelamente \$ 108.778.165 de material extra, se consideran las ventas de los dos productos con mayor porcentaje de material extra, el

cuadrado 100x100x3 mm y el cuadrado 75x75x2 mm tienen mayor cantidad de ventas y material extra que va en el producto en comparación a sus similares.

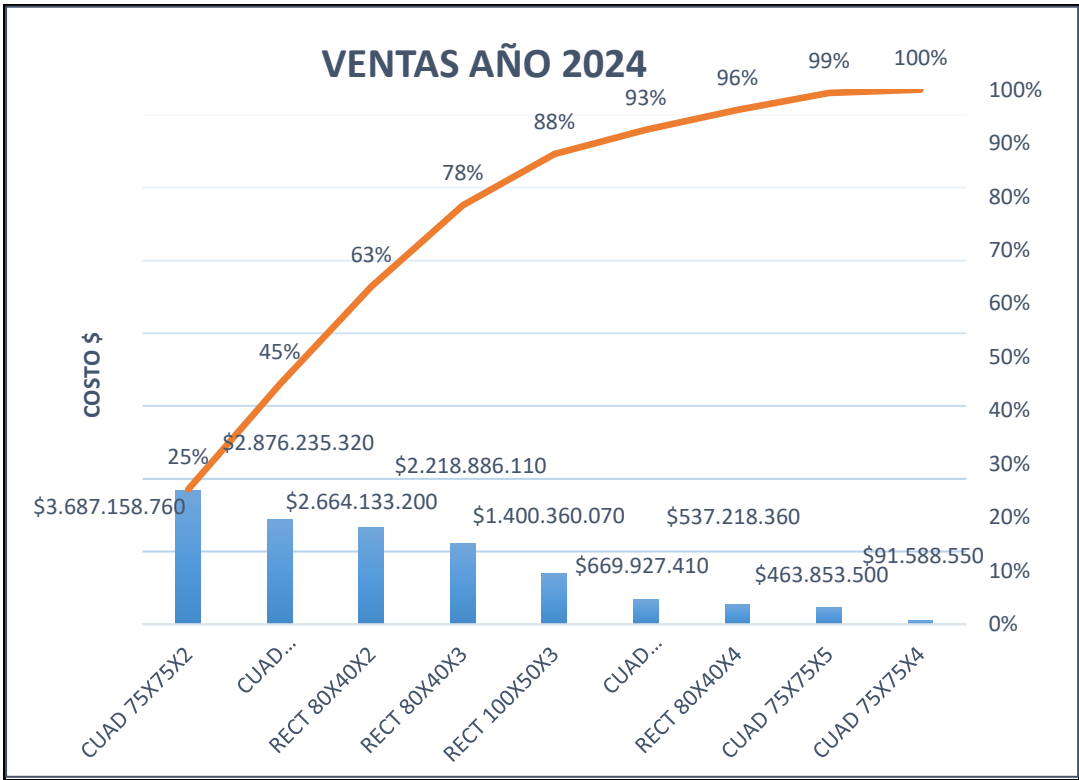
Figura N° 1-6 Grafica circular de ventas de productos conformados año 2023



Fuente: Elaboración propia

Se observa Grafica circular de ventas de productos conformados año 2023, que el cuadrado 100x100x3 mm tiene un 42 % de ventas y el cuadrado 75x75x2 mm un 25% de las ventas anuales totales.

Figura N° 1-7 Diagrama de Pareto de ventas de productos conformados año 2024



Fuente: Elaboración propia

Se observa en la Figura Diagrama de Pareto de ventas de productos conformados año 2024, que se mantiene la tendencia de los productos cuadrado 75x75x2 mm y el cuadrado 100x100x3 mm con mayor cantidad de ventas.

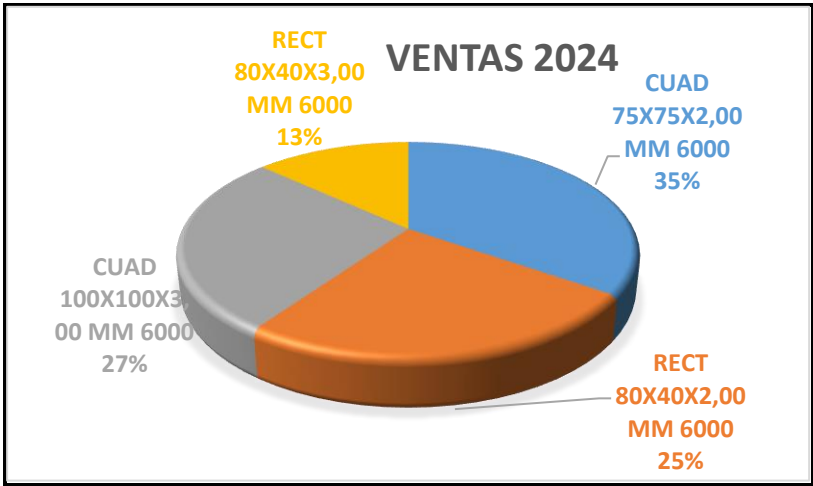
Tabla N° 1-2 Ventas de productos conformados año 2024

Producto 2024	Ventas	Extra	%
CUAD 75X75X2 MM 6000	\$ 3.687.158.760	\$ 34.910.769	0,947
CUAD 100X100X3 MM 6000	\$ 2.876.235.320	\$ 14.389.267	0,500
RECT 80X40X2 MM 6000	\$ 2.664.133.200	\$ 9.430.771	0,354
RECT 80X40X3 MM 6000	\$ 2.218.886.110	\$ 8.299.147	0,374
Sub total	\$ 6.563.394.080	\$ 49.300.036	1,447
Total	\$11.446.413.390	\$ 67.029.954	2,175

Fuente: Elaboración propia

Se observa en la Tabla de Ventas de productos conformados año 2024, que los dos productos con mayor venta generar paralelamente \$ 49.300.036 de material extra; Se consideran las ventas de los dos productos con mayor porcentaje de material extra, el cuadrado 100x100x3 mm y el cuadrado 75x75x2 mm tienen mayor cantidad de ventas y material extra que va en el producto.

Figura Nª 1-8 Gráfica circular de ventas de productos conformados año 2024



Fuente: Elaboración propia

Se observa en la Figura Gráfica circular de ventas de productos conformados año 2024, que el cuadrado 100x100x3 mm tiene un 27 % de ventas y el cuadrado 75x75x2 mm un 35% de las ventas anuales totales.

1.3.- OBJETIVO GENERAL

Elaborar una propuesta para mejorar la variabilidad en el corte de un producto de acero conformado en frío en base a los estándares definidos por la organización.

1.4.- OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Identificar las etapas del proceso de corte y reconocer las variables que afectan al producto terminado.

Actividades

- Recolectar datos del proceso
- Realizar entrevistas al personal
- Recoger datos de productos defectuosos
- Registrar información del mantenimiento de la máquina conformadora
- Recopilar información del área de ventas

2. Evaluar el desempeño actual del proceso que incide en la variabilidad en el corte en un 1,44% en el año 2024.

Actividades

- Levantar la información del proceso actual.
- Evaluar el proceso actual

3. Analizar las posibles causas que generan la variación en el corte.

Actividades

- Identificar las desviaciones presentadas
- Analizar las variables que presentan los productos
- Identificación de la causa raíz

4. Proponer un plan de mejora para mejorar esas variables.

Actividades

- Identificar soluciones
- Identificar áreas involucradas
- Asignar responsables y establecer un programa de trabajo

1.5.- ALCANCE

El proyecto de mejora propuesto se llevará a cabo en la máquina conformadora de perfiles, ésta elabora perfiles cuadrados y rectangulares en sus variados formatos: cuadrado 100x100x3 mm, cuadrado 75x75x2 mm, rectángulo 80x40x2 mm, cuadrado 75x75x3 mm, rectángulo 80x40x3 mm, rectángulo 80x40x4 mm, cuadrado 75x75x4 mm, cuadrado 75x75x5 mm, rectángulo 100x50x3 mm, cuadrado 100x100x5 mm con un largo estándar de 6000 mm.

Los estándares de fabricación se basan bajo la NCH 3518, que establece requisitos que deben cumplir los perfiles cerrados de acero conformados en frío.

Para cumplir con la norma chilena antes expuesta el acero a utilizar debe registrarse bajo los requisitos de elaboración para productos conformados en frío y que se encuentran en la norma internacional ASTM A36

1.6.- LIMITACIONES

- No contar con toda la información financiera asociadas al producto.
- Se consideran datos simulados para completar la serie de tiempo y que se encuentran dentro de los rangos normales de operación para efecto de cumplir con la cantidad requerida.
- Datos recopilados durante los meses de octubre y noviembre del año 2024.

1.7.- METODOLOGÍA

Recopilar información durante los meses de octubre y noviembre del año 2024 de todas las causas que han dado origen a la variabilidad en el corte de la línea conformadora, analizar las variables encontradas e identificar las variables que se puedan medir.

Utilizando herramientas de calidad como la gráfica de Pareto, diagrama de causa y efecto, lluvia de ideas, prueba de hipótesis, estadística descriptiva, análisis de capacidad del proceso, gráfica de cajas y bigotes, histogramas, pruebas de normalidad de Anderson - Darling.

La metodología a emplear será el ciclo de Deming (PHVA) y para la propuesta de mejora se promueve el uso de filosofía Lean, TQM y TPM.

Métrica a emplear: Costo

1.8.- NORMATIVA LEGAL

Tabla N° 1-3 Normativa aplicable para la empresa Metalúrgica S.A.

ASTM - A36	Acero	Cubre los requerimientos químicos y mecánicos para formas del acero al carbono de uso estructural.
NCH 3576	Perfiles Estructurales abiertos	Establece los requisitos para perfiles estructurales de acero al carbono conformados en frio.
NCH 3518	Perfiles Estructurales cerrados	Establece los requisitos tubulares estructural de acero al carbono con una costura.

Fuente: Manual de procedimientos de la Empresa Metalúrgica S.A

CAPITULO 2 MARCO TEORICO

La buena administración permite a las organizaciones ser capaces de utilizar sus recursos de manera correcta y también a alcanzar sus objetivos, es por ello que las actividades de trabajo deben ser direccionadas hacia un mismo fin, de modo tal que al realizarlas éstas sean ejecutadas de manera eficiente y eficaz con otras personas y a través de ella (Robbins&Coutler,2005), permitiendo el cumplimiento de las metas con la menor cantidad de recursos. Un modelo de optimización es la filosofía lean basada en las prácticas de Toyota Producción Sistem que a través de la continua, eliminación de los desperdicios, variaciones e inflexibilidades, crea un mayor valor para el cliente, minimizando los recursos, el tiempo, la energía y el esfuerzo a través de entender lo que realmente sucede en el lugar donde se crea el valor; desarrollándole capacidades a las personas a través de la resolución de problemas, formando líderes y un sistema de gestión eficaz.

En la actualidad las empresas industriales se enfrentan al reto de buscar e implantar nuevas técnicas organizativas y de producción que les permitan competir en un mercado global. El modelo de fabricación esbelta tiene su origen en el sistema de producción Just in Time (JIT), desarrollado en los años 50 por la empresa automovilística Toyota. Con la extensión del sistema a otros sectores y países se ha ido configurando un modelo que se ha convertido en el paradigma de los sistemas de mejora de la productividad asociada a la excelencia industrial.

De forma resumida puede decirse que Lean consiste en la aplicación sistemática y habitual de un conjunto de técnicas de fabricación que buscan la mejora de los procesos productivos a través de la reducción de todo tipo de desperdicios, definidos estos como los procesos o actividades que usan más recursos de los estrictamente necesarios. La clave del modelo está en generar una nueva cultura, tendiente a encontrar la forma de aplicar mejoras en la planta de fabricación, tanto a nivel de puestos de trabajo como de la línea de fabricación, y todo ello en contacto directo con los problemas existentes para lo cual se considera fundamental la colaboración y comunicación plena entre directivos, mandos y operarios.

Lean Manufacturing está orientado a empresas que buscan tener una mejora continua constante y empresas que buscan la excelencia considerando la premisa que

siempre se tiene algo por mejorar y por ende siempre se tendrán desperdicios por eliminar o minimizar, es por ésta razón que el objetivo de la filosofía se enfoca en reducir gastos, mejorar la productividad, aumentar la eficiencia, mejorar la relación con cada uno de los proveedores y vendedores, estandarizar el trabajo y satisfacer a los clientes internos y externos.

Los principios en los cuales se fundamenta la filosofía Lean desde el punto de vista del factor humano y de la manera de trabajar son: trabajar en la planta y comprobar las cosas in situ, formar líderes de equipos que asuman el sistema y lo enseñen a otros, interiorizar la cultura de parar la línea, crear una organización que aprenda mediante la reflexión constante y la mejora continua, desarrollar personas involucradas que sigan la filosofía de la empresa, respetar a la red de suministradores y colaboradores ayudándoles y proponiéndoles retos, identificar y eliminar funciones y procesos que no son necesarios, promover personas multidisciplinarias, descentralizar la toma de decisiones, integrar funciones y sistemas de información, obtener el compromiso total de la dirección con el modelo Lean.

A estos principios se deben añadir los relacionados con las medidas operacionales y técnicas a usar: crear un flujo de proceso continuo que visualice los problemas a la superficie, utilizar sistemas Pull para evitar la sobreproducción, nivelar la carga de trabajo para equilibrar las líneas de producción, estandarizar las tareas para poder implementar la mejora continua, utilizar el control visual para la detección de los problemas, eliminar inventarios a través de las diferentes técnicas de JIT, reducir los ciclos de fabricación y diseño, conseguir la eliminación de defectos.

La difusión de las técnicas de gestión Lean ha venido acompañada de los conceptos de “excelencia en la fabricación” o “empresa de clase mundial”. El conocimiento de los objetivos que implican estos conceptos es muy conveniente de cara a iniciarse en las nuevas técnicas, clave para la competitividad de las empresas. Desde el punto de vista de “Excelencia” las empresas que desean competir con éxito en el mercado actual deben plantearse los siguientes objetivos:

Diseñar para fabricar, reducir los tiempos de preparación de máquinas para incrementar la flexibilidad, disminuir los plazos de ejecución, lograr una distribución de la planta que asegure un bajo inventario, que minimice recorridos y facilite el control directo por visibilidad, usar la tecnología para disminuir la variabilidad del proceso, conseguir que sea fácil fabricar el producto sin errores, organizar el lugar de trabajo para

eliminar tiempos de búsqueda, formar a los trabajadores para facilitar la motivación, polivalencia multidisciplinaria, garantizar que el personal de la g sea el primero en intentar solucionar los problemas, conservar y mejorar y mejorar el equipo antes de pensar en nuevos equipos, usar intensivamente el mantenimiento preventivo implicando a todos los empleados, incrementar la frecuencia de entregas de los productos, conseguir que la detección de fallos se realice en la fuente, crear mecanismos sencillos que detecten inmediatamente los problemas, garantizar que las personas estén regularmente informadas sobre las necesidades de los clientes, garantizar su grado de satisfacción y de los métodos a utilizar para su satisfacción, estas técnicas Lean Manufacturing constituyen la hoja de ruta idónea para conseguir convertir una empresa competitiva y de excelencia dentro del mercado actual. [1]

2.1.- CICLOS PHVA/ SDCA

Los ciclos PHVA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar) y SDCA (Estandarizar, Hacer, Comprobar, Actuar) están en la base de la metodología Kaizen, como motores para el perfeccionamiento continuo de los procesos y para el mantenimiento de las normas.

Ya el ciclo SDCA enfatiza la importancia de la estandarización como elemento precursor del ciclo de mejora. En este caso la perspectiva es la de que antes de buscar mejorar un proceso, es esencial asegurar que los procedimientos actuales se encuentren estables y estandarizados. Solo después de establecer estas normas es que la organización puede efectivamente pasar a la mejora continua a través del ciclo PHVA.

El PHVA, a menudo denominado como rueda de Deming, es un modelo iterativo (Que indica repetición) de gestión de la calidad que promueve una mejora continua a través de una secuencia lógica de pasos: planificar la mejora, implementarla, verificar los resultados obtenidos y actuar en consecuencia para perpetuar el cambio.

Planificar (P). En este paso se deben definir los objetivos e indicar como se alcanzarán, una buena planificación permite el desarrollo adecuado de las siguientes fases del ciclo. Es necesario identificar los riesgos y las oportunidades, asignándoles recursos.

Hacer (H): Es ejecutar lo planeado, en su desarrollo se pueden evidenciar los problemas que se tiene en la implementación. La organización debe determinar y proporcionar los recursos necesarios para el establecimiento, implementación, mantenimiento y mejora continua del sistema de Gestión de la calidad. La organización

debe considerar las capacidades y limitaciones de los recursos internos existentes, que se necesita obtener de los proveedores externos.

Verificar (V): Es comprobar que se estén ejecutando los objetivos previamente definidos mediante el seguimiento y medición de los procesos, confirmando que estos se estén realizando acorde con las políticas y la planeación inicial. La organización debe determinar que necesita seguimiento y medición, los métodos de seguimiento, medición, análisis y evaluación necesarios para asegurar resultados válidos, cuando se deben llevar a cabo el seguimiento y medición, cuando se deben analizar y evaluar los resultados del seguimiento y la medición.

Actuar (A): Es en donde se realizarán las acciones para el mejoramiento del desempeño de los procesos, se corrigen las desviaciones, se estandarizan los cambios, se realiza la formación y capacitación requerida y se define como monitorearlo.

El ciclo se inicia con la planificación, donde se definen objetivos claros y se elaboran los planes de acción. La fase de realización pone a prueba estos planes. Le sigue la verificación, donde los resultados de las acciones son evaluados para asegurar que corresponden a las expectativas y están en el camino correcto para alcanzar buenos resultados. Finalmente, la etapa acción permite normalizar los éxitos e integrar las mejoras como una práctica regular.

La orientación hacia la calidad exige un compromiso firme por parte de la dirección, reconociendo que comprometer la calidad para cumplir plazos o reducir costes puede perjudicar la viabilidad de la empresa a largo plazo. En la práctica, esto significa que es importante integrar la calidad en cada etapa de la mejora continua, un enfoque que no se limita a responder a las expectativas, sino a superarlas.

Figura N°2-1 Ciclo de Deming (PHVA)



Fuente: <https://www.ingenieriadecalidad.com/2020/02/ciclo-de-deming.html>

2.2.- GESTION DE LA CALIDAD TOTAL (TQM)

Este enfoque filosófico se centra en liderar y lograr la excelencia en la calidad en todos los aspectos de una organización. Hace hincapié en la mejora continua, involucrando a todos los empleados en la búsqueda de la satisfacción del cliente.

El TQM fomenta una cultura en la que la calidad está arraigada en el trabajo en equipo, la resolución proactiva de los problemas y el compromiso con la excelencia. Al integrar la calidad en todos los procesos y departamentos, TQM tiene como objetivo eliminar defectos, optimizar las operaciones, reducir el desperdicio y mejorar el rendimiento general, asegurando el éxito a largo plazo y la competitividad en el mercado.

La calidad es parte integral de cada aspecto en las operaciones, con el objetivo de esforzarse por alcanzar la excelencia en los productos, servicios y procesos internos, al tiempo que se adapta a las cambiantes demandas del mercado. La satisfacción de los clientes es el resultado de un sistema de calidad integrado.

Kaizen: es un término japonés que significa “mejora continua”, está relacionado con la TQM. Es ideal para las organizaciones que buscan incluir una cultura de mejoras constantes a pequeña escala. Kaizen fomenta el compromiso de los empleados, fomenta la creatividad y es eficaz en lugares de trabajo donde la innovación y la adaptabilidad son primordiales.

La gestión de la calidad total implica la participación de los empleados en todos los niveles, con una comunicación eficaz que fomente un sentido de “pertenencia y empoderamiento”. Se basa en la recopilación y el análisis sistemáticos de datos (como la evaluación comparativa) para fomentar ciclos de retroalimentación para la toma de decisiones basada en la evidencia (también conocido como el ciclo de Planificar – Hacer – Actuar – Verificar).

La participación de las personas es otro de los principios de la gestión de la calidad total. La comunicación eficaz es vital para garantizar que todos comprendan su papel en el logro de los objetivos de calidad, promover la transparencia y fomentar la colaboración de los departamentos.

La Gestión de la calidad total (TQM) se basa en los siguientes principios:

El enfoque al cliente: Comprender satisfacer y superar las expectativas de los clientes es la base de la gestión de la calidad total. Con la capacitación adecuada, la gestión de la calidad total se centra en una cultura organizacional duradera para anticipar y responder a las opiniones y comentarios de los clientes (es decir, la satisfacción del cliente) como concepto clave para seguir siendo competitivo.

Compromiso de liderazgo: Participación activa de la dirección para demostrar su dedicación e implicación en la promoción de iniciativas de gestión de calidad en toda la organización. Para alcanzar el éxito, los valores fundamentales de la calidad son inherentes a las estrategias de TQM.

Participación de los empleados: Fomentar a los empleados de todos los niveles para que aporten ideas y esfuerzos en un esfuerzo continuo por lograr la mejora de la calidad. La participación total de los empleados integra la calidad en todo el ciclo de la producción. Los problemas relacionados con la calidad y otros problemas inmediatos del proceso se abordan con prontitud.

Enfoque orientado al proceso: Se hace hincapié en métodos sistemáticos y estructurados para alcanzar los objetivos de calidad. El enfoque sistemático para las mejoras de procesos está centrado en el cliente, con una planificación de la calidad para mejorar la calidad del servicio durante todo el recorrido del cliente.

Mejora continua: El componente central del TQM es el compromiso con la calidad y el esfuerzo continuo para mejorar la calidad de los productos o servicios. La TQM se esfuerza por lograr la excelencia y el control total de la calidad como parte del plan estratégico de optimización y mejora de procesos.

Toma de decisiones basada en evidencia: Las herramientas deben recopilar y aplicar datos precisos y análisis rigurosos para impulsar decisiones informadas. Las herramientas básicas y los datos de desempeño organizacional que se utilizan en las prácticas de TQM pueden abarcar equipos multifuncionales.

Relaciones con proveedores: la gestión de la cadena de suministro es un componente fundamental del control de calidad moderno. Las empresas colaboran estrechamente con los proveedores para garantizar una planificación conjunta de la calidad, desde las materias primas básicas hasta los insumos, como parte de un sistema integrado de procesos empresariales y de producción. Estos principios

Estos principios apuntan colectivamente a cultivar una cultura donde la calidad sea responsabilidad de todos, esforzándose por alcanzar la excelencia y el avance continuo en todos los aspectos de la organización para cumplir o superar las expectativas del cliente.

Herramientas básicas de la gestión de la calidad total:

Diagrama de causa y efecto: (diagrama de espina de pescado o de Ishikawa); herramientas visuales para identificar y analizar las causas potenciales que contribuyen a un problema o resultado específico.

Hojas de verificación: Formularios o gráficos simples para recopilar y organizar datos de forma sistemática, facilitando su análisis.

Gráficos de control: Los gráficos estadísticos monitorean las variaciones y rastrean la estabilidad del proceso a lo largo del tiempo, distinguiendo entre causas comunes y causas asignables de variación.

Histogramas: Gráfico común para la distribución de datos, que ayuda a los usuarios a identificar variaciones y patrones en un conjunto de datos.

Diagrama de Pareto: Distribución de Pareto para mostrar factores en orden descendente de frecuencia o impacto, útil para resaltar los problemas más significativos.

Diagrama de dispersión: Un diagrama de dispersión visualiza las relaciones entre dos variables para identificar correlaciones o tendencias.

Estratificación / Diagramas de flujo: Diagramas que ilustran la secuencia de pasos o procesos, ayudando a comprender y optimizar los flujos de trabajo.

2.3.-DIAGRAMA DE PARETO

Un diagrama de Pareto es una herramienta clave en la toma de decisiones de una organización. Permite clasificar gráficamente la información por orden de su relevancia, identificando así los problemas más importantes. Se basa en el principio de Pareto, donde el 80 % de las consecuencias provienen del 20% de las causas. Este diagrama organiza los datos en orden descendente, asignando un orden de prioridades según su importancia, facilitando la priorización de acciones para su solución.

El principio de Pareto, también es conocido como la regla del 80/20, establece que el 80% de las consecuencias provienen del 20% de las causas. En el contexto del diagrama de Pareto, este principio cobra especial relevancia al permitir identificar de forma clara cuales son los problemas más significativos que afectan a una organización.

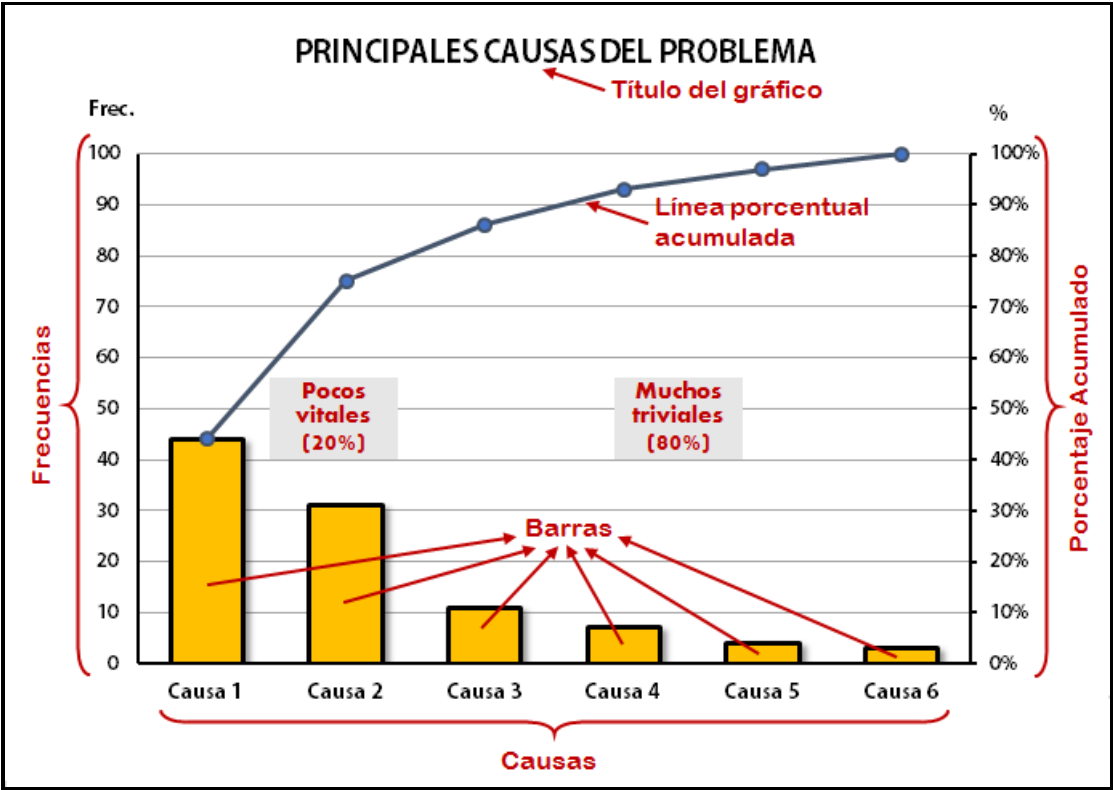
Este principio es fundamental en la toma de decisiones, ya que ayuda a priorizar las acciones que deben llevarse a cabo para abordar los problemas más críticos en primer lugar.

Al aplicar el Principio de Pareto en la gestión de una empresa, se puede optimizar el uso de recursos al enfocarse a resolver aquellas situaciones que tienen un impacto más significativo en el desempeño general.

El concepto fundamental del diagrama de Pareto radica en la idea de que una minoría de causas es responsable de la mayoría de los problemas, lo cual se refleja en el orden de prioridades que esta herramienta establece. Al identificar y enfocarse en los problemas más significativos, se permite a las organizaciones concentrar sus esfuerzos de mejora en las áreas donde se obtendrá un mayor impacto.

El porcentaje acumulado en un diagrama de Pareto representa la contribución relativa de cada categoría o elemento al total, al interpretar este porcentaje se identifican las áreas que tienen un mayor impacto en la problemática; las categorías que representan un porcentaje acumulado significativamente alto deben ser consideradas como prioridades para la acción.

Figura N° 2-2 Diagrama de Pareto



Fuente: <https://estadisticando.blogspot.com/2015/06/diagrama-de-pareto.html>

2.4.- MUDA

Desde la implementación el concepto MUDA, a manos del ingeniero japonés Taiichi Ohno (Ingeniero y ex ejecutivo de Toyota, concibió y lanzo el legendario sistema de producción Toyota “TPS” que se sustenta sobre dos pilares conceptuales, fabricar solo lo que se necesita “JIT” y automatización con un toque humano “JIDOKA”) para depurar y mejorar el sistema de producción de Toyota, se han categorizado siete tipos básicos de desperdicios.

Transporte: En la manufactura se refiere al traslado innecesario de materia prima o productos terminados. En organizaciones de otro tipo, puede estar relacionado con la movilidad innecesaria del capital humano.

Inventario: Es la acumulación de stock; esto genera pérdidas de espacio y mercancías con daños o que se vuelva obsoleta.

Movimientos Innecesarios: Dentro de la MUDA figura el transito innecesario de un lugar a otro. Si el colaborador debe dejar su área de trabajo para recoger un documento o hacer una consulta, genera desperdicio de tiempo y energía de su parte.

Espera: Esta se define como todo momento en el que no se está añadiendo valor. Deriva de la espera por materia prima o la conclusión de un paso anterior, así como por los colaboradores que llegan tarde a una reunión de equipo o de procesos que deben esperar la aprobación de toda la cadena de mando.

Sobreproducción: Aunque parezca sensato producir en mayores cantidades a las requeridas, según el concepto MUDA resulta todo lo contrario. El tiempo, dinero y personal dedicado a esta producción podría canalizarse en actividades y procesos que sí ofrezcan valor a los productos o servicios.

Defectos: Es probablemente el desperdicio de mayor efecto en las organizaciones. Suele implicar gastos de material y fuerza de trabajo con resultados poco satisfactorios para los clientes, derivando en pérdidas económicas importantes.

Figura N° 2-3 Tipos de MUDAS



Fuente: <http://www.angelantonioromero.com/wp-content/uploads/2014/11/7-mudas.jpg>

2.5.- DIAGRAMA DE CAJAS Y BIGOTES

Los diagramas de caja o block plot ofrecen una buena imagen gráfica de la concentración de los datos. También muestran lo lejos que están los valores extremos de la mayoría de los datos. Un diagrama de caja se construye a partir de cinco valores: el valor mínimo, el primer cuartil, la mediana, el tercer cuartil y el valor máximo. Se utilizan estos valores para comparar la proximidad de otros valores de datos. Además, los diagramas de caja y bigotes son particularmente útiles para comparar conjuntos de datos uno al lado del otro. Al colocar varios diagramas de caja en el mismo gráfico, puede ver fácilmente cómo difieren las distribuciones de datos entre grupos.

Los diagramas de caja y bigotes son un tipo de grafico que se utiliza para visualizar la distribución de los datos, estos pueden ser:

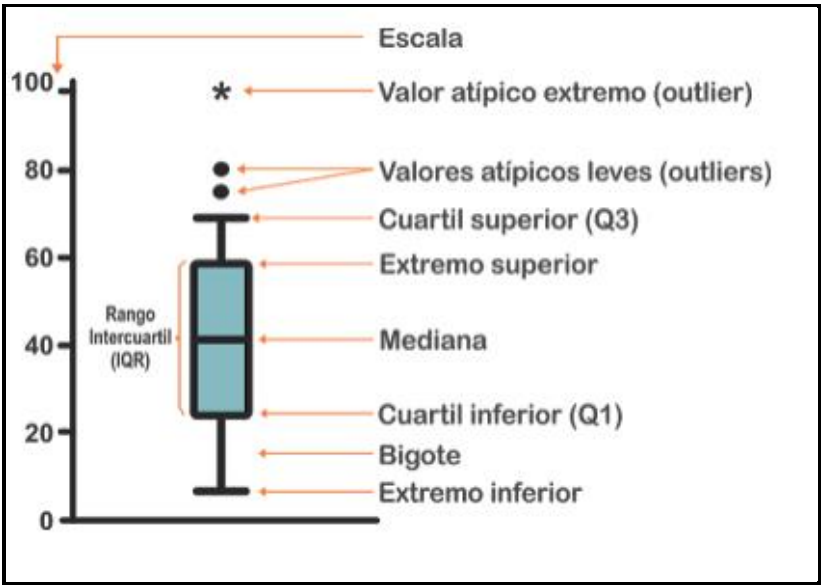
Dispersión de los datos: El cuadrado muestra el 50% central de los datos, con el valor mediano dividiendo el cuadrado por la mitad. Los bigotes se extienden desde el cuadro para mostrar los puntos de datos restantes, lo que indica cuan dispersos están los datos

Centro de los datos: La mediana, representada por una línea en el medio del cuadro, muestra el valor “medio” del conjunto de datos.

Asimetría: Al observar la simetría de la caja y los bigotes, se puede ver si los datos están sesgados (desequilibrados) hacia un lado o si son relativamente simétricos.

Valores atípicos: Los puntos que quedan afuera de un rango determinado con respecto al resto de los datos se consideran valores atípicos en el diagrama de caja y bigotes y por lo general se grafican individualmente más allá de los bigotes.

Figura Nª 2-4 Diagrama de cajas y bigotes



Fuente: <https://estadisticando.blogspot.com/2019/06/boxplot-diagrama-de-cajas.html>

2.6.- ESTADISTICA DESCRIPTIVA E INFERENCIAL

La estadística descriptiva (deductiva), es la parte de la estadística que establece los modelos que determinan como se distribuyen (que probabilidad tienen) los valores de una población, permite hacer una afirmación de lo que pasara con las muestras a partir de una población conocida.

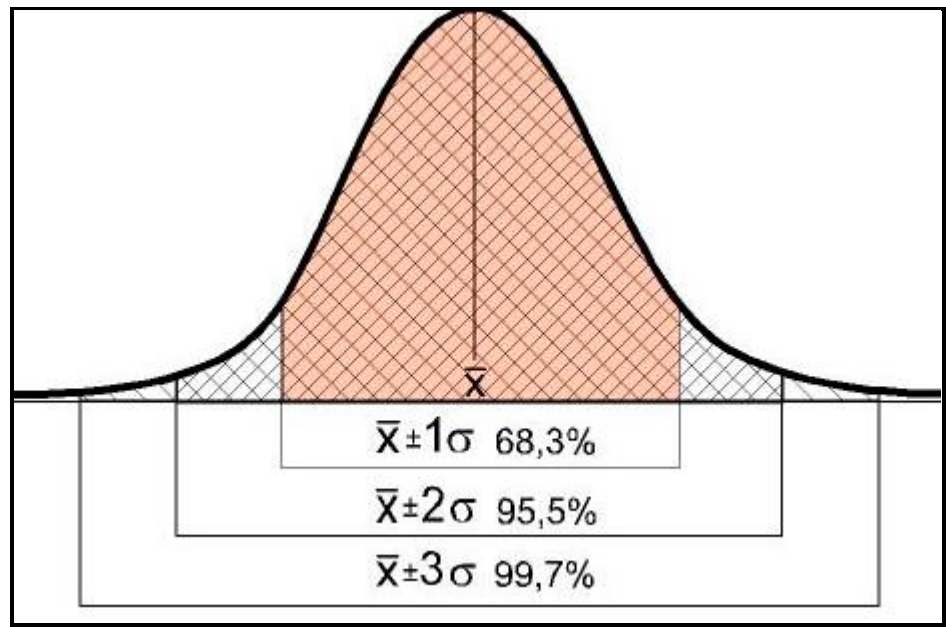
Es la parte de la estadística que arregla los datos, de tal forma que puedan ser analizados e interpretados; los métodos de estadística descriptiva permiten determinar la tendencia central de una variable (promedio o media aritmética, mediana o moda), la variabilidad de una variable (desviación estándar, varianza, rangos), como es la distribución de una variable (histograma de frecuencias, distribución normal).

La estadística inferencial (inductiva), una vez que se ha asumido un modelo probabilístico para la población, se puede seguir el camino contrario. Es decir, a partir de

unja muestra constituida por varios productos se puede predecir con cierta seguridad el porcentaje de fabricación que cumple las especificaciones o realizando varias medidas sobre una característica se puede predecir donde está el valor que mejor la define; la inferencia comprende la estimación puntual (intervalos de confianza y las pruebas de hipótesis) la cual nos permite realizar una afirmación sobre la población a partir de una muestra.

Es la parte de la estadística que busca predecir o deducir características o resultados esperados de una población, basados en los datos obtenidos de una muestra de esa población. Dentro de las técnicas aplicadas en la estadística inferencial existen el test t que se usara para comparar la media aritmética de dos grupos, determinando si las diferencias entre los grupos ocurren al azar o de forma sistémica indicando una diferencia real; el análisis de varianza o anova que se aplica para comparar dos o más grupos de variables; el análisis de correlación revela si los valores entre dos variables tienden a cambiar sistemáticamente, para hacer esas determinaciones se usa el coeficiente de correlación r y el valor de p o de intervalo de confianza IC y el análisis de regresión que permite predecir un valor de otro.

Figura N° 2-5 Campana de gauss



Fuente: <https://jesusgarciaj.com/2010/01/22/la-curva-de-distribucion-normal/>

2.7.- DIAGRAMA DE ISHIKAWA

El diagrama de Ishikawa, también denominado diagrama de causa y efecto o espina de pescado, es un organizador gráfico que representa las distintas causas de un problema, con el objetivo de encontrar una solución, o de un hecho, con la finalidad de conocer que eventos lo produjeron.

Este diagrama fue inventado alrededor de 1940 y posteriormente fue mejorado por Kaoru Ishikawa, un químico y administrador de empresas nacido en Japón, para analizar los distintos factores que intervienen en un proceso empresarial y determinar cuáles son los que producen un problema.

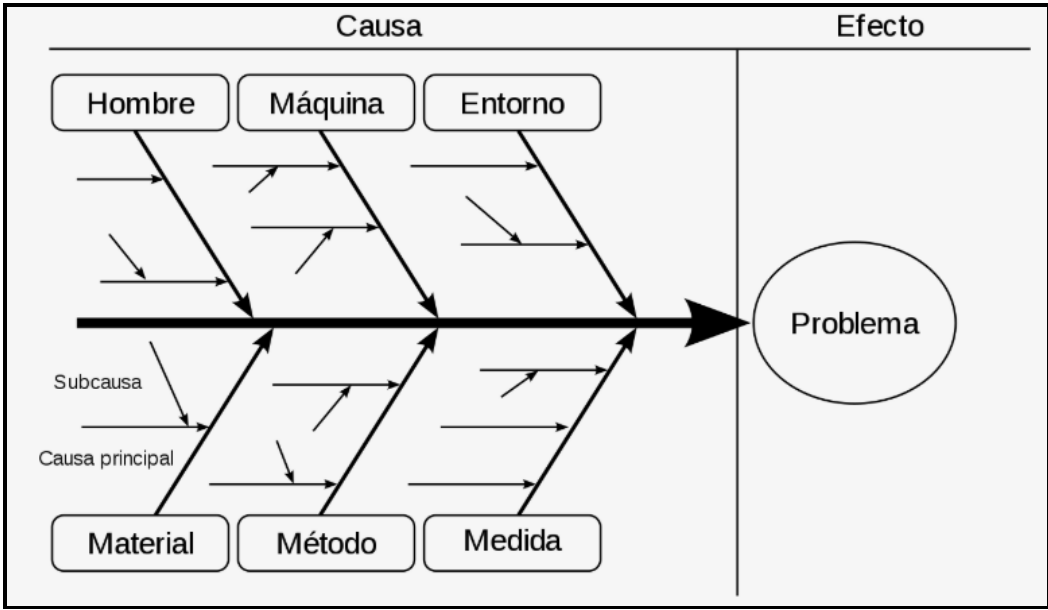
Una vez que se detecta qué elemento genera el inconveniente, es posible plantear una solución para mejorar la calidad de un servicio o producto, alcanzar la eficiencia en un proceso o lograr un objetivo.

Si bien este diagrama se utiliza principalmente en los ámbitos empresarial e institucional, también se puede emplear en el científico o educativo para conocer las causas de un fenómeno o explicar distintos temas.

La estructura del diagrama de Ishikawa imita la forma de un pez, puesto que los elementos se distribuyen en distintas líneas que se asemejan a las espinas de éste.

Esas líneas permiten analizar las causas principales y las secundarias con un gran nivel de detalle e incluir elementos que no se consideraban pertinentes o relevantes, pero que pueden ser la verdadera razón de un problema.

Figura N° 2-6 Diagrama de Ishikawa



Fuente: <https://aticaingenieria.cl/que-es-el-diagrama-de-ishikawa/>

2.8.- MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM)

TMP es el acrónimo de mantenimiento productivo total, es una herramienta lean que tiene como objetivo reducir a 0 los fallos en el proceso de la planta de producción, la clave es 0 defectos, 0 accidentes e implicación de todos los miembros de la empresa. Para aplicar el sistema TPM de Lean manufacturing se deben conocer los pilares fundamentales que lo forman:

Mejoras enfocadas u orientadas: Este pilar consiste en la mejora constante en las distintas áreas de trabajo, llegando a la raíz de los problemas y aplicando soluciones efectivas. Para realizar las mejoras enfocadas es necesario una planificación previa, analizando el factor que se quiere mejorar y definir el tiempo disponible para realizar la mejora.

Estas mejoras enfocadas solucionan problemas de toda la empresa, desde procesos de producción, hasta componentes específicos de algún equipo. Entrenar a toda la empresa para encontrar mejoras es trivial (Que no sobresale de lo común) para introducir el negocio en un ciclo de mejora continua.

Mantenimiento autónomo: Desarrollar a los operadores para que puedan hacerse cargo de pequeñas tareas de mantenimiento, liberando así al personal de mantenimiento

cualificado para dedicar tiempo a actividades de mayor valor añadido y a reparaciones de un elevado nivel técnico.

Mantenimiento planificado: Con el mantenimiento planificado las máquinas y equipos se evoluciona de un método reactivo a preventivo, este integra 4 grupos; mantenimiento preventivo, mantenimiento de averías, mantenimiento correctivo y prevención de mantenimiento.

Mantenimiento de calidad: El enfoque de este pilar está en eliminar las no conformidades de manera sistemática en las partes del equipo que afectan la calidad del producto.

Desarrollo de habilidades de operación y mantenimiento: El objetivo es crear una fábrica llena de expertos, formar a los empleados y hacer múltiples habilidades, mejorando su involucración en el trabajo, la efectividad de sus acciones y hacerles participe de los resultados

Control del sistema de fase inicial: Dirige el conocimiento práctico y la comprensión de los equipos de fabricación obtenidos a través de TPM hacia el diseño de nuevos equipos. Los equipos nuevos alcanzaran el rendimiento esperado mucho más rápido, debido a menos problemas de puesta en marcha y el mantenimiento es más simple y más robusto debido a un análisis y diseño inicial, donde se han tenido en cuenta estas necesidades.

Seguridad, salud y medio ambiente: El enfoque esta en crear un lugar de trabajo seguro y un entorno que no sufra impacto alguno por nuestro proceso (Cero accidentes, cero problemas de salud y cero incendios).

Este pilar desempeñará un papel activo en cada uno de los demás pilares de forma regular, será necesario construir un comité en representación de todos los trabajadores para la definición y seguimiento de acciones dentro del enfoque definido.

Office TPM: Por ultimo para la mejora operativa y gestión del TPM en las áreas de BackOffice y administración, TPM office busca la eficiencia en las funciones administrativas, mediante la identificación y eliminación de pérdidas. Esto incluye analizar procesos y procedimientos hacia una mayor automatización de los procesos ofimáticos en relación con los equipos.

Beneficios del TPM

Mejora de la capacidad del proceso, calidad del producto y productividad, uso eficiente de los equipos a lo largo de su vida útil, desde el diseño inicial, maximización de la eficiencia operativa de los equipos, impacto positivo en el desarrollo y habilidades del personal, aumento en la aplicación de habilidades manuales y operativas, trabajo en equipo y resolución de problemas, implementación efectiva de prácticas de trabajo en equipo, como la integración del TPM en la gestión administrativa de las funciones de apoyo, reducción de problemas en los turnos de trabajo, ya que las actividades de valor añadido se convierten en acciones proactivas en lugar de reactivas.

CAPITULO 3 DESARROLLO

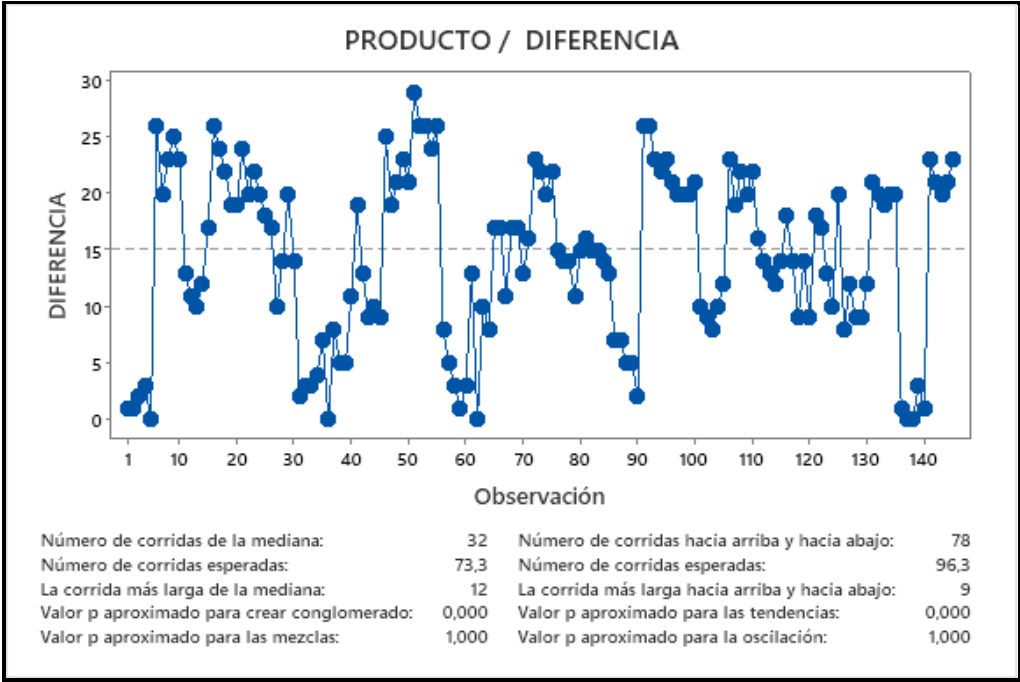
3.1 RECOPIACION Y ANALISIS DE DATOS OBTENIDOS

La recolección de información ha sido realizada a través de informes de inspecciones aleatorias que se registran en planillas Excel dentro del área de control de calidad para los productos fabricados en la maquina conformadora, esta ha sido complementada con la de los operadores, además se obtienen reportes desde el departamento de mantención acerca de las variables que presenta el carro de corte y que pueden influir en la longitud de los productos fabricados.

Con la información recabada se comienzan a analizar los datos a través de graficas con las herramientas estadísticas del minitab y se procede a estudiar el proceso.

3.2 GRÁFICO DE CONTROL

Figura N° 3-1 Gráfico de control de Productos / Milímetro extra

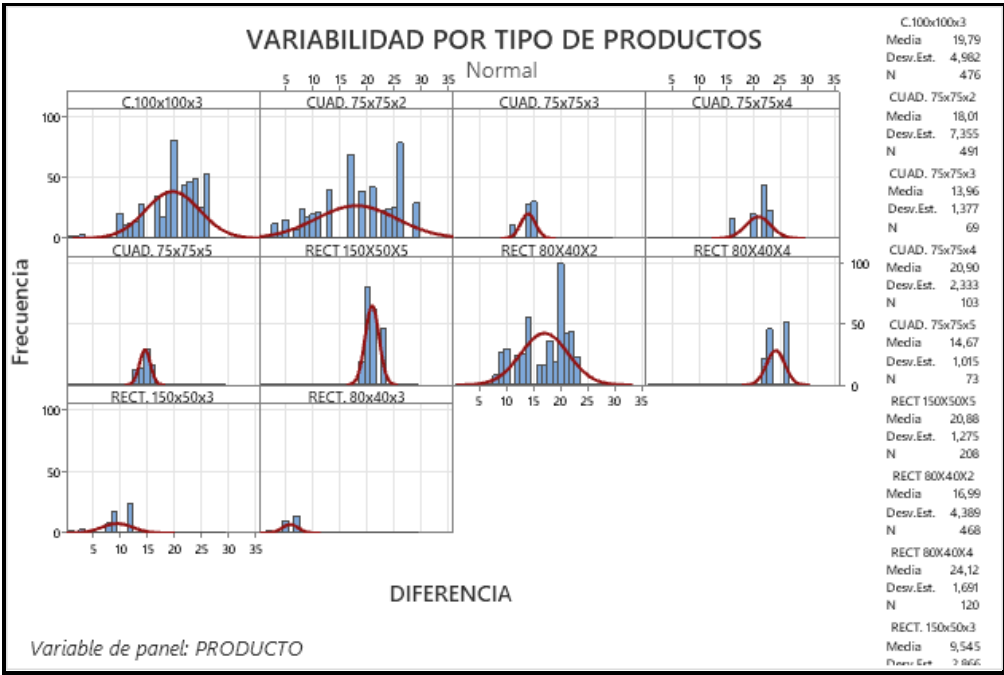


Fuente: Elaboración propia

Se realiza una gráfica de control para conocer cómo se comporta el proceso en la actualidad, considerando para éste caso el producto a fabricar con la relación largo programado menos el largo real, se observa que existen causas asignables de variación dentro del carro de corte.

3.3 GRAFICO DE VARIABLES

Figura N° 3-2 Grafico de variables por tipo de productos

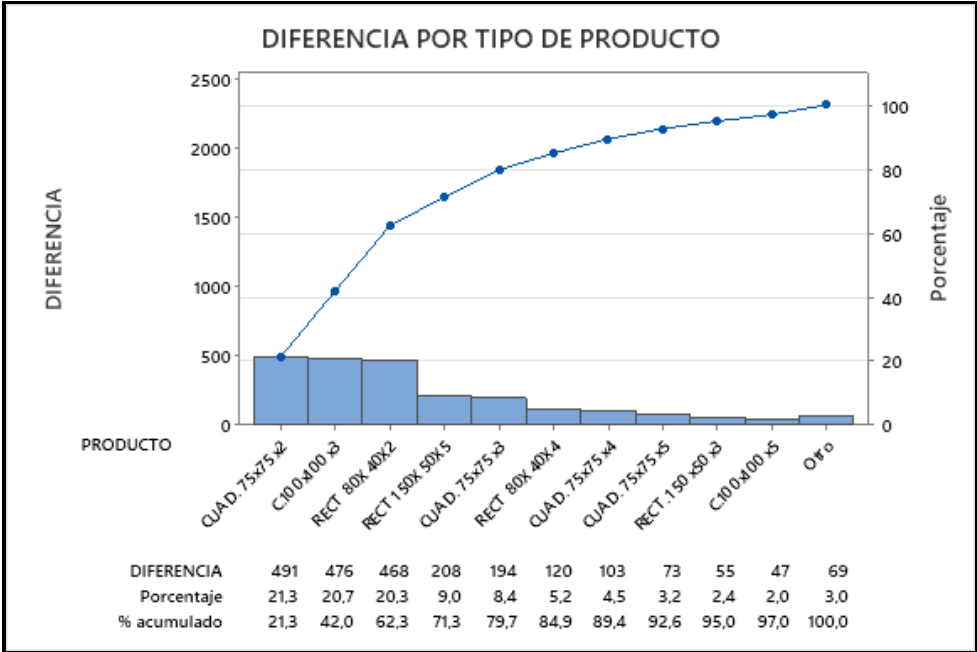


Fuente: Elaboración propia

Se realiza un Gráfico de variables por tipo de productos para los periodos 2023 y 2024, en donde se puede observar que existe una dispersión en los datos entre el producto fabricado y la diferencia de longitud en el corte.

3.4 GRAFICA DE PARETO

Figura N° 3-3 Grafica de Pareto Material extra

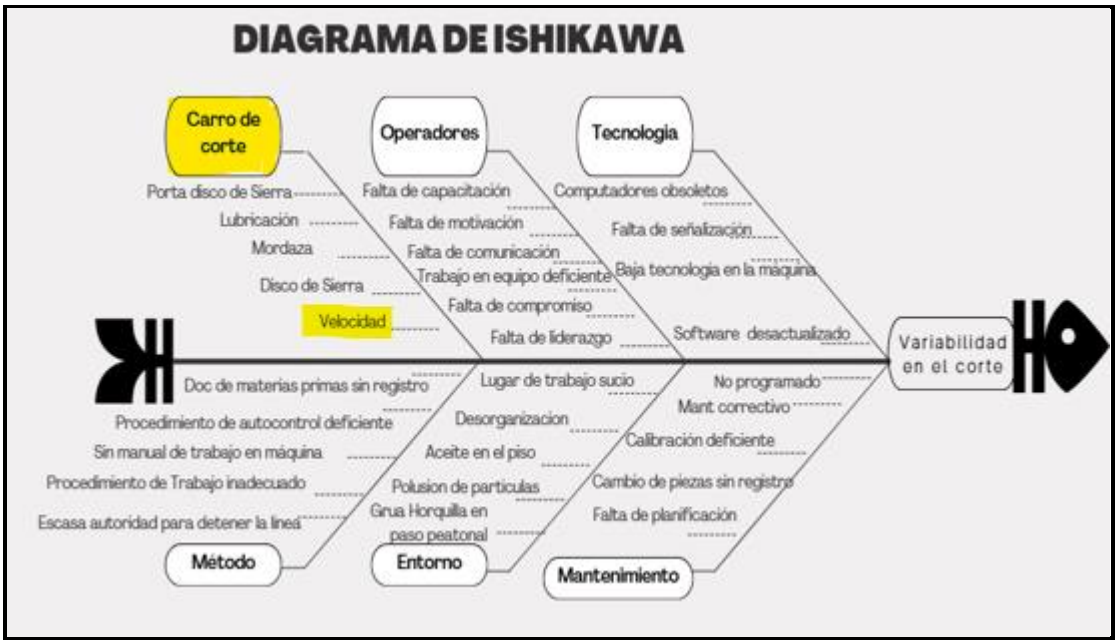


Fuente: Elaboración propia

Se elabora una Gráfica de Pareto para identificar de manera visual los productos que tienen mayor diferencia en su longitud. Al analizar el grafico se puede observar que el 80 % de los datos se presentan en los primeros cinco productos al costado derecho de la gráfica.

3.5.- DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO

Figura N° 3-4 Diagrama de causa y efecto

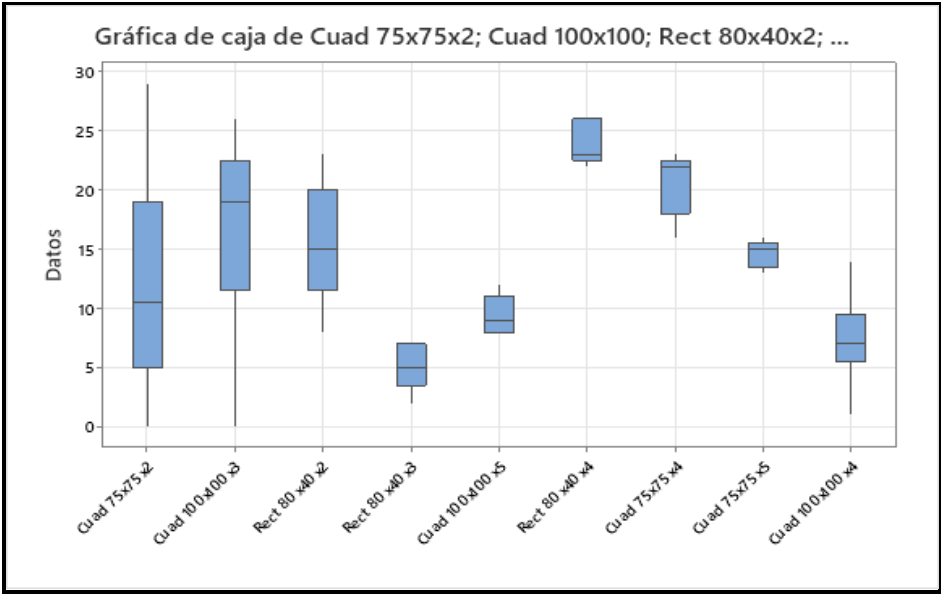


Fuente: Elaboración propia.

Con la información recopilada del proceso y del área de mantenimiento se realiza un diagrama de Ishikawa para identificar las causas y sub-causas que podrían provocar la variabilidad en el corte en la línea conformadora, donde se determinara como una posible causa la velocidad en el carro de corte.

3.6.- GRÁFICA DE CAJAS / BLOCK PLOT

Figura N° 3-5 Gráfica de cajas por tipo de productos



Fuente: Elaboración propia

Según se observa en la Gráfica de caja que existen diferencias significativas en los productos fabricados con la relación de los datos largo programado en la línea y el largo real.

3.7.- ESTADISTICA DESCRIPTIVA

Tabla 3-1 Estadística descriptiva de productos fabricados

Estadísticas								
Variable	Media	Desv.Est.	CoefVar	Suma	Rango	IQR	Asimetría	Curtosis
Cuad 75x75x2	12,275	8,49732	69,22	491	29	14	0,36	-1,08
Cuad 100x100x3	16,3793	7,65046	46,71	475	26	11	-0,84	-0,20
Rect 80x40x2	15,6	4,73141	30,33	468	15	8,5	-0,08	-1,43
Rect 80x40x3	5,2	2,04939	39,41	26	5	3,5	-1,02	0,92
Cuad 100x100x5	9,4	1,67332	17,80	47	4	3	1,09	0,54
Rect 80x40x4	24	1,87083	7,80	120	4	3,5	0,38	-2,90
Cuad 75x75x4	20,6	2,79285	13,56	103	7	4,5	-1,50	2,04
Cuad 75x75x5	14,6	1,14018	7,81	73	3	2	-0,40	-0,18
Cuad 100x100x4	7,33333	4,13118	56,33	44	13	4	0,18	2,36

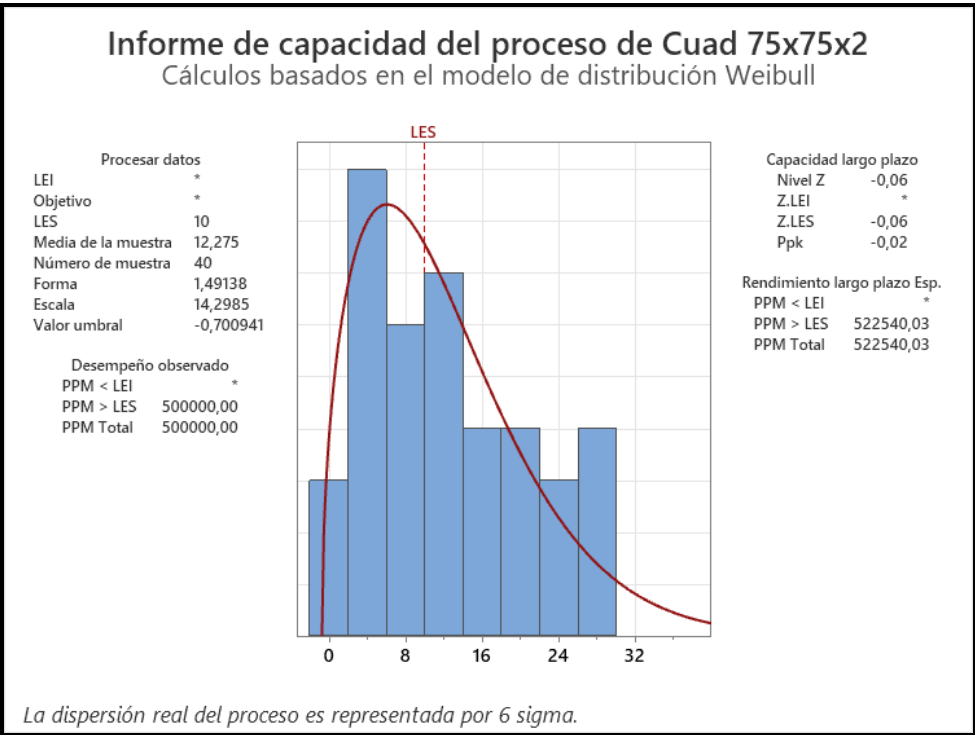
Fuente: Elaboración propia

Se observa en el análisis de tabla de estadística descriptiva, que el producto con mayor coeficiente de variación es el cuadrado 75x75x2 mm, éste dato nos determinará la variación al comparar grupos distintos, en este caso considerando la variedad de productos

fabricados en la línea conformadora, con la relación diferencia de longitud; el coeficiente de variación más alto es el que tiene mayor oportunidad de mejora.

3.8.- ANÁLISIS DE CAPACIDAD

Figura N°3-6 Gráfica de análisis de capacidad

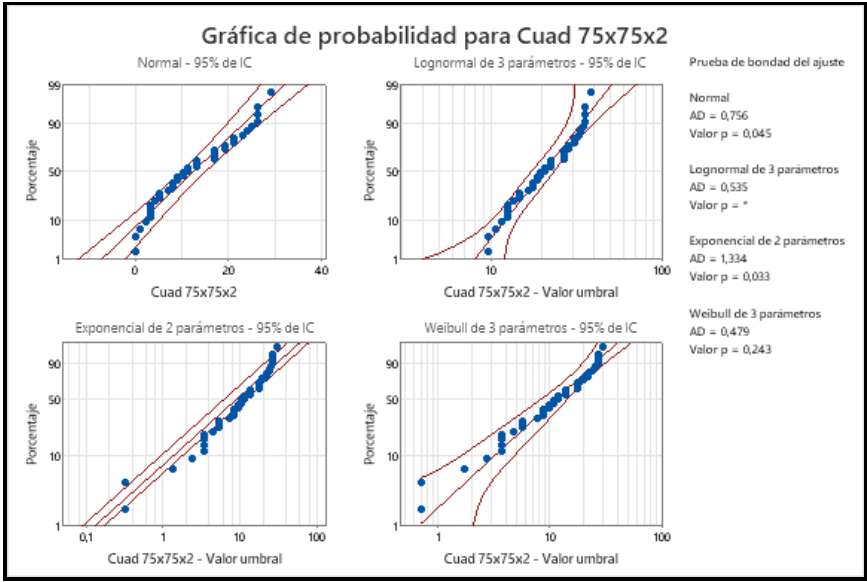


Fuente: Elaboración propia.

Se observa en la Gráfica de capacidad para el cuadrado 75x75x2 que el valor del PPK no es positivo; por lo tanto, todo lo que se encuentre a la derecha de la gráfica es producto con material extra y fuera de especificación. Se considerará un límite superior de diez milímetros en el largo del producto para este estudio con un 95% de confianza

3.9.- GRÁFICA DE PROBABILIDAD Y PRUEBA DE HIPOTESIS

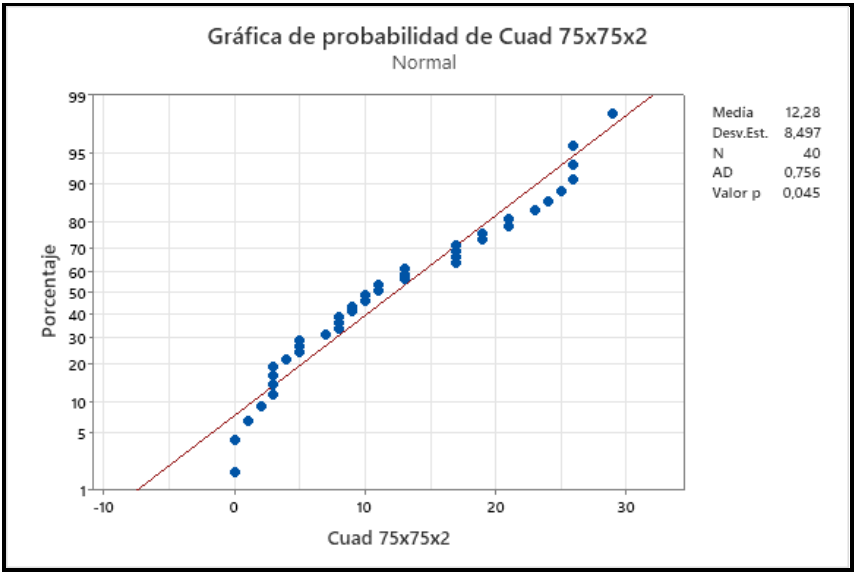
Figura N°3-7 Gráfica de probabilidad de Weibull de tres parámetros



Fuente: Elaboración propia

Se observa en la Gráfica de probabilidad de Weibull de tres parámetros una distribución de datos que no es normal, con un valor p de 0.243, siendo éste mayor que alfa con un 95% de confianza.

Figura N°3-8 Gráfica de probabilidad de Anderson Darling



Fuente: Elaboración Propia

Se observa en la Gráfica de probabilidad de Anderson Darling que existe dato estadísticamente significativo para decir que es poco probable que los datos analizados tengan una distribución normal con un 95% de confianza.

Tabla 3-2 Análisis de varianza de velocidades

Análisis de Varianza						
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p	
Recodificado Velocidad de la lí	3	770,5	256,84	4,52	0,009	
Error	36	2045,5	56,82			
Total	39	2816,0				

Fuente: Elaboración propia

Se realiza un análisis de varianza de velocidades, en donde se consideran las cuatro velocidades encontradas dentro del proceso de corte para el cuadrado 75x75x2 mm (45 metros/minuto será considerada como muy baja, 50 metros/minuto será considerada como baja, 57 metros/minuto será considerada como media y 60 metros/minuto será considerada como alta). Se puede observar que el valor de p es 0,009 menor que alfa (0,05) de las cuatro velocidades estudiadas hay una que difiere significativamente de las demás.

Tabla N° 3-3 Anova Prueba Dunnett

Agrupar información utilizando el método de Dunnett y una confianza de 95%

Recodificado			
Velocidad de la lí	N	Media	Agrupación
MEDIA (control)	5	15,00	A
ALTA	20	15,35	A
MUY BAJA	5	12,00	A
BAJA	10	4,90	

Las medias no etiquetadas con la letra A son significativamente diferentes de la media del nivel de control.

Fuente: Elaboración propia

Se realiza un Análisis utilizando Anova prueba Dunnett, en el cual se puede observar que a baja velocidad la media del nivel de control es significativamente diferente, esto quiere decir que al disminuir la velocidad existe mayor variabilidad en el corte y se entrega más material en los productos al ser cortados con esa velocidad.

Tabla N° 3-4 Prueba de Fisher

Pruebas individuales de Fisher para diferencias de las medias					
Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
CUAD. 75x75x - C.100x100x3	2,42	1,34	(-0,24; 5,07)	1,81	0,074
RECT 80X40X2 - C.100x100x3	8,00	1,43	(5,16; 10,84)	5,59	0,000
RECT 80X40X2 - CUAD. 75x75x	5,58	1,34	(2,93; 8,24)	4,17	0,000
Nivel de confianza simultánea = 87,86%					

Fuente: Elaboración propia

Los productos que presentan mayor error en la producción son el cuadrado 75x75x2 mm y el cuadrado 100x100x3 mm en base a la velocidad del carro de corte con un 95% de confianza.

CAPITULO 4 PROPUESTA DE UN PLAN DE MEJORA

En la búsqueda de mejorar continuamente los procesos para entregar productos de calidad con una satisfacción plena del cliente y reducir costos de material extra que lleva el producto, es necesario considerar programas de capacitación constante para cada uno de los colaboradores que operan la máquina conformadora, esto puede incluir el uso de herramientas lean y métodos que permitan la resolución de problemas, además es fundamental que la organización pueda crear una cultura de mejora continua dentro de su área de trabajo, que el colaborador se sienta con las competencias necesarias para la toma de decisiones, animándoles a contribuir con sus ideas, reconociendo y recompensando su aporte por la labor realizada y lo importante que es dentro del proceso productivo, de esta manera ayudara a cultivar un compromiso y liderazgo participativo en lo que refiere a la gestión de la calidad.

Todas las actividades que se nombraran en la presente propuesta de mejora deben contar con el respaldo de la alta dirección para el cumplimiento de los objetivos.

Para el desarrollo de esta propuesta de mejora se orientará a implementar solo acciones de técnicas de Lean manufacturing, MUDA (variabilidad), TPM, TQM.

Se proponen dos escenarios para la siguiente propuesta:

Escenario N° 1 Optimista

Reducir en un 90% los costos totales por material extra

\$158.078.201 a \$15.807.820

Escenario N° 2 Medianamente

Reducir en un 70% los costos totales por material extra

\$158.078.201 a \$47.423.460

4.1.-ACTIVIDADES PARA EL CUMPLIMIENTO DEL PLAN DE MEJORA

Tabla 4-1 Formulario para el cumplimiento del plan de mejora

Formulario para el cumplimiento del Plan de Mejora						
Actividad N°1	Programa	Area	Sí	No	Responsable	KPI
Capacitar a los trabajadores	Semanalmente	Corte			Jefe de Producción	
Separar lo que no sea necesario	Diariamente	Corte	x		Operario	
Organizar su puesto de trabajo	Diariamente	Corte	x		Operario	
Limpiar su área de trabajo	Diariamente	Corte	x		Operario	
Estandarizar	Diariamente	Corte	x		Operario	
Actividad N°2						
Capacitar a los trabajadores en TQM	Diariamente	Corte	x		Jefe de C. Calidad	
Capacitar para identificar causas que provocan variabilidad	Diariamente	Corte	x		Jefe de C. Calidad	
Controlar variables que no se miden	Diariamente	Corte	x		Operario	
Controlar longitud de productos constantemente	Diariamente	Corte	x		Operario	
Entregar competencias para detener el proceso	Semanalmente	Corte			Jefe de C. Calidad	
Registrar anomalías e informarlas	Diariamente	Corte			Jefe de C. Calidad	
Medir el nivel de cumplimiento	Diariamente	Corte			Jefe de Producción	Cant Fabric/MP Utilizada x100
Actividad N°3						
Capacitar e incluir talleres en TPM	Semanalmente	Mantenion			Jefe de Mantencion	
Capacitar para identificar las causas de detencion de máquina	Semanalmente	Mantenion			Jefe de Mantencion	
Incorporar sensores que indiquen largo fuera de parametros	Semanalmente	Corte			Jefe de Mantencion/ Jefe de producción	
Motivar al personal con enfoque proactivo	Diariamente	Mant/Corte	x		Jefe de Mantención/ Jefe de C. Calidad	
Realizar mantencion preventiva programada	Diariamente	Mantenion	x		Jefe de C. Calidad/ Jefe de Mantención	
Medir el nivel de cumplimiento	Semanalmente	Mantenion	x		Jefe de Mantención	Hrs funcionamiento/ Hrs Detencionx100

Fuente: Elaboración Propia

Se observa en la tabla adjunta las actividades a realizar en la máquina de corte por el personal encargado de producción y de mantención, para el cumplimiento del plan de mejora.

4.3.-CONCLUSIONES

Según los análisis realizados se puede decir que existe evidencia suficiente para asegurar que existe variabilidad en el proceso de corte, al utilizar el método de Dunnett se puede observar que a baja velocidad la media del nivel de control es significativamente diferente a las demás velocidades, existiendo mayor variabilidad y diferencia de milímetros cuando la velocidad disminuye.

Para la siguiente afirmación se ha utilizado solamente la variable que es medida y tiene dato dentro del proceso (velocidad) y la que destaca según los estudios anteriormente ejecutados.

Es importante considerar que la cultura en lo referido a calidad es vital para cumplir fehacientemente, dado que el operador de la línea es el que debiera conocer de mejor manera su máquina.

Si lo anterior no se cumple es necesario entregar las competencias necesarias para que el trabajador se encuentre plenamente capacitado para operar, detener el proceso, levantar la información cuando ocurran desviaciones, calibrar oportunamente el carro de corte, previa planificación de las actividades a realizar, evaluar la necesidad de renovar los elementos computacionales que tienen mal funcionamiento, planificar reuniones periódicas para medir el comportamiento de las mejoras implementadas.

Es necesario considerar medir todas aquellas variables que en la actualidad no se controlan ni se lleva registro alguno, a fin de reducir las variables que puedan afectar el proceso y reducir la variabilidad en el corte y con ello los costos totales por material extra que se va en el producto cuando éste es comercializado.

Se propone hipotéticamente que al implementar esta propuesta la Empresa podría llegar a reducir los costos totales en \$47.423.460 con un escenario medianamente optimista, considerando no aumentar la velocidad sobre 40m/min si no es estrictamente necesario y controlar frecuentemente la longitud de los productos que se cortan; en la medida que se pueda tener información de las variables que en la actualidad no se miden, será posible analizarlas y mejorar aún más la variabilidad en el proceso de corte, además se promueve el enfoque a una conducta de mejoramiento continuo con enfoque al cliente y a su satisfacción.

4.4.- BIBLIOGRAFÍA

1.- HERNANDEZ Juan Carlos, VIZÁN Idoipe Antonio. Lean Manufacturing conceptos y técnicas de implementación: Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, 2013. ISBN 978-84-15061-40-3

2.-CFI EDUCATION INC [en línea] <<https://corporatefinanceinstitute.com/resources/management/total-quality-management-tqm/>> [consulta: 17 diciembre 2024]

3.-KAIZEN INSTITUTE [en línea] <<https://kaizen.com/es/insights-es/excelencia-operacional-lean-kaizen/>> [consulta: 17 diciembre 2024]

4.-AUTOMOTIVE HALL OF FAME [en línea] <<https://www.automotivehalloffame.org/honoree/taiichi-ohno/>> [consulta: 17 diciembre 2024]

5.-ESAN EDU PE [en línea] < <https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/cual-es-el-concepto-de-muda-y-su-impacto-en-las-organizaciones>> [consulta: 17 diciembre 2024]

6.-INTRODUCCION A LA ESTADISTICA [en línea] <<https://openstax.org/books/introducci%C3%B3n-estad%C3%ADstica/pages/2-4-diagramas-de-caja>> [consulta: 17 diciembre 2024]

7.-ESGINNOVA GROUP [en línea] <<https://www.nueva-iso-9001-2015.com/2022/07/ciclo-phva-en-iso-9001/>> [consulta: 17 diciembre 2024]

8.-FUSION CHARTS [en línea] <<https://www.fusioncharts.com/resources/chart-primers/box-and-whisker-chart>> [consulta: 17 diciembre 2024]

9.-ENCICLOPEDIA CONCEPTO [en línea] <<https://concepto.de/diagrama-de-ishikawa/>> [consulta: 17 diciembre 2024]

10.-TPM – MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL [en línea] <<https://leanmanu.com/tpm/>> [consulta: 17 diciembre 2024]

11.-GLOSARIO DE GESTION DE CALIDAD [en línea]
 <https://www.larksuite.com/en_us/topics/quality-management-glossary/block-diagram>
 [consulta: 18 diciembre 2024]

12.-WIKIPEDIA [en línea] <<https://es.wikipedia.org/wiki/Heur%C3%ADstica>>
 [consulta:18 diciembre 2024]

13.-TOYOTA MATERIAL HANDLING <<https://blog.toyota-forklifts.es/tpm-total-productive-maintenance-produccion-vs-mantenimiento>> [consulta: 20 diciembre 2024]

14.-ESTADISTICA DESCRIPTIVA E INFERENCIAL [en línea]
 <<https://www.tcmetrologia.com/blog/estadistica-descriptiva-inferencial/>> [consulta: 10 enero 2025]

15.-ESTADISTICA DESCRIPTIVA E INFERENCIAL [en línea]
 <<https://www.diferenciador.com/estadistica-descriptiva-e-inferencial/>> [consulta: 10 ENERO 2025]