



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

**“IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA TPM PARA LA
REDUCCIÓN DE MERMAS EN LA FABRICACIÓN DE
TUBOS DE ACERO LAC Y LAF DE LA EMPRESA PRECOR
S.A.C.”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

**PRESENTADO POR LA BACHILLER
ROSA MARÍA CHARAJA MEZA**

**ASESOR
MG. ING. ROGELIO ALEXSANDER LOPEZ RODAS**

LIMA – PERÚ, JULIO 2021

DEDICATORIA

A Dios que ilumino mi mente para lograr con asertividad la meta y poder hacer realidad este importante trabajo. Y asimismo nuestra familia, en especial a mi hijo, por su comprensión y tolerancia, por el tiempo no compartido junto a él.

AGRADECIMIENTO

A mis padres de familia que con mucho anhelo de progreso me brindaron su apoyo para realizar mi proyecto y así poder elevar este proyecto a la institución empresarial para que se haga realidad.

INTRODUCCIÓN

Six sigma, es una buena herramienta de mejora continua, ya que podemos aplicar en los procesos y en la reducción de costos. Motorola fue el primero en implementar esta metodología obteniendo como resultado la reducción de defectos de sus productos de 4 a 5,5 sigma con un resultado de \$2.200 millones de ahorro, luego el presidente de General Electric, Jack Welch, analizó que Six Sigma podría aumentar los ahorros de \$8.000 millones a \$12.000 millones en cinco años si se utiliza con éxito, y por otro lado dice que el fabricante de calidad es a la vez el fabricante que es capaz de producir a bajo costo. Es menos costoso fabricar bien a la primera que gastar dinero en ajustes y correcciones (Gómez Fraile, Villar Barrio, & Tejero Monzón, 2003, págs. 42-43)

Six sigma, es una metodología de mejora de procesos que fue creada por Motorola mediante el ingeniero Bill Smith dicha metodología , se desarrolló por la década de los 80; posteriormente General Electric hizo desarrollar la filosofía más popular de la historia, básicamente esta forma de trabajo se centra en la reducción de la variabilidad mediante las estadísticas y se utilizan los datos históricos para la toma de decisiones en las organizaciones, y lo que busca es, mejorar los procesos de la empresa con la finalidad de reducir fallos o defectos ya sea en la entrega de un producto o también cuando se brinda algún servicio; esta metodología busca la reducción de los defectos a 3,4 partes por millón, satisfaciendo las necesidades de los clientes haciéndolo de la forma que sea lo más próximo a la perfección debido a que corrige los problemas antes que se presenten.

Para que la metodología Six Sigma tenga éxito, la clave es que todos los integrantes de la organización tienen que ser parte de la metodología sin importar el cargo que ocupe en la compañía, de esta forma se conseguirá que todos sean más eficientes y eficaces, esto tiene que ver con el buen uso de los tiempos.

Actualmente la mayoría de las empresas se encuentran en un nivel 2 y 3 sigma lo que significa que pueden tener un 6.37% de defectos, lo que quiere decir que no ganan dinero como deberían de ganar, con la metodología el objetivo es

llegar a 3,4 defectos por millón de oportunidades, para conseguir este ideal proceso. (Eckes, 2006)

La metodología Six sigma, nos ayuda a evitar errores mediante sus técnicas en el control de la calidad lo que garantiza que los productos salgan sin observaciones, la diferencia de los procesos tradicionales es que solo se enfoca en el proceso de manufactura mientras que Six sigma se enfoca en todas las líneas del proceso ya que todo debe de estar integrado. (Pyzdek & Keller, 2010)

RESUMEN

El presente Trabajo de Suficiencia Profesional se realiza en marco de la empresa PRECOR S.A, la cual se ubica Av. Manuel Olgúin 373 Lima 33 Perú - Edificio El Qubo, Piso 9; esta empresa presenta problemas en el área de producción, debido principalmente al consumo excesivo de acero en la producción de tubos LAC y LAF lo que ocasiona pérdidas económicas en la organización.

En el capítulo 1, se detalla explícitamente todos los datos de la empresa, así como la realización de los análisis clásicos como son el FODA, fuerzas de Porter, entre otros que nos permiten darnos un panorama un poco más general de la organización.

En el capítulo 2, se aborda el análisis del problema en sí, utilizando para ello herramientas que nos permitan tener un enfoque más específico de que es lo que puede estar sucediendo en la organización, así también se plasma la definición de los objetivos que se espera alcanzar con el presente trabajo.

En el capítulo 3, se plasma todo el análisis que se está realizando, así como la implementación de la solución de la herramienta de calidad la cual permitirá al área de Producción alcanzar mayor eficiencia y eficacia en los procesos que desarrolla, optimizando los tiempos, costos y finalmente disminuyendo las pérdidas económicas las cuales se verán a lo largo del tiempo.

En el capítulo 4, se muestran las referencias bibliográficas las cuales han servido de soporte en conocimiento como en implementación para el desarrollo de este trabajo; en el capítulo 5, se muestra el glosario de términos, muy importante ya que con ello se puede comprender en su totalidad los términos utilizados en el presente Informe, y mantener la coherencia que se espera en el texto.

En el capítulo 6, se muestran los anexos los cuales sirven de refuerzo, así como da muestra real del trabajo de investigación; finalmente cabe señalar de que este Trabajo de Suficiencia Profesional, busca dar solución a un problema real, el cual ha sido conceptualizado y propuesto alternativas de solución las cuales serán benéficas para la organización.

ABSTRACT

His Professional Sufficiency Work is carried out within the framework of the company PRECOR S.A, which is located Av. Manuel Olguín 373 Lima 33 Peru - El Qubo Building, 9th Floor; This company has problems in the production area, mainly due to the excessive consumption of steel in the production of LAC and LAF tubes, which causes economic losses in the organization.

In Chapter 1, all the company's data is explicitly detailed, as well as the performance of classic analyzes such as SWOT, Porter's forces, among others that allow us to give us a slightly more general overview of the organization.

In Chapter 2, the analysis of the problem itself is approached, using tools that allow us to have a more specific focus on what may be happening in the organization, thus also defining the expected objectives. achieve with the present work.

In chapter 3, all the analysis that is being carried out is reflected, as well as the implementation of the quality tool solution which will allow the Production area to achieve greater efficiency and effectiveness in the processes it develops, optimizing times, costs. and finally reducing the economic losses which will be seen over time.

In chapter 4, the bibliographic references are shown which have served as support in knowledge as well as in implementation for the development of this work; In chapter 5, the glossary of terms is shown, which is very important since it allows us to fully understand the terms used in this Report, and to maintain the coherence that is expected in the text.

In chapter 6, the annexes are shown which serve as reinforcement, as well as a real sample of the research work; Finally, it should be noted that this Professional Sufficiency Work seeks to solve a real problem, which has been conceptualized and proposed alternative solutions which will be beneficial for the organization.

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTO	II
INTRODUCCIÓN	III
RESUMEN	V
ABSTRACT	VI
TABLA DE CONTENIDOS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	X
ÍNDICE DE TABLAS	XI
ÍNDICE DE GRÁFICOS	XII
ÍNDICE DE ANEXOS	XIII
Capítulo I.....	1
Generalidades de la empresa	1
1.1. Antecedentes de la empresa.....	1
1.2. Perfil de la empresa	2
1.3. Actividades de la empresa	5
1.3.1. Misión	6
1.3.2. Visión.....	6
1.3.3. Objetivo	6
1.3.4. Productos	7
1.4. Organización actual de la empresa.....	7
1.5. Descripción del entorno de la empresa.....	9
1.5.1. Factores Sociales	9
1.5.2. Factores económicos	9
1.5.3. Factores políticos y legales	9
1.5.4. Factores tecnológicos.....	9

1.5.5. Factores de globalización 	10
1.5.6. Análisis FODA de la empresa Precor S.A.	10
1.5.7. Análisis de las 5 fuerzas de Porter	12
Capítulo II.....	21
Realidad problemática.....	21
2.1. Descripción de la realidad problemática	21
2.2. Análisis del problema.....	22
2.3. Objetivos del proyecto	29
2.3.1. Objetivo general	29
2.3.2. Objetivos específicos	29
Capítulo III.....	30
Desarrollo del proyecto	30
3.1. Descripción y desarrollo del proceso	30
3.2. Antecedentes de la investigación	30
3.2.1. Antecedentes Nacionales.....	30
3.3. Bases Teóricas	31
3.3.1. La metodología Six Sigma y sus beneficios	31
3.4. Bases Normativas.....	34
3.4. El proceso de mejora.....	35
3.4.1. Definir – Primer paso	35
3.4.2. Definir – Segundo paso.....	36
3.4.3. Analizar – Tercer paso	36
3.4.4. Mejorar – Cuarto paso	37
3.4.5. Controlar – Quinto paso	37
3.4.6. Implementar – Sexto paso	38
3.4.7. Análisis inferencial de desarrollo.....	51

3.5. Conclusiones	54
3.6. Recomendaciones	54
Capítulo IV	56
bibliogrAFÍA.....	56
Referencias	56
Capítulo V	58
Glosario de términos	58
Capítulo VI	60
Anexos	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación Geográfica de la Empresa	2
Figura 2 Productos y Perfiles de Acero	4
Figura 3 Productos que Fabrica Precor S.A.	7
Figura 4 Cadena de Valor de la Empresa Precor S.A.	7
Figura 5 Organigrama de la Institución.....	8
Figura 6 Análisis FODA	11
Figura 7 Análisis de las Cinco Fuerzas de Porter.....	12
Figura 8 Proceso de Producción Fabricación de Tubos	13
Figura 9 Proceso Gráfico de la Producción	14
Figura 10 Ingreso de Flejes	15
Figura 11 Equipos Debobin y la Soldadora	16
Figura 12 Mesa de Trabajo de La planta.....	16
Figura 13 Rodillos del Equipo.....	17
Figura 14 Soldado del Tubo	18
Figura 15 Soldado y Calibrado del Tubo	18
Figura 16 Cabezas Turcas	19
Figura 17 Corte de los Tubos	20
Figura 18 Escurrido y Empaquetado	20
Figura 19 Análisis del Árbol de Causas.....	27
Figura 20 Análisis de la Causa y Efecto	28
Figura 21 La Metodología DMAIC	35
Figura 22 Comparación de las Diferentes Herramientas.....	39

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Consumo per cápita de Acero.....	3
Tabla 2 Porcentajes de Mermas del Año 2018	23
Tabla 3 Porcentaje de Mermas 2019	24
Tabla 4 Costo Total de Mermas.....	25
Tabla 5 Tabla de Comparación.....	40
Tabla 6 Tabla de Ponderación	40
Tabla 7 Tabla de Comparación Pareada	41
Tabla 8 Comparación Proceso de Llenado	42
Tabla 9 Tabla de comparación Llenado de Valores de la Diagonal Principal	42
Tabla 10 Tabla de Comparación Final	43
Tabla 11 Matriz de Normalización	44
Tabla 12 Evaluaciones de Alternativas de Solución	45
Tabla 13 Herramientas a Utilizar Para la Solución de las Principales Causas	46
Tabla 14 Índice de Gestión de Falla	47
Tabla 15 Índice de Gestión de Mantenimiento.....	48
Tabla 16 Índice de Fiabilidad	49
Tabla 17 Costo de Producción Perdida	50
Tabla 18 Costos de Productos no Conformes	51
Tabla 19 Pruebas de Normalidad 1 de 1	51
Tabla 20 Pruebas de Normalidad 1 de 2	52

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Evolución del Índice de Importación, Consumo de acero en Latinoamérica	4
Gráfico 2 Variación de los Precios de Materiales de Construcción	5
Gráfico 3 Evolución del Producto Bruto Interno por Trimestres	5
Gráfico 4 Mermas por Tipos de Fallas y Toneladas	21
Gráfico 5 Análisis con el Diagrama de Pareto	22
Gráfico 6 Costo de Mermas de los Años 2018 y 2019	26
Gráfico 7 Índice de la Gestión de la Falla	47
Gráfico 8 Índice de Gestión del Mantenimiento	48
Gráfico 9 Fiabilidad Antes y Después	49
Gráfico 10 Costo de la Producción Perdida	50

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Productos/Perfiles de acero	60
Anexo 2 Lay Out – Precor S.A.	61
Anexo 3 Fabricación de Tubos LAC	62
Anexo 4 Armado de Rodillos Para la Producción	63
Anexo 5 Armado de Rodillos Para la Producción	63

CAPÍTULO I

GENERALIDADES DE LA EMPRESA

1.1. Antecedentes de la empresa

Es una empresa de capitales peruanos, fundada en 1982 con el compromiso de desarrollar y suministrar el sistema de construcción en acero “Precor”, a la medida de las necesidades de nuestros clientes.

Este compromiso, se materializa mediante la búsqueda permanente de nuevas tecnologías orientadas a desarrollar nuestro sistema constructivo, ofreciendo alternativas de vanguardia que aportan beneficios a nuestros clientes de los sectores construcción, minería, agroindustria, comercial, industrial, entre otros.

Desde el inicio de sus operaciones, se han guiado en la ambición de ser líderes en el mercado de construcción en acero y socios estratégicos de nuestros clientes.

Su planta tiene una capacidad de 150000TM/año, la empresa ha logrado la integración de todos sus procesos productivos, empezando con una línea ecológica para el pintado de bobinas que utiliza pintura electroestática en polvo, procesos de sitting de precisión y estructural, perfilado, inyección y laminado de paneles aislantes, fabricación de accesorios, suministro de elementos de fijación y sellos, así como la elaboración de planos de montaje para completar el suministro integral de todo proyecto.

Figura 1
Ubicación Geográfica de la Empresa



Fuente: (Google Maps, 2021)

1.2. Perfil de la empresa

Actualmente la empresa Precor S.A., cuenta con aproximadamente 250 trabajadores y 35 años en el mercado nacional ofreciendo soluciones constructivas no tradicionales relacionadas al acero, con productos innovadores que generen un valor agregado a su negocio. Es considerada como una mediana empresa.

La producción de tubos de acero está en constante crecimiento, el nivel de producción y comercialización del acero en el Perú ha tenido un efecto positivo, debido a que Perú, es uno de los países que más ha crecido a nivel de América del Sur en menos de diez años, (2007-2018); de acuerdo con el último reporte elaborado por la Asociación Latinoamericana del Acero. (ALC, 2018)

El mayor fortalecimiento de la industria ha llevado al país a escalar cinco posiciones y situarse en el tercer lugar por consumo per cápita de acero en América del Sur (123 kg/ habitante), solo por debajo de Chile, donde el consumo per cápita de este metal se ubicó en 152. kg el año pasado.

Tabla 1
Consumo per cápita de Acero

AMÉRICA LATINA: CONSUMO APARENTE DE ACERO LAMINADO PER CÁPITA LATIN AMERICA: APPARENT STEEL USE PER CAPITA						
Kcs						
País / Country	2014	2015	2016	2017	2018 ⁽¹⁾	Var. '18/'17
Argentina	117	121	96	112	111	0%
Brasil / Brazil	124	102	87	91	95	4%
Chile	148	156	153	152	152	0%
Colombia	83	84	75	73	74	2%
México / Mexico	191	200	202	207	200	-3%
Perú / Peru	94	111	103	114	116	2%
Venezuela	68	60	24	16	16	-1%
Otros Latam / Other Latam	59	59	56	56	57	2%
América Latina / Latin America	118	114	104	107	107	0%
Unión Europea (28) / Europea Union (28)*	294	303	310	320	327	2%
Estados Unidos / United States*	337	300	285	301	306	2%
Corea del Sur / South Korea*	1.102	1.103	1.124	1.106	1.057	-4%
Mundo / World*	212	204	204	211	217	3%

FUENTE / SOURCE: ALACERO - CEPAL/ECLAC - WORLDSTEEL (PRELIMINAR SRO OCT. 2018 / PRELIMINARY SRO OCT. 2018)
OTROS LATAM INCLUYE AL RESTO DE PAÍSES DE AMÉRICA LATINA. / OTHER LATAM INCLUDES REST OF LATIN AMERICA
(1) ESTIMADO / (1) ESTIMATED

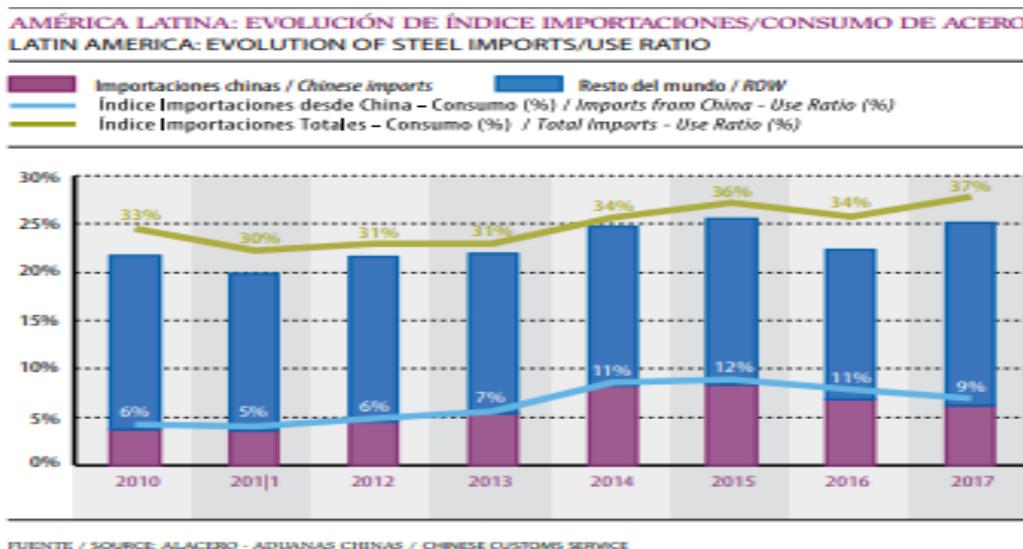
Fuente: (ALC, 2018)

El acero en Latinoamérica, la industria de tubos de acero ha crecido principalmente las importaciones de china en los principales tipos de acero que mostramos a continuación:

- ✓ Tubos estructurales LAC (Laminado en caliente).
- ✓ Tubos mecánicos LAF (laminado en frío).
- ✓ Tubos Galvanizados.

Gráfico 1

Evolución de Importación, Consumo de acero en Latinoamérica

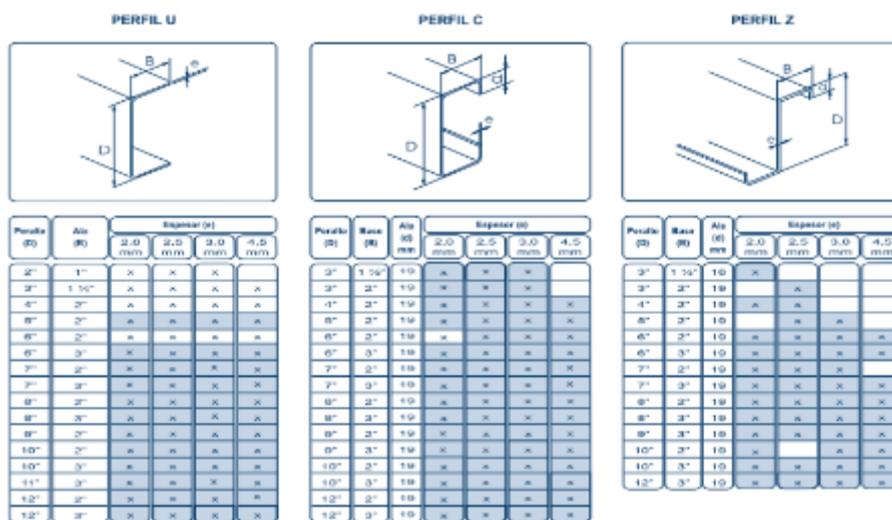


Fuente: (Chinise Customs Service, 2018)

Las bobinas de acero sirven para la fabricación de una variedad de productos que se utilizan para la elaboración de los principales proyectos que se desarrollan en el Perú tales como: centros comerciales, supermercados, puentes, hospitales, colegios, etc. A continuación, mostraremos algunos de los productos que se fabrican.

Figura 2

Productos y Perfiles de Acero



Fuente elaboración propia: (Charaja Meza, 2021)

Producción nacional, el índice de precios de los materiales de construcción muestra la variación de los precios de los principales productos que se utilizan en el sector de construcción del país.

Gráfico 2

Variación de los Precios de Materiales de Construcción



Fuente: (INEI, 2020)

Gráfico 3

Evolución del Producto Bruto Interno por Trimestres



Fuente: (INEI, 2020)

1.3. Actividades de la empresa

Somos una empresa de capitales peruanos, fundada en 1982 con el compromiso de desarrollar y suministrar el sistema de construcción en acero, Precor S.A., a la medida de las necesidades de nuestros clientes.

Este compromiso se materializa mediante la búsqueda permanente de nuevas tecnologías orientadas a desarrollar nuestro sistema constructivo, ofreciendo

alternativas de vanguardia que aportan beneficios a nuestros clientes de los sectores construcción, minería, agroindustria, comercial, industrial, entre otros.

A lo largo de más de 30 años en el mercado, hemos trabajado posicionando las principales familias de productos, como tubos y perfiles de acero, paneles metálicos con y sin aislante como referentes en el mercado, logrando un sólido liderazgo.

Precor suministra la más completa línea para la construcción en acero, con la mayor calidad, la mejor asesoría pre y postventa y una amplia gama de colores para sus coberturas y cerramientos.

1.3.1. Misión

Suministrar el único y más completo Sistema de Construcción en Acero a la medida de las necesidades de nuestros clientes.”

1.3.2. Visión

“Ser líderes regionales suministrando soluciones constructivas innovadoras relacionadas al acero con el más alto valor agregado para nuestros clientes.”

1.3.3. Objetivo

Determinar las actividades que permiten generar una ventaja competitiva ya que esto ayuda a tener una rentabilidad superior a las de los rivales en el sector industrial del acero.

1.3.4. Productos

Figura 3

Productos que Fabrica Precor S.A.



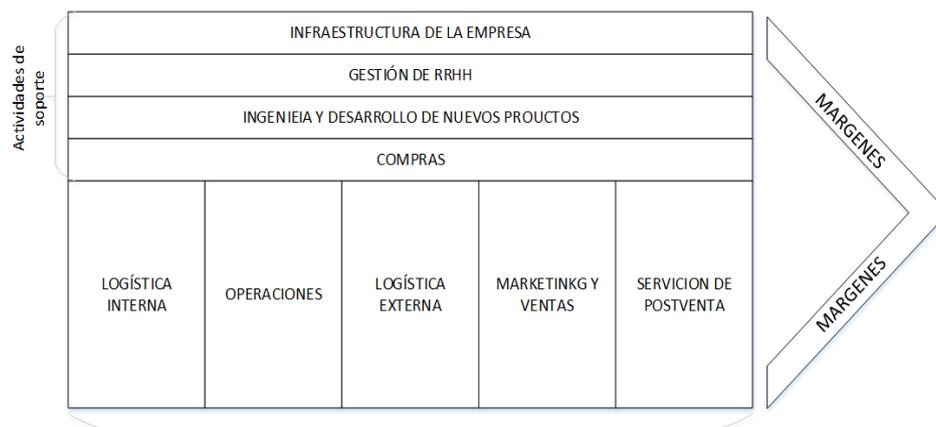
Fuente: (Precor S.A., 2021)

1.4. Organización actual de la empresa

El desarrollo de las actividades de la organización se describe en la siguiente cadena de valor lo que ayuda a determinar las actividades que permiten generar una ventaja competitiva ya que esto ayuda a tener una rentabilidad superior a las de los rivales en el sector industrial del acero.

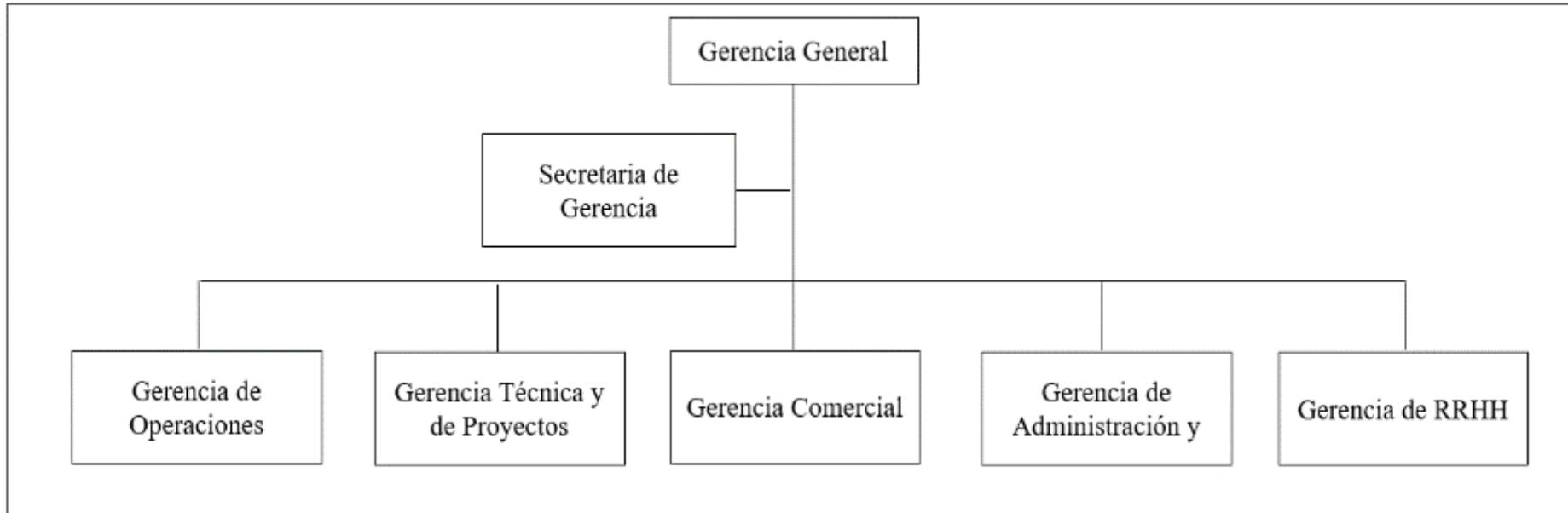
Figura 4

Cadena de Valor de la Empresa Precor S.A.



Fuente elaboración propia: (Charaja Meza, 2021)

Figura 5
Organigrama de la Institución



Fuente elaboración propia: (Charaja Meza, 2021)

1.5. Descripción del entorno de la empresa

1.5.1. Factores Sociales

Costumbres: En el sector construcción, tiempos atrás estaban acostumbrados trabajar con estructuras metálicas parametrizadas, en donde se acomodaba las necesidades del cliente al producto; actualmente es el producto que se acomoda a las necesidades del cliente, las estructuras no son cuadradas, sino que se acomodan al a forma de la estructura, no son convencionales ya que permiten reducir costos operativos, mejora de tiempos de instalación y costos de capital humano. Este factor tiene una demanda ascendente en los próximos años.

1.5.2. Factores económicos

Tipo de cambio: es un factor crítico para la empresa ya que su principal materia prima es importada. Un cambio drástico en el tipo de cambio afecta directamente a los costos de producción. La ventaja de la empresa es que vende sus productos y tiene deudas en dólares, esto minimiza el impacto ante algún cambio drástico de subir o bajar el tipo de cambio.

1.5.3. Factores políticos y legales

Estabilidad política: se requiere una buena estabilidad en la política para mantener las inversiones extranjeras en nuestro país. A pesar de los escándalos de corrupción en nuestro país, y esto hace que las inversiones quedan paralizadas, en este caso el sector construcción; esto afecta directamente a los niveles de ventas de nuestra empresa.

1.5.4. Factores tecnológicos

Adquisición de Turberas modernas: actualmente existen máquinas más sofisticadas en el mercado y esto representa una mayor inversión para este sector. En este caso la empresa PRECOR S.A.C, tienen en sus activos maquinas adquiridas hace 20 A 30 años las cuales en su

momento eran las más actualizadas. Pero la casa matriz donde se adquieren esas máquinas a la fecha tienen máquinas más automatizadas y modernas.

1.5.5. Factores de globalización]

Este factor tiene un efecto positivo para nuestra empresa, ya que nos permite evaluar en el caso de las compras cotizar con proveedores de cualquier parte del mundo y así poder optimizar más; los costos de algún insumo requerido.

El nivel de comunicación es alto ya que actualmente se cuentan con múltiples plataformas para comunicarnos con empresas y personas a nivel mundial. En el futuro el efecto positivo de la globalización será mayor y permitirá poder expandirnos a otros mercados internacionales.

1.5.6. Análisis FODA de la empresa Precor S.A.

A continuación, se hace el análisis FODA, resaltando los cuatro elementos base desde las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas.

Figura 6
Análisis FODA



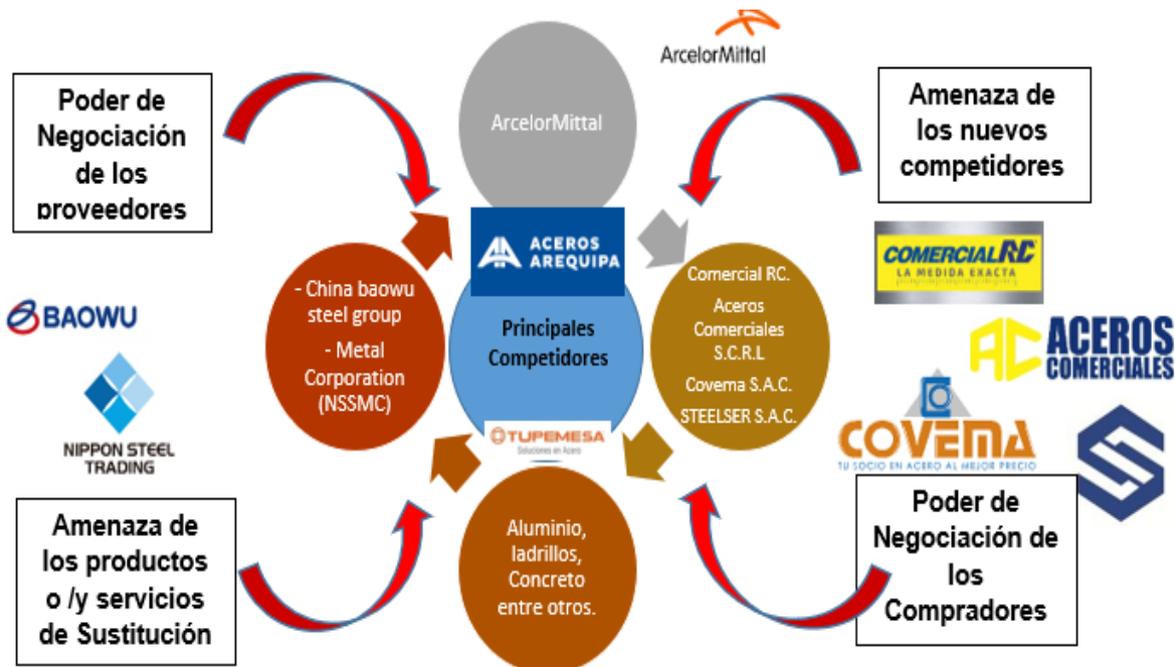
Fuente elaboración propia: (Charaja Meza, 2021)

1.5.7. Análisis de las 5 fuerzas de Porter

Este modelo establece un marco para analizar el nivel de competencia dentro de una industria y tomar mejor las decisiones.

Figura 7

Análisis de las Cinco Fuerzas de Porter



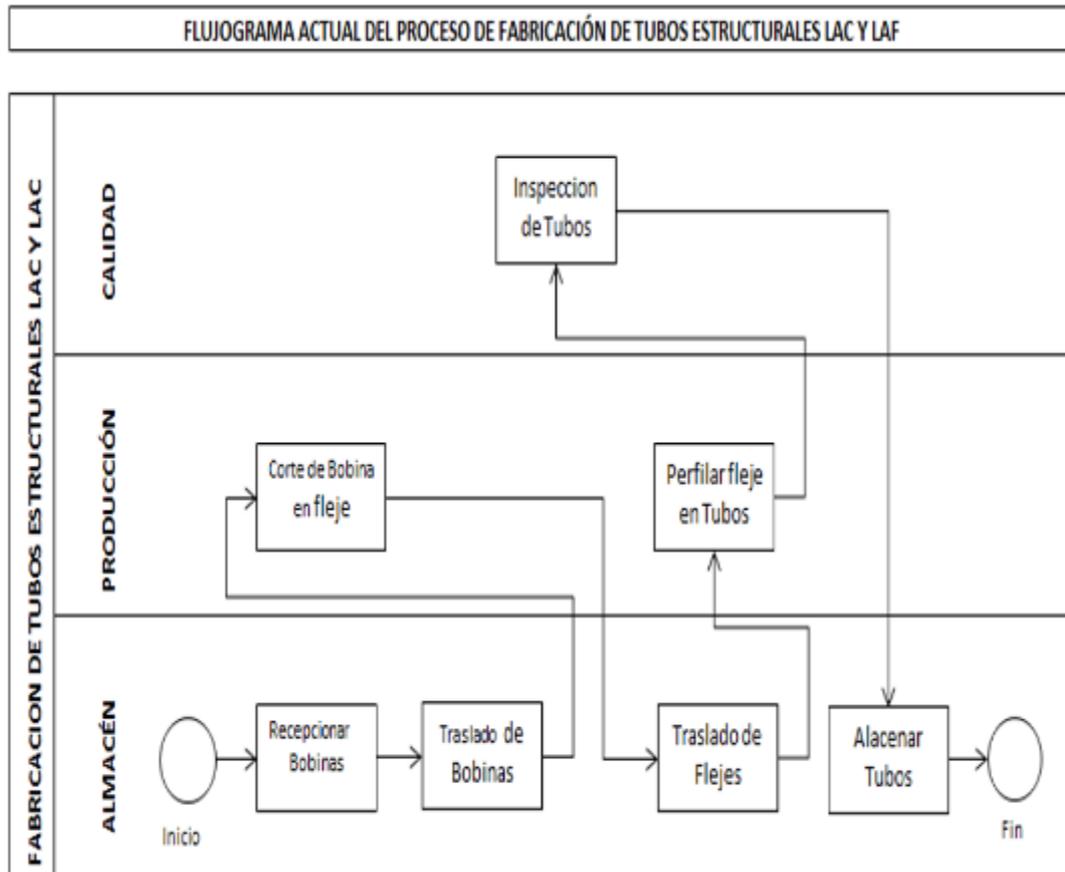
Fuente elaboración propia: (Charaja Meza, 2021)

Poder de negociación de los compradores o clientes: Existe un alto poder de negociación de algunos clientes de la línea de productos construcción, debido al gran volumen de compra que realizan dichas empresas

Los clientes exigen mediante un contrato tener un porcentaje de sus productos terminados almacenados en PRECOR S.A.C. esto con la finalidad de tener una disposición inmediata ante cualquier eventualidad. Con esta premisa la empresa está construyendo una planta en la zona de chilca para mejorar su capacidad instalada. Además, los clientes realizan auditorias programadas para verificar el cumplimiento de sus estándares.

Figura 8

Proceso de Producción Fabricación de Tubos



Fuente: (Precor S.A., 2021)

Figura 9*Proceso Gráfico de la Producción*

Fuente: (Precor S.A., 2021)

Tipo de producción: La producción de los tubos LAC estructurales es continua debido a que es un método de producción por flujo ya que no existe ninguna interrupción en el proceso.

Materia Prima: La materia prima son bobinas de acero las cuales son importados de China con un peso en toneladas de 10 ton. A 12 ton. las cuales una vez llegado al almacén se cortan en flejes de acuerdo con las medidas requeridas para la producción de los tubos.

Producto: En la tubera LAC se producen tubos estructurales de 6 metros de largo en los siguientes espesores 1.5 - 1.8 - 2.0 – 2.5 - 3.0 los

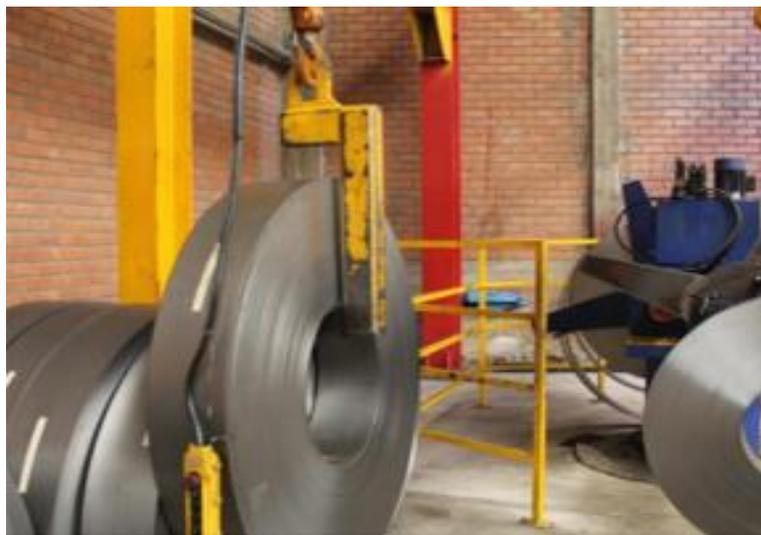
cuales son destinados principalmente para la construcción de estructuras tales como centros comerciales, puentes, escaleras, etc.

En la tubera LAF se producen tubos mecánicos de 6 metros de largo en los siguientes espesores 0.6 – 0.75 – 0.8 – 0.9 – 1.2 – 1.5 los cuales son destinados principalmente para las mueblerías.

Proceso de producción: El ingreso de flejes se realiza de acuerdo con los lotes asignados por el área de planeamiento, el traslado de los mismo es mediante una grúa pluma que se encuentra instalado al inicio de la línea tubera y se deposita en una mesa acumuladora.

Figura 10

Ingreso de Flejes



Fuente: (Precor S.A., 2021)

Rebobinado del fleje. La punta del fleje se coloca en la maquina en los rodillos para que inicie la alimentación de la materia prima, luego cuando se requiere seguir abasteciendo se van soldando las puntas y colas con la finalidad que el abastecimiento sea de forma continua y no generar paradas.

Figura 11
Equipos Debobin y la Soldadora



Fuente: (Precor S.A., 2021)

Abastecimiento de fleje: Los flejes se colocan en la máquina acumuladora, el ancho del fleje depende de la medida del tubo a fabricar, para iniciar la producción se colocan tres flejes lo que permite que no se generen paradas haciendo de esto un proceso continuo, en el centro del fleje cuenta con rodillos lo que asegura el proceso de desenrollado.

Figura 12
Mesa de Trabajo de La planta



Fuente: (Precor S.A., 2021)

Formado de Tubos: El formado se va realizando conforme el fleje pasa por el medio de los rodillos formadores que se encuentran alineados a lo largo de la máquina, conforme va formando el tubo se aplica un líquido refrigerante que es una concentración del 18% al 20%, actualmente se utiliza ferro cote 150 para el desarrollo de esta acción.

Figura 13

Rodillos del Equipo



Fuente: (Precor S.A., 2021)

Soldadura por inducción: Cuando el fleje ya está conformado, este pasa por los rodillos SQ donde se procede al soldado, el diámetro interno de la bobina es mayor de 5mm a 8mm del diámetro externo del tubo para que se pueda soldar correctamente.

Figura 14
Soldado del Tubo



Fuente: (Precor S.A., 2021)

Enfriamiento: Después de la soldadura del tubo se reduce la temperatura en la sección de enfriamiento, de 1.5 m mediante un baño de ferro cote 150.

Calibrado: El tubo que sale de la zona de enfriamiento pasa directamente a los rodillos calibradores en esta sección se ajusta a las dimensiones correspondientes según la medida del tubo.

Figura 15
Soldado y Calibrado del Tubo



Fuente: (Precor S.A., 2021)

Enderezado: El tubo se encentra con la forma redonda y al pasar por las cabezas turcas que corrigen el pandeo ya la torsión de la tubería, también si el tubo es diferente a la forma redonda le proporciona la forma final (cuadrado, rectangular).

Figura 16

Cabezas Turcas



Fuente: (Precor S.A., 2021)

Se utilizan 8 cabezas turcas para tubos rectangulares y cuadrados, cuatro en cada línea, para tubos redondos cuatro cabezas turcas, dos en cada línea.

Corte de Tuberías: La puntas y colas que salen en el proceso y los tubos con defectos se proceden a cortar en una medida de 3 metros para luego ser vendidos como retacería.

Salida y Manipulación del producto: Una vez cortado el tubo avanza a la meza de rodillos de arrastre que trabaja juntamente con temporizadores, cuando son activados envían a la bandeja los tubos para el apilamiento según la medida que se está fabricando.

Figura 17

Corte de los Tubos



Fuente: (Precor S.A., 2021)

Empaquetado del producto terminado: Los tubos se proceden a enzunchar en cantidades estándares de 100 unidades por paquete luego pasan a la zona de escurrido y finalmente el almacenado del producto.

Figura 18

Escurreo y Empaquetado



Fuente: (Precor S.A., 2021)

CAPÍTULO II

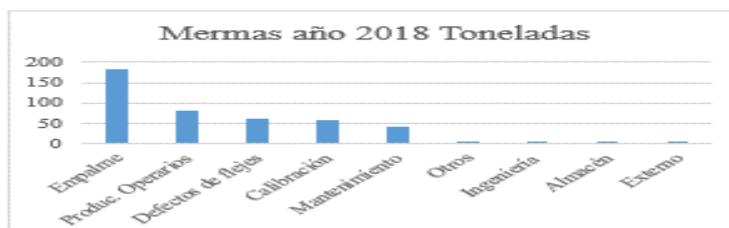
REALIDAD PROBLEMÁTICA

2.1. Descripción de la realidad problemática

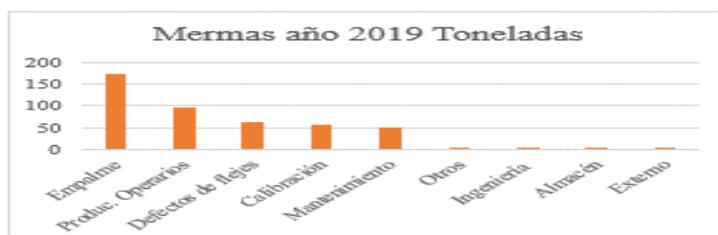
Gráfico 4

Mermas por Tipos de Fallas y Toneladas

Mermas año 2018	
Tipos de fallas	Toneladas
Empalme	183.3
Produc. Operarios	78.8
Defectos de flejes	59.4
Calibración	58.3
Mantenimiento	41.7
Otros	3.5
Ingeniería	2.5
Almacén	0.4
Externo	0.35
Total	428.25



Mermas año 2019	
Tipos de fallas	Toneladas
Empalme	172.39
Produc. Operarios	98
Defectos de flejes	62.5
Calibración	55.87
Mantenimiento	51
Otros	4
Ingeniería	3.5
Almacén	1.2
Externo	0.3
Total	448.76

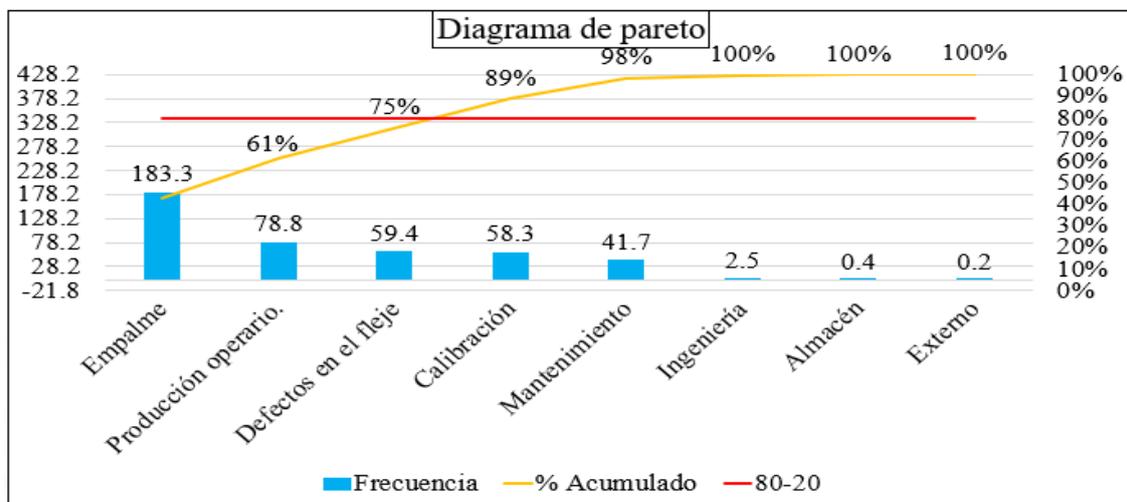


Fuente: (Precor S.A., 2021)

En el gráfico N° 05 observamos que en el proceso de empalme se encuentra la mayor cantidad de fallas lo que está generando la mayor cantidad de mermas.

En el análisis del avance de la línea de producción se observan fallas en los tubos de acero estructural, los empalmes que se mencionan son el resultado de un mal manejo y fallas en el sistema de corte pues al soldarse eléctricamente, no se realiza de una manera uniforme.

Gráfico 5
Análisis con el Diagrama de Pareto



Fuente: (Precor S.A., 2021)

En el gráfico N° 5 observamos que el mayor índice de fallas se concentra en el empalme, producción de operario y los defectos de flejes. Con la finalidad de cumplir el 80/20.

Por lo anteriormente expuesto, nos centraremos en el empalme pues tiene una mayor importancia con respecto a los otros tipos de falla, se observa que la falla siempre es en el empalme de los tubos de acero estructural, por lo que se tendría que trabajar en lo mencionado anteriormente.

2.2. Análisis del problema

De acuerdo a lo mostrado en los indicadores de la empresa y el análisis en el diagrama de Pareto observamos que el principal problema está en las máquinas que realizan los empalmes de los tubos lo cual están generando el alto porcentaje de mermas, por ende el mayor consumo de acero en la producción de tubos, esto está generando pérdidas para la compañía en el año 2018 equivalente a \$239,817 y en el 2019 un total de \$251,303 en concepto de mermas, para mejorar este indicador tenemos que trabajar para buscar una metodología que permita resolver la buena operatividad de las máquinas y garantizar el buen funcionamiento de los equipos.

A continuación, mostramos el detalle del comportamiento de las líneas de tubos con la finalidad de conocer de manera cuantificada las mermas generadas en las tuberías.

Tabla 2
Porcentajes de Mermas del Año 2018

PRODUCCIÓN Y MERMAS 2018					
Meses	Producción en toneladas	Merma en toneladas	% Mermas	Objetivo	Costo por mermas
Enero	2221	38.97	1.75%	1.5%	\$ 21,821
Febrero	1765	35.28	2.00%	1.5%	\$ 19,758
Marzo	1603	27.97	1.74%	1.5%	\$ 15,662
Abril	1935	34.11	1.76%	1.5%	\$ 19,103
Mayo	1842	29.39	1.60%	1.5%	\$ 16,457
Junio	1786	48.74	2.73%	1.5%	\$ 27,292
Julio	2024	39.04	1.93%	1.5%	\$ 21,863
Agosto	1813	30.69	1.69%	1.5%	\$ 17,186
Septiembre	1861	36.58	1.97%	1.5%	\$ 20,486
Octubre	2071	38.92	1.88%	1.5%	\$ 21,795
Noviembre	2219	37.94	1.71%	1.5%	\$ 21,247
Diciembre	1838	30.62	1.67%	1.5%	\$ 17,147
TOTAL	22,978	428.25	1.87%		\$ 239,817

Fuente: (Precor S.A., 2021)

En la tabla precedente observamos que el promedio de merma es 1.87% lo cual está sobrepasando el objetivo que es de 1.5. %, este target lo establece la gerencia general.

Esto impacta económicamente en \$ 239,817 por concepto de mermas lo cual está afectando la productividad de la línea de producción de tubos.

Tabla 3
Porcentaje de Mermas 2019

PRODUCCIÓN Y MERMAS 2019					
Meses	Producción en toneladas	Merma en toneladas	% Mermas	Objetivo	Costo por mermas
Enero	2562.65	49.71	1.94%	1.1%	\$ 27,836
Febrero	2413.64	35.48	1.47%	1.1%	\$ 19,869
Marzo	2413.64	35.48	1.47%	1.1%	\$ 19,869
Abril	2263.96	40.44	1.79%	1.1%	\$ 22,648
Mayo	2170.83	33.48	1.54%	1.1%	\$ 18,747
Junio	3380.04	60.29	1.78%	1.1%	\$ 33,762
Julio	1488.60	30.12	2.02%	1.1%	\$ 16,869
Agosto	1751.12	36.63	2.09%	1.1%	\$ 20,511
Septiembre	2071.25	30.90	1.49%	1.1%	\$ 17,306
Octubre	1888.91	29.56	1.56%	1.1%	\$ 16,553
Noviembre	2053.30	33.99	1.66%	1.1%	\$ 19,036
Diciembre	2118.09	32.67	1.54%	1.1%	\$ 18,297
TOTAL	26,576	448.76	1.70%		\$ 251,303

Fuente: (Precor S.A., 2021)

En la tabla precedente observamos que el promedio de merma es 1.70% lo cual está sobrepasando el objetivo establecido para el año 2019 que es de 1.5. % de mermas, este target lo establece la gerencia general en reunión con las jefaturas de las líneas en base los datos obtenidos el año anterior.

Esto impacta económicamente en \$ 251,303 por concepto de mermas lo cual está afectando la productividad de la línea de producción de tubos.

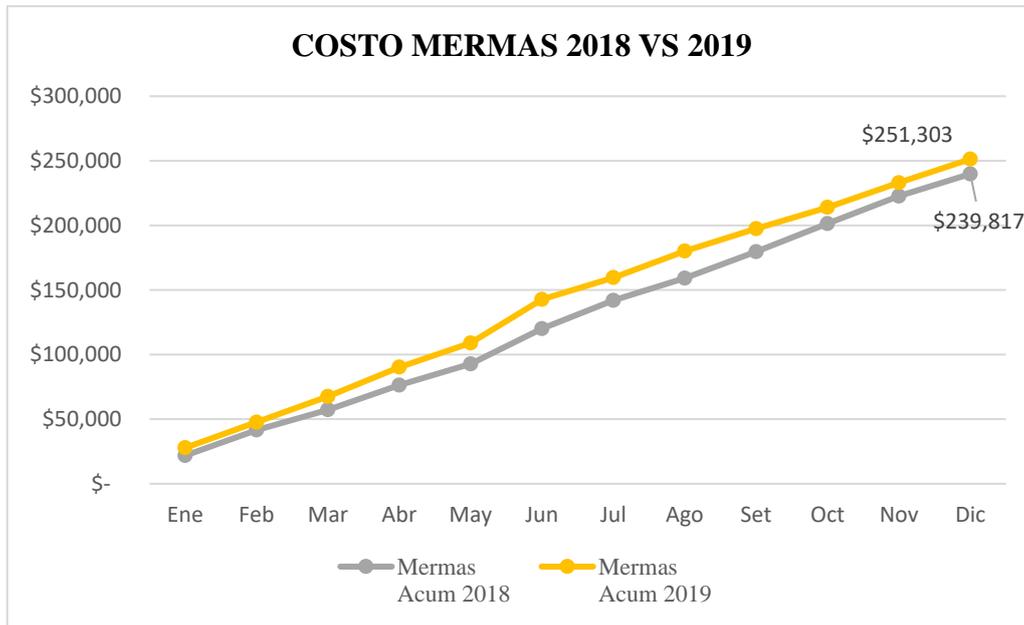
Tabla 4
Costo Total de Mermas

Meses	% Mermas 2018	% Mermas 2019	Mermas Acumulado 2018	Mermas Acumulado 2019
Ene	\$ 21,821	\$ 27,836	\$ 21,821	\$ 27,836
Feb	\$ 19,758	\$ 19,869	\$ 41,579	\$ 47,705
Mar	\$ 15,662	\$ 19,869	\$ 57,241	\$ 67,574
Abr	\$ 19,103	\$ 22,648	\$ 76,344	\$ 90,222
May	\$ 16,457	\$ 18,747	\$ 92,801	\$ 108,969
Jun	\$ 27,292	\$ 33,762	\$ 120,093	\$ 142,731
Jul	\$ 21,863	\$ 16,869	\$ 141,956	\$ 159,600
Ago	\$ 17,186	\$ 20,511	\$ 159,142	\$ 180,111
Set	\$ 20,486	\$ 17,306	\$ 179,628	\$ 197,417
Oct	\$ 21,795	\$ 16,553	\$ 201,423	\$ 213,970
Nov	\$ 21,247	\$ 19,036	\$ 222,670	\$ 233,006
Dic	\$ 17,147	\$ 18,297	\$ 239,817	\$ 251,303

Fuente: (Precor S.A., 2021)

Gráfico 6

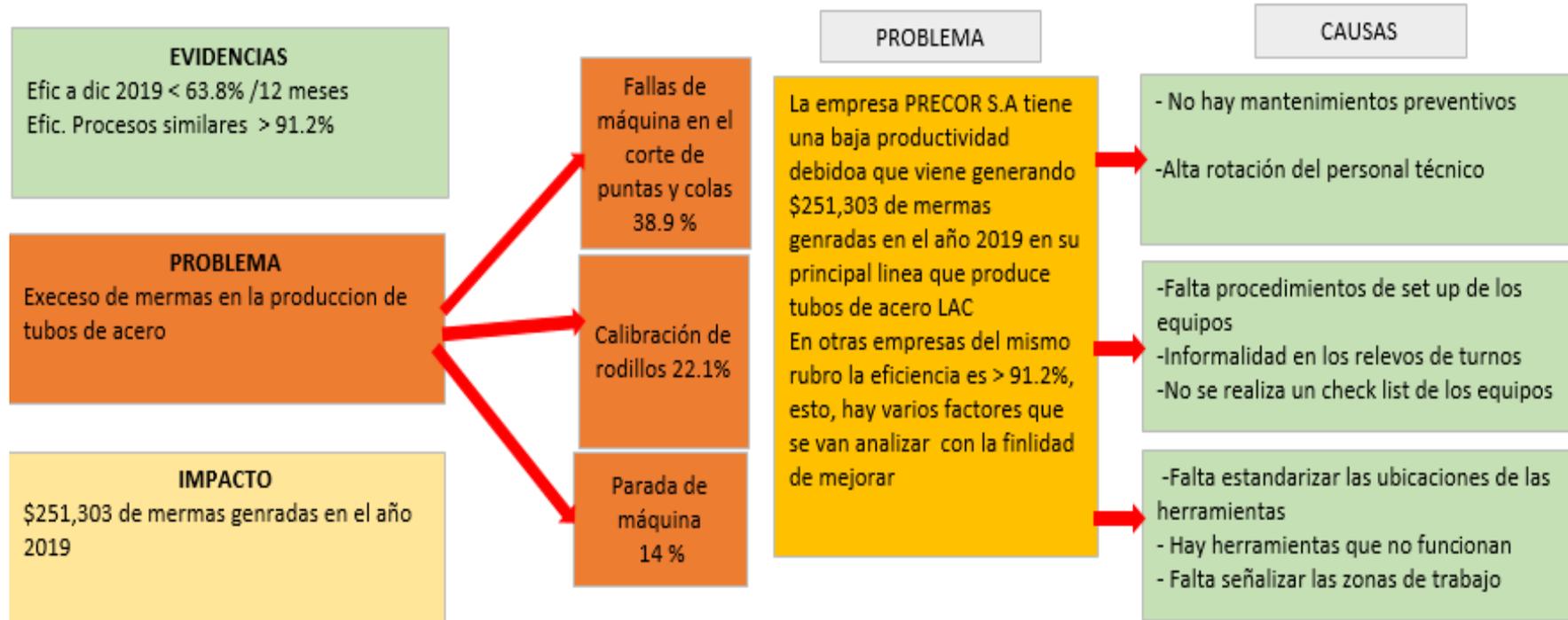
Costo de Mermas de los Años 2018 y 2019



Fuente: (Precor S.A., 2021)

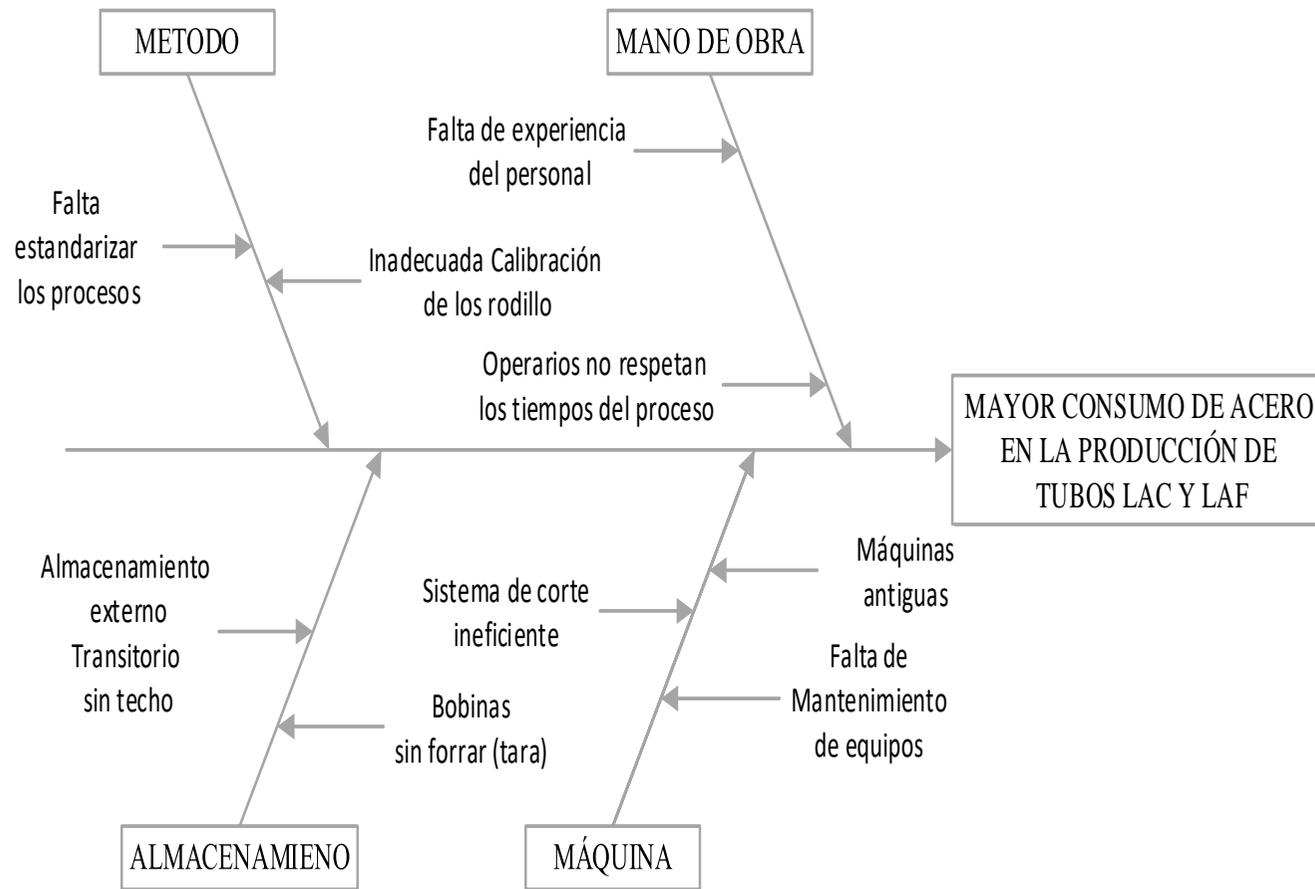
En el precedente gráfico observamos que en el acumulado del costo de las mermas hay un incremento de \$11,486 en comparación con el año 2018.

Figura 19
Análisis del Árbol de Causas



Fuente: (Precor S.A., 2021)

Figura 20
Análisis de la Causa y Efecto



Fuente: (Precor S.A., 2021)

En la figura N° 19 se sintetiza el análisis de las principales causas de la generación de mermas y por ende un mayor consumo de acero afectando la productividad en la producción de tubos de acero LAC y LAF de la empresa Precor S.A.

2.3. Objetivos del proyecto

2.3.1. Objetivo general

Reducción de mermas en la producción de tubos de acero

2.3.2. Objetivos específicos

- ✓ Identificar las áreas, causas y razones utilizando como base el análisis de los indicadores.
- ✓ Priorizar las causas de mayor impacto que generan la falla de los equipos.
- ✓ Diseño de un plan de acción para un correcto mantenimiento de los equipos.

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL PROYECTO

3.1. Descripción y desarrollo del proceso

Se realizará una investigación a cerca de las diferentes herramientas de lean y sus metodologías de mejora continua, las principales fuentes serán textos bibliográficos, artículos científicos extraídos de las plataformas de Scopus, Elsevier, Mendeleev, consultas en libros y de páginas web que garanticen la calidad de la información.

Con la información obtenida se comenzará a implementar los planes de mejora para la reducción de mermas en la planta industrial productora de tubos estructurales de acero.

3.2. Antecedentes de la investigación

3.2.1. Antecedentes Nacionales

Jackson (2016): En su investigación plantea la implementación de mantenimiento programado, preventivo y autónomo, para el diseño de un plan de mantenimiento. Se determinó una mejora en la disponibilidad por buses parados de 49, 2%, y reducción de los costos de oportunidad de S/. 1, 904,285 (206pp).

Yengle (2016): Propone aumentar la rentabilidad en la operación de sus equipos. Para ello utiliza el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM), con el RCM, se calculó una mejora en el presupuesto actual de 62%, un aumento en la disponibilidad de los equipos de 90% y 75% de MTBS (156pp).

León (2016): En su tesis plantea implementar un programa de mantenimiento preventivo, por las pérdidas económicas en cuanto los costos operativos. Al finalizar la implantación del programa en una proyección de 5años, con un costo de oportunidad de capital de 20%, el VAN sería de S/.81624, 52 el TIR sería 75% y el Beneficio/Costo será 1.73 (71pp).

Maya (2018): En su investigación tuvo como objetivo implementar la metodología TPM para reducir pérdidas y tener una gestión completa de mantenimiento así identificando las averías y modos de falla. Asimismo, la implementación del TPM es un sistema completo de información que sirve para otras áreas de compras, producción, calidad, etc. Según este estudio el diagnóstico por método cuantitativo y según el estudio de FMEA, se logra tener un resultado progresivo llegando a una producción en el año 2017 a una disponibilidad del 93 % de efectividad de mantenimiento de un proceso productivo (75pp).

Silvio (2018): Debido a que no se evidencia las fallas de forma real, mediante el sistema SAP, se establece un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para atender de forma específica a la máquina, mediante la gestión de fallas. También toma interés en capacitar al personal en sus nuevas actividades como mejora en el nuevo plan de mantenimiento y resalta la importancia en la lubricación de la máquina. Para poder establecer una línea de acción coherente y efectiva, ha sido necesario revisar literatura especializada, investigaciones previas y diversos papeles Mantenimiento Centrado. (99pp).

3.3. Bases Teóricas

3.3.1. La metodología Six Sigma y sus beneficios

La toma de decisiones es más acertada debido a los estudios estadísticos de los datos recabados de la misma empresa lo que contribuye en mejorar los procesos.

Se genera un clima de cultura y compromiso con los procesos y su mejora continua, debido al compromiso que muestran todos en la empresa sin importar el puesto.

La rentabilidad incrementa ya que las áreas se vuelven más eficientes al realizar sus respectivos procesos.

El cliente va a tener una mayor satisfacción y fidelidad debido a que se le cumple con productos que solicita libre de errores y sin contratiempos es decir en el tiempo que lo requiere.

El personal desarrolla nuevas técnicas de trabajo lo que contribuye a la mejora del proceso. (Rivera, 2006)

En la búsqueda de la mejora de los procesos en la industria manufacturera se aplicarán técnicas modernas como el Six Sigma para la resolución de los problemas que aquejan a la compañía, que nos brinden una excelente área de oportunidad para ofrecer resultados tangibles en la mejora de la organización.

Este análisis central se basa en la metodología de Six Sigma de la mejora continua de los procesos, asimismo con los enfoques tradicionales obtenidos de las técnicas de Ingeniería Industrial, con los cuales se estaba buscando resolver el problema y se quiere lograr la mejoría de la producción y ascender a un mejor nivel sigma de calidad.

A pesar de la claridad de los artículos expuestos y las herramientas documentadas, estadísticas y de calidad por diversos autores sobre la metodología, no están ampliamente documentadas aplicaciones de la metodología de mejora continua Six Sigma. Esto nos podría limitar en el desarrollo de la solución y mejora de los procesos, particularmente para la reducción de las mermas en la producción de aceros estructurales.

Sin embargo, se encontró en la literatura algunas aplicaciones con algunas diferencias y formas de enfoque para solucionar. En (Naeem Khawar, 2016). Se presenta un proceso de mejora para eliminar las mermas, la optimización de un proceso de fabricación da como resultado una mayor productividad y una reducción de los desechos. Los parámetros de producción de una industria local de fabricación de barras de acero de Pakistán se optimizan mediante el uso de Seis Sigma a través de la metodología DMAIC, Define, medición, análisis, mejora y metodología de control.

El modelo se prueba, verifica y valida utilizando datos industriales recopilados en una industria local de fabricación de barras de acero de un alto nivel de detalle.

En (Mladenović, 2016) el objetivo de este documento es identificar todos los defectos que se producen como pérdidas y complicar el proceso de producción para alcanzar el nivel de Lean Six Sigma en la compañía Shinwon. Los datos originales de la compañía Shinwon se identificaron, recopilaron y analizaron, utilizando los métodos y herramientas del concepto Lean Six Sigma (Mapeo de procesos, auditoría 5S, diagrama de Pareto, diagrama de Ishikawa, siete desechos básicos y análisis SPC), para presentarlos; la efectividad del sistema de gestión de calidad y para evaluar la posibilidad de su mejora continua.

En el artículo, se detalla que la metodología Six Sigma funciona como enfoque de resolución de problemas para diversos campos como negocios, ingeniería y procesos de producción. El núcleo de la metodología Six Sigma está basada en datos y es un enfoque sistemático a la resolución de problemas, con foco en el impacto del cliente. Asimismo, se utiliza la metodología DMADV, donde se puede mejorar y evolucionar a mejores procesos complejos, para su mejor análisis, diseño y verificación.

En el artículo (calidad de control del acero alambre varilla de producto por la integración de Lean Seis Sigma y Taguchi Método, 2032), se detalla acerca de la compañía global de Indonesia RMW Inc. Uno de sus productos es el alambroón de acero. Esta investigación tiene como objetivo controlar la producción. Procesar y mejorar la calidad del producto. Esta investigación está utilizando la Integración entre Lean Six sigma y método Taguchi. El primer paso es reducir el desperdicio usando el método Lean Six sigma mientras que el segundo paso es reducir el defecto utilizando el método Taguchi. Basado.

FMEA (Failure Modes and Effects Analysis): Es un sistema de análisis de fallos y su clasificación para determinar el grado de gravedad, esto puede ocurrir en diferentes partes del proceso, esto nos permite identificar las

posibles causas de las fallas; se calcula el valor RPN (Risk Priority Number), mediante la siguiente fórmula

$$\text{RPN} = \text{Severidad} \times \text{Ocurrencia} \times \text{Detectabilidad}$$

Se debe priorizar a los modos de falla con severidad más alta y a los modos de falla con RPN más alto (Cuatrecasas, 2005)

Además, podemos utilizar un diagrama de Pareto, histogramas y gráficos de control, estas son herramientas que nos van a ayudar a medir las mejoras de nuestro proceso. (Galgano, 1995)

3.4. Bases Normativas

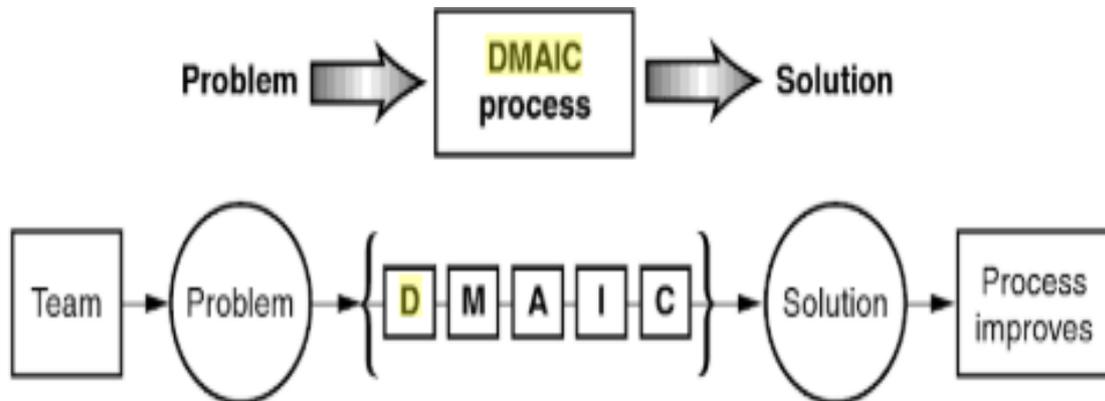
Si los accionistas o directores no detectan claramente que a través de la metodología Six Sigma se van a generar ahorros importantes o bien en la ejecución de ciertos proyectos se tendrán mayores ventas será imposible sus puestas en marcha, por ende, cualquier proyecto seis sigmas deberá sustentar su éxito en demostrar claramente la mejora financiera para su autorización. (Rivera, 2006)

Se utilizará la metodología de mejora continua Six Sigma para conocer el problema práctico, para convertirlo en un problema enfocado a la estadística tanto descriptiva como estadística inferencial.

El método se centra en reducir la variabilidad de los insumos en un sistema con lo último; objetivo de reducir la variabilidad de los resultados; esto debería reducir el número de defectos o errores en el proceso de preocupación.

Con este problema estadístico se buscará una solución que de paso a la solución práctica; la metodología de Six Sigma es muy estructurada y utiliza un marco de cinco etapas para mejorar el proceso conocido como DMAIC. La metodología usada para el proceso de mejora es DMAIC (Define – Measure – Analyze – Improve – Control).

Figura 21
La Metodología DMAIC



Fuente: (Keller 2010)

3.4. El proceso de mejora

3.4.1. Definir – Primer paso

En este paso se tiene que entender los procesos afectados y definir las necesidades de los clientes, se define hasta donde se quiere llegar con el proyecto y lo que necesitamos mejorar para esto se realiza un mapa de flujo de procesos (Pyzdek & Keller, 2010)

Para implementar esta metodología en este primer paso se tiene que contar con las personas que tengas más experiencia y que constan más el proceso con la finalidad de obtener el resultado deseado, la evaluación del avance debe de realizarse semanalmente verificando lo conseguido durante las operaciones. (Shankar, 2009).

Además, siempre se debe tener presente lo siguiente:

- ✓ Definir el alcance.
- ✓ ¿Qué es lo que debe mejorarse?
- ✓ ¿Qué es lo que está dentro y fuera de nuestro alcance?

3.4.2. Definir – Segundo paso

Fundamentalmente en este paso se busca se realiza la medición del proceso que se busca mejorar mediante indicadores para posteriormente realizar las comparaciones con los resultados anteriores y determinar si se está mejorando de acuerdo con lo planeado y para poder conseguir el objetivo es necesario las siguientes condiciones:

- ✓ Entender el proceso creando un mapa del estado actual
- ✓ Entender dónde están los riesgos realizando un FMEA (Failure Mode and Effect Analysis)
- ✓ Determinar cómo el proceso se alinea con las expectativas del cliente
- ✓ Asegurar de la recolección de datos sea preciso y no variables.
- ✓ Identificar la(s) variable(s) de medición y la(s) fuente(s) de información
- ✓ Validar el sistema de medición y cuantificarlo.
- ✓ Evaluar el desempeño actual.

3.4.3. Analizar – Tercer paso

En este paso realizamos el análisis de la información obtenida para determinar las oportunidades de mejora y la causa raíz del problema, desarrollamos la hipótesis de la variabilidad utilizando la estadística inferencial y se establecen relaciones de causa y efecto entre las variables de respuesta, en este paso se realiza lo siguiente:

- ✓ Identificar las causas potenciales.
- ✓ Verificar y validar las causas más probables.
- ✓ Profundizar con posibles conexiones y correlaciones entre diversas variables de proceso.

3.4.4. Mejorar – Cuarto paso

En este paso es importante implementar controles que aseguren la continuidad de la mejora implementada, el equipo valida las causas de los problemas en los procesos y genera una lista de soluciones considerando un análisis costo beneficio. El equipo responde a la pregunta ¿Qué se necesita hacer? (Eckes, 2006), por lo que se debe de:

- ✓ Garantizar que el proceso se esté moviendo a un estado más deseable
- ✓ Encontrar las soluciones que contrarresten a las causas verificadas
- ✓ Establecer el ajuste de las causas y sus tolerancias.

3.4.5. Controlar – Quinto paso

En este paso se asegura la continuidad de la mejora en los procesos, es importante compartir información que ayude a mejorar los procesos en otras áreas, para garantizar la continuidad de las mejoras es importante tener en cuenta:

- ✓ Cambio de los procedimientos antiguos
- ✓ Modificar la política de producción
- ✓ Modificar los criterios de evaluación
- ✓ Implementar las soluciones en el proceso
- ✓ Validar la efectividad de las soluciones
- ✓ Elaborar Propuesta definitiva

3.4.6. Implementar – Sexto paso

En la implementación es muy importante el compromiso y el tiempo para que pueda garantizar el éxito del programa Six Sigma (Krajewski et al. (2008).

Es importante el apoyo de la alta gerencia con la motivación de bonos para el equipo humano, constante entrenamiento. (Antony & Banuelas, 2002), siempre se debe tener presente los factores tales como resistencia al cambio de los colaboradores

De acuerdo con lo identificado donde se determinó que la causa del mayor consumo de acero es el alto porcentaje en la generación de mermas además de paradas de línea ocasionadas por fallas de los equipos, por lo que se desarrollaran metodologías que tengan como base la mejora del mantenimiento para el incremento de la productividad, calidad y reducción de costos en beneficio de la empresa.

Figura 22
Comparación de las Diferentes Herramientas

Crterios	Mantenimiento Proactivo	TPM	PM	RCM	ECM
Reducción de costos de mantenimiento	Mejorando la administración del ciclo de vida del sistema	Mejorando la eficiencia de ellos equipos y resolviendo totalmente los problemas de los equipos	Optimizando la función física del mantenimiento y resolviendo el problema periódico del mantenimiento	Optimización del intervalo requerido de mantenimiento	Dirigiendo los aspectos programáticos y técnicas de mantenimiento
Proactividad del equipo y del mantenimiento	Enfocándose en la tecnología del mantenimiento comprobando, correctivo y preventivo identificando los procesos de mantenimiento de equipo	Incrementando el valor agregado por persona, incrementando el índice de operación y reducción de los paros de equipos	Reducción de paros de equipos y calendarización de tareas de mantenimientos para reducir las fallas	Incrementando la fiabilidad del equipo	Manteniendo y mejorando la respuesta con pocos recursos

OEE (eficiencia global del equipo)	Enfatizar en la eficiencia de los equipos	Incrementado la eficiencia atacando los paros, tiempo de preparación y ajuste, vació y paros menores, disminución de velocidad, disminución de producción en el arranque además de reducción de defectos	Haciendo énfasis en la revisión periódica del equipo y cultura de prevención	Hacer énfasis en enfoques sistemáticos, metodología apropiada, estrategias de trabajo preventivo según las consecuencias de las fallas	Haciendo énfasis en la disponibilidad de procesos mejorados capaces de manufacturar productos y servicios de calidad y
Mejoramiento continuo	No teniendo consideración de las mejoras continuas	Alcanzando mejoras continuas gracias a un extensivo uso de estandarización, organización del área de trabajo y administración visual	Monitoreo de fallas, vigilancia periódica, tecnología de análisis de fallas	Empleando los métodos proactivos para lograr el mejoramiento proactivo	Logrando el mejoramiento <u>continuo</u> , incorporando otras técnicas de mantenimiento
Duración de la implementación	De una o tres meses	De uno a tres años	De uno a tres años	De tres a seis meses	De tres a seis meses

Fuente: (Quality in Maintenance Engineering, 2002)

En la tabla precedente se utilizan cinco criterios para comparar las distintas técnicas de administración de mantenimiento, estos criterios van de acuerdo con lo que se busca con la solución del problema. Para ponderar las prioridades de cada uno de los criterios de evaluación se hace uso de la matriz AHP (Proceso Analítico Jerárquico).

Tabla 5

Tabla de Comparación

AHP	Reducción de costo de mantenimiento (C1)	Productividad del equipo y del mantenimiento (C2)	Incremento de OEE (C3)	Mejoramiento Continuo (C4)	Duración de la implementación (C5)
Reducción de costo de mantenimiento (R1)					
Productividad del equipo y del mantenimiento (R2)					
Incremento de OEE (R3)					
Mejoramiento Continuo (R4)					
Duración de la implementación (R5)					

Fuente elaboración propia: (Charaja Meza, 2021)¹

En la elaboración de la tabla, se decidirá que elemento es más importante que el otro al compararlo, por lo que para facilitar la decisión se hace uso de la siguiente tabla de ponderación:

Tabla 6

Tabla de Ponderación

1	3	5	7	9
Los elementos C y R tienen la misma importancia	El elemento C es ligeramente más importante que el elemento R	El elemento C es más importante que el elemento R	El elemento C es fuertemente más importante que el elemento R	El elemento C es muy fuertemente más importante que el elemento R

Fuente: (QFD, 2020)

La matriz AHP compara parejas de opciones, es decir, cada valor de la fila es dividido entre cada valor de la columna, por lo que en los casos

¹ Elaboración propia en base a la guía de la Asociación Latinoamericana de QFD.

que se comparte valores iguales como, por ejemplo, Reducción de costo de mantenimiento versus Reducción de costo de mantenimiento, el valor asignado será igual a 1.

Tabla 7

Tabla de Comparación Pareada

AHP	Reducción de costo de mantenimiento (C1)	Productividad del equipo y del mantenimiento (C2)	Incremento de OEE (C3)	Mejoramiento Continuo (C4)	Duración de la implementación (C5)	Sumatoria
Reducción de costo de mantenimiento (R1)	1					
Productividad del equipo y del mantenimiento (R2)		1				
Incremento de OEE (R3)			1			
Mejoramiento Continuo (R4)				1		
Duración de la implementación (R5)					1	

Fuente elaboración propia: (Charaja Meza, 2021)²

Luego de realizar la matriz de comparación inicializada, se procede a comparar C1 contra R1, y así cada valor de la columna contra cada valor de las filas.

Se procede a comparar C1 vs R2 por lo que se realizará la siguiente pregunta, que es más importante, la reducción de costos o la productividad del equipo para la elaboración de la matriz para llenado de la matriz.

² Elaboración propia en base a la guía de la Asociación Latinoamericana de QFD.

Tabla 8
Comparación Proceso de Llenado

AHP	Reducción de costo de mantenimiento (C1)	Productividad del equipo y del mantenimiento (C2)	Incremento de OEE (C3)	Mejoramiento Continuo (C4)	Duración de la implementación (C5)	Sumatoria
Reducción de costo de mantenimiento (R1)	1					
Productividad del equipo y del mantenimiento (R2)	1/5	1				
Incremento de OEE (R3)			1			
Mejoramiento Continuo (R4)				1		
Duración de la implementación (R5)					1	

Fuente elaboración propia: (Charaja Meza, 2021)³

Como se considera que la productividad del equipo es más importante que la reducción del costo se tiene que poner el inverso, es decir 1/5. De esta forma se sigue llenando la tabla siempre iniciando las comparaciones debajo de la diagonal principal, donde están los 1 de inicialización.

Tabla 9
Tabla de comparación Llenado de Valores de la Diagonal Principal

AHP	Reducción de costo de mantenimiento (C1)	Productividad del equipo y del mantenimiento (C2)	Incremento de OEE (C3)	Mejoramiento Continuo (C4)	Duración de la implementación (C5)	Sumatoria
Reducción de costo de mantenimiento (R1)	1					
Productividad del equipo y del mantenimiento (R2)	1/5	1				
Incremento de OEE (R3)	1/5	1/5	1			
Mejoramiento Continuo (R4)	1/7	1/7	3	1		
Duración de la implementación (R5)	3	5	3	3	1	

Fuente elaboración propia: (Charaja Meza, 2021)

³ Elaboración propia en base a la guía de la Asociación Latinoamericana de QFD.

En esta etapa ya se cuenta con los datos llenos debajo de la diagonal principal, por lo que se procede a completar los datos que se encuentran por encima de la diagonal principal de la siguiente forma.

Tomando como ejemplo el valor de la comparación de C1-R2, el valor de la celda es de 1/5, entonces el valor que se pondrá en la celda C2-R1 es de 5, es decir el valor inverso. De esta forma la tabla queda de la siguiente manera:

Tabla N° 10 de comparación llenado de valores encima de la diagonal principal.

Tabla 10
Tabla de Comparación Final

AHP	Reducción de costo de mantenimiento (C1)	Productividad del equipo y del mantenimiento (C2)	Incremento de OEE (C3)	Mejoramiento Continuo (C4)	Duración de la implementación (C5)	Sumatoria
Reducción de costo de mantenimiento (R1)	1	5	5	7	1/3	18.33
Productividad del equipo y del mantenimiento (R2)	1/5	1	5	7	1/5	13.40
Incremento de OEE (R3)	1/5	1/5	1	1/3	1/3	2.07
Mejoramiento Continuo (R4)	1/7	1/7	3	1	1/3	4.62
Duración de la implementación (R5)	3	5	3	3	1	15.00

Fuente elaboración propia: (Charaja Meza, 2021)

La presente tabla N° 11 fue validada con el Gerente de Producción y con los datos se procede a elaborar la matriz de normalización, para lo cual se divide los valores de cada celda, entre el valor de la sumatoria de la fila respectiva.

Tabla 11
Matriz de Normalización

AHP	Reducción de costo de mantenimiento (C1)	Productividad del equipo y del mantenimiento (C2)	Incremento de OEE (C3)	Mejoramiento Continuo (C4)	Duración de la implementación (C5)	Sumatoria
Reducción de costo de mantenimiento (R1)	0.05	0.27	0.27	0.38	0.02	1
Productividad del equipo y del mantenimiento (R2)	0.01	0.07	0.37	0.52	0.01	1
Incremento de OEE (R3)	0.1	0.1	0.48	0.16	0.16	1
Mejoramiento Continuo (R4)	0.03	0.03	0.65	0.22	0.07	1
Duración de la implementación (R5)	0.2	0.33	0.2	0.2	0.07	1
Promedio	0.08	0.16	0.39	0.30	0.07	1

Fuente elaboración propia: (Charaja Meza, 2021)

Finalmente, se toma el promedio de la suma de los valores de las columnas y se coloca en la fila "Promedio"; la última fila de la matriz de normalización corresponde a los pesos que se asignaran a cada criterio, es decir, el criterio de incremento de OEE tiene un peso de 40%, mientras el criterio de duración de la implementación tiene un 7%.

Una vez que se ha determinado los pesos de cada criterio, se procede a armar la tabla de evaluación de las diferentes técnicas de mantenimiento:

Tabla 12
Evaluaciones de Alternativas de Solución

ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN											
Mantenimiento Proactivo				TPM		PM		RCM		ECM	
FACTORES	Peso	Puntaje	Ponderación								
Reducción de costo de mantenimiento (R1)	8%	3	0.24	5	0.4	4	0.32	4	0.32	4	0.32
Productividad del equipo y del mantenimiento (R2)	16%	4	0.65	4	0.65	3	0.49	4	0.65	4	0.65
Incremento de OEE (R3)	40%	3	1.19	5	1.98	3	1.19	4	1.58	4	1.58
Mejoramiento Continuo (R4)	30%	2	0.59	5	1.48	4	1.19	4	1.19	5	1.48
Duración de la implementación (R5)	7%	5	0.33	2	0.13	2	0.13	4	0.27	4	0.27
TOTALES			3		4.64		3.31		4		4.3
Importancia	(+)	5	4	3	2	1	(-)				

Fuente elaboración propia: (Charaja Meza, 2021)

En la tabla N° 13 se han asignado pesos a los diferentes factores de importancia de la alternativa de solución de acuerdo con los pesos determinados con la matriz AHP, a cada alternativa se le asigna un puntaje tomando como base la información de la tabla 14 de comparación de las diferentes técnicas de mantenimiento, los puntajes van de 1 a 5, siendo el mayor valor un mejor desempeño.

La tabla muestra que la mejor metodología de solución para el problema planteado es el TPM, al contar con mayor puntaje que las otras metodologías o técnicas de mantenimiento.

En la siguiente tabla se muestran las causas más relevantes indicándose la herramienta a usar para la solución de dichas causas:

Tabla 13
Herramientas a Utilizar Para la Solución de las Principales Causas

HERRAMIENTA PARA APLICAR	ACCIÓN DE MEJORA	CAUSA POR SOLUCIONAR
TPM	Aplicación de todos los pasos del TPM	Paradas de línea durante la producción de tubos
TPM (formación y adiestramiento)	Capacitaciones continuas	Mayor conocimiento del equipo
	Programa de limpieza periódica	Falla en extractor de calor
TPM(Mantto. Autónomo)		Falsos contactos en dispositivos electrónicos
	Programa de ajuste, alineamiento y limpieza	Rotura de discos
	Programa de lubricación y engrase	Roturas de rodamientos
		Rodillos en mal estado
TPM (Mantto. Preventivo)		Equipos electrónicos quemados
	Plan de mantenimiento preventivo	Rotura de sellos de bombas Rotura de ejes de bombas
Estandarización de procesos	Mejorar los procesos en la fabricación de tubos	Falta de estandarización de procesos
5 S	Estandarizar las zonas de trabajo Señalizar las ubicaciones de los equipos y herramientas	Falta de orden en el lugar de trabajo

Fuente elaboración propia: (Charaja Meza, 2021)

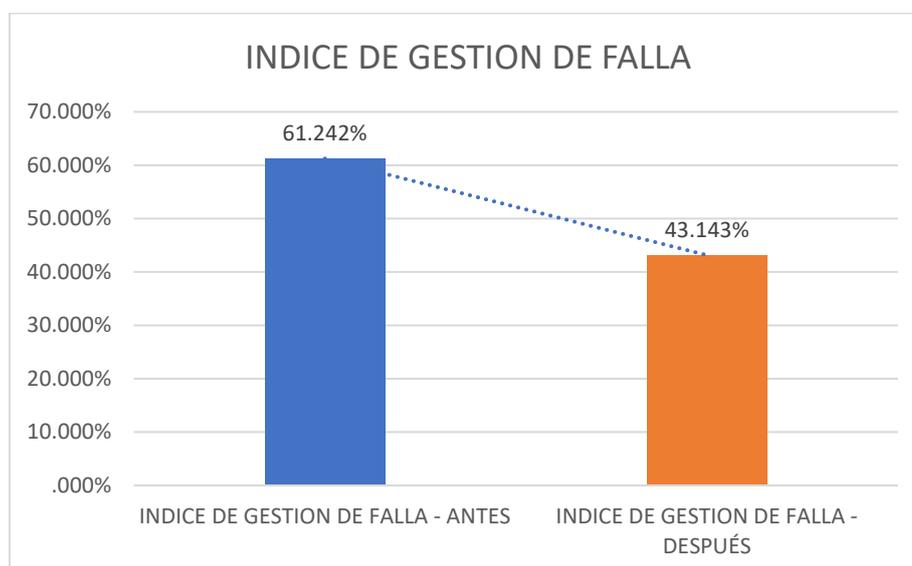
Índice de gestión de falla, después de analizar los datos se obtuvo los siguientes promedios como se muestra en la tabla:

Tabla 14
Índice de Gestión de Falla

ÍNDICE DE GESTIÓN DE FALLA - ANTES	ÍNDICE DE GESTIÓN DE FALLA - DESPUÉS
61,24%	43,14%

Fuente elaboración propia: (Charaja Meza, 2021)

Gráfico 7
Índice de la Gestión de la Falla



Fuente elaboración propia: (Charaja Meza, 2021)

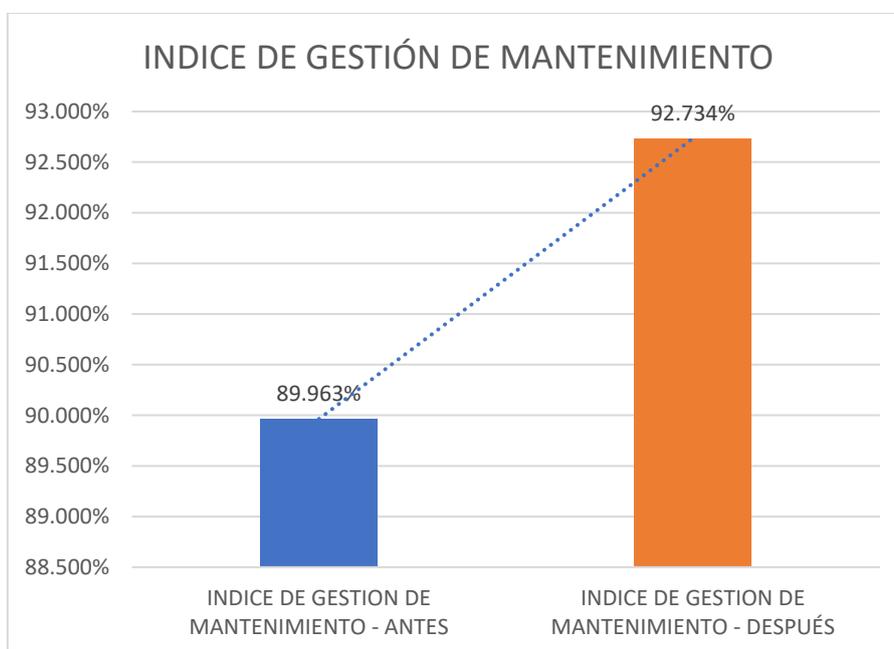
Se observa, el índice de gestión de falla antes de la implementación, se tenía un promedio de 61,24%, por consiguiente, después de la aplicación se obtuvo un 43,14%, por ello se puede decir que se redujo aproximadamente 18%.

Índice de gestión de mantenimiento, después de analizar los datos se obtuvo los siguientes promedios como se muestra en la tabla:

Tabla 15*Índice de Gestión de Mantenimiento*

ÍNDICE DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO - ANTES	ÍNDICE DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO - DESPUÉS
89,96%	92,73%

Fuente elaboración propia: (Charaja Meza, 2021)

Gráfico 8*Índice de Gestión del Mantenimiento*

Fuente elaboración propia: (Charaja Meza, 2021)

Se muestra, el índice de gestión de mantenimiento antes de la implementación, se tenía un promedio de 89,96%, por consiguiente, después de la aplicación se obtuvo un 92,73%, por ello se puede decir que se incrementó aproximadamente 2.7%.

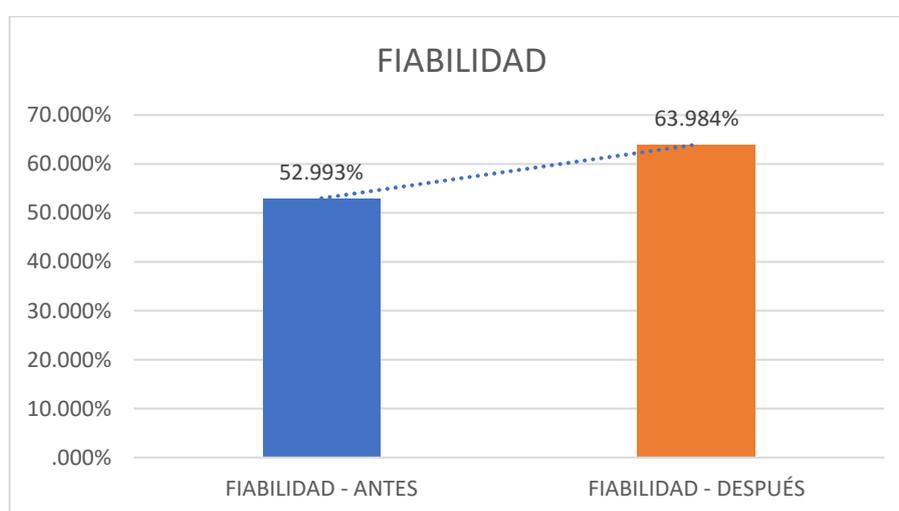
Índice de gestión de mantenimiento, después de analizar los datos se obtuvo los siguientes promedios como se muestra en la tabla:

Tabla 16
Índice de Fiabilidad

FIABILIDAD - ANTES	FIABILIDAD - DESPUÉS
52,99%	63,98%

Fuente elaboración propia: (Charaja Meza, 2021)

Gráfico 9
Fiabilidad Antes y Después



Fuente elaboración propia: (Charaja Meza, 2021)

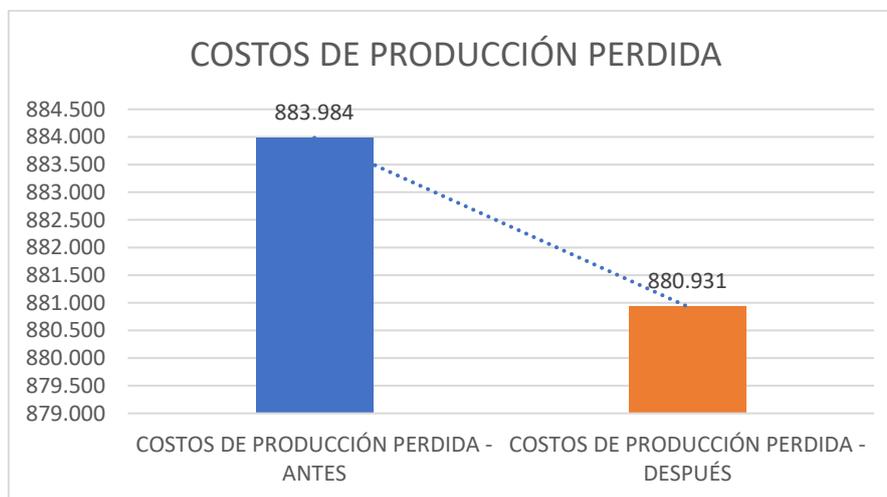
Entiéndase, la fiabilidad antes de la implementación, se tenía un promedio de 52,99%, por consiguiente, después de la aplicación se obtuvo un 63,98%, por ello se puede decir que se incrementó aproximadamente 11%.

Costos correctivos de mantenimiento, después de analizar los datos se obtuvo los siguientes promedios, como se muestra en la tabla:

Tabla 17*Costo de Producción Perdida*

COSTOS CORRECTIVOS DE MANTENIMIENTO - ANTES	COSTOS CORRECTIVOS DE MANTENIMIENTO - DESPUÉS
1504,49	599,00

Fuente elaboración propia: (Charaja Meza, 2021)

Gráfico 10*Costo de la Producción Perdida*

Fuente elaboración propia: (Charaja Meza, 2021)

Se muestra, que los costos de producción pérdida antes de la implementación, se tenía un promedio de 883,98, por consiguiente, después de la aplicación se obtuvo un 880,93, por ello se puede decir que se redujo aproximadamente 3,05.

Costo de productos no conformes, después de analizar los datos se obtuvo los siguientes promedios, como se muestra en la tabla:

Tabla 18
Costos de Productos no Conformes

COSTOS DE PRODUCTOS NO CONFORMES - ANTES	COSTOS DE PRODUCTOS NO CONFORMES - DESPUÉS
41187283,14	20181768,74

Fuente elaboración propia: (Charaja Meza, 2021)

3.4.7. Análisis inferencial de desarrollo

La Normalidad se analiza la simetría de los datos entre las variables con la Variable independiente 1 vs Variable dependiente 1.

Tabla 19
Pruebas de Normalidad 1 de 1

PRUEBAS DE NORMALIDAD						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl.	Sig.
IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS CRÍTICO DE FALLAS	,113	28	,200*	,971	28	,611
COSTO CORRECTIVO DE MANTENIMIENTO	,291	28	,000	,862	28	,002

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente elaboración propia: (Charaja Meza, 2021)

Al mostrarse un valor de significancia de 0.611, se entiende que tiene un comportamiento paramétrico.

Tabla 20
Pruebas de Normalidad 1 de 2

PRUEBAS DE NORMALIDAD						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
AUDITORIA Y CONTROL DE LA CONFIABILIDAD	,091	28	,200*	,973	28	,674
COSTO DE PRODUCTOS NO CONFORMES	,164	28	,052	,934	28	,079

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente elaboración propia: (Charaja Meza, 2021)

Se observa un valor de significancia de 0.674, por lo que se entiende que tiene un comportamiento paramétrico.

El tiempo de producción es en promedio 13.6 horas lo cual indica que los tiempos reales de servicio se mantienen constantes con el proceso actual, sin embargo, el tiempo de espera si sufrió una variación importante, reduciéndose a 2.1 horas lo cual da un total de tiempo promedio en el sistema de 15.78 horas disminuyendo un total de 13 horas aproximadamente, con respecto al proceso actual.

Tiempo promedio de Espera:

Revisión de Maquinas Eléctricas y Rotativa	0.0000
Revisión de Potencia.Queue. WaitingTime	0.01629
Inspección Visual.Queue.WaitingTime	0.22670
Revisión de Contactores.Queue. WaitingTime	0.0000
Revisión de Componentes Principales.Queue.	0.09007

Llenado de Formato.Queue.WaitingTime	0.02647
Revisión de Niveles de Fluido.Queue.Waitin	0.02175
Revisión de Compresora y tratamiento termico	0.15093
Reparar Falla. Queue. WaitingTime	0.0000
Reparar Falla_2. Queue.WaitingTime	0.2500
Reparar Falla_3. Queue.WaitingTime	0.68364
Reparar Falla_4. Queue.WaitingTime	0.0000
Reparar Falla_5. Queue.WaitingTime	0.0000
Reparar Falla_6. Queue.WaitingTime	0.57143
Reparar Falla_7. Queue.WaitingTime	0.0000

Lo más resaltante de los tiempos de espera son los siguientes puntos:

Resultados Favorables

Se redujo el tiempo de espera y tiempo en el sistema de corte.

La mejora fue de: $28.049 - 15.782 = 12.267$ horas

Se redujo el tiempo de espera en las actividades de revisión de:

Fallas en el planeamiento de producción = $4.0554 - 0.02175 = 4.033$ horas

Fallas de las inspecciones de Calidad, = $3.7359 - 0.01629 = 3.719$ horas

Falta de calibración de los rodillos = $6.1608 - 0.0000 = 6.16$ horas

Incrementos de Tiempo

Se incrementó ligeramente el tiempo de espera en las actividades de:

Mal control de recepción de la materia prima = $0.57143 - 0.000 = 0.571$ horas

Alta rotación del personal = $1.3971 - 0.53331 = 0.864$ horas

Rentabilidad

Para el proceso propuesto se asume contratar 2 operarios en el mes. El costo de cada operario es de \$ 2000 mensuales. Además, se piensa

implementar el TMP el cual se estima en un costo de \$1000 mensuales. La propuesta de mejora del proceso generaría una inversión de \$ 5000

La empresa tiene como ganancia mensual con todos los equipos operando al 100% genera de manera anual un costo total de operación para cada una es de \$ 1, 000,000. Al pasar ese costo a una hora, nos da que cada hora parada sin producir ó en mantenimiento se tiene que pagar \$115.7 aproximadamente.

La reducción del proceso de mantenimiento en horas, en base a los resultados fue de 12.267 horas, por lo cual podemos estimar que el ahorro generado por el proceso propuesto es la multiplicación del tiempo reducido por la cantidad de horas atendidas en un mes por el costo fijo por hora: de $12.267 \times 31 \times 115.7 = \$44,000$ aproximadamente.

Por lo cual podemos concluir que implementar la metodología propuesto podría generar ahorros de $\$44,000 - \$5,000 = \$39,000$, mejorando los tiempos de mantenimiento y reduciendo los tiempos muertos en la fabricación de tubos de acero LAC y LAF que no están en operación.

3.5. Conclusiones

- ✓ Incrementar en 2 recursos a los operarios que reduzcan los tiempos de algunas actividades del proceso de mantenimiento.
- ✓ Aplicar TPM, entrenando a los recursos para que puedan ejecutar las actividades de manera más efectiva y eficiente, lo cual incluye procesos de capacitación de personal. Esto nos garantizará la mejora de tiempos.
- ✓ La Metodología TPM nos permitió detectar en qué punto se presenta un cuello de botella, para poder dirigir la propuesta a dichas actividades sin necesidad de generar costos adicionales para mejorar el proceso.

3.6. Recomendaciones

- ✓ La Metodología TPM permitió evaluar un escenario que aún no fue implementado en la realidad para poder tomar mejores decisiones en cuanto a una mejora del proceso de producción de tubos LAC Y LAF.

- ✓ Se puede seguir mejorando el proceso en tiempos, evaluando que actividades aún pueden reducirse basados en sus tiempos de espera promedio.
- ✓ También se puede reducir los tiempos de cada actividad para que el tiempo total de revisión y mantenimiento sea menor, pero ello implicaría invertir en nuevas maquinarias y materiales. Con la metodología se podría evaluar si dicha propuesta es viable y rentable.

CAPÍTULO IV

BIBLIOGRAFÍA

REFERENCIAS

ALC. (2018). Asociación Latinomericana del Acero.

Biblioteca. (s.f.). *Biblioteca*. Obtenido de :
http://www.cyta.com.ar/biblioteca/bddoc/bdlibros/herramientas_calidad/causa_efecto.htm

Charaja Meza, R. (2021). Trabajo de Suficiencia Profesional de la EPII - Para obtener el título de Ingeniero Industrial. Lima: Electrónicos y digitales.

Chinese Customs Service. (2018). Source Alacero Aduanas Chinas.

Concepto.de. (s.f.). *Concepto.de*. Obtenido de MISIÓN Y VISIÓN:
<https://concepto.de/mision-y-vision/>

Definición. de. (s.f.). *Definición. de*. Obtenido de OPORTUNIDAD:
<https://definicion.de/oportunidad/>

Fincowsky, F., & Benjamín, E. (2014). *Organización de empresas*. México: Mc Graw-Hill. Obtenido de Organigrama: <https://es.wikipedia.org/wiki/Organigrama>

Google Maps. (2021). *Google*. Obtenido de <https://www.google.it/maps>

HEFLO. (s.f.). *HEFLO*. Obtenido de Mejora Continua:
<https://www.heflo.com/es/definiciones/mejora-continua/>

INEI. (2020). *Instituto Nacional de Estadística e Informática*. Lima.

Ingenio Empresa. (s.f.). *Ingenio Empresa*. Obtenido de Cómo hacer un diagrama de relaciones paso a paso: <https://ingenioempresa.com/diagrama-de-relaciones/>

Precor S.A. (2021). Productos de producción de la entidad. Perú.

QFD. (2020). *Asociación Latinoamericana de QFD*. .

Quality in Maintenance Engineering. (2002). *An effectiveness centered approach to maintenance management*.

Significados. (s.f.). *Significados*. Obtenido de Significado de Objetivo:
<https://www.significados.com/objetivo/>

Tobón, S. (2006). (M. Uninet, Editor) Obtenido de Método de trabajo por proyectos:
https://yavne.edu.mx/pages/circular/cch/inicio2015/met_tra_pro.pdf

CAPÍTULO V

GLOSARIO DE TÉRMINOS

1. **PROYECTO:** Se define como un conjunto de actividades sistemáticas y elaboradas que se ejecutan con el fin de resolver un determinado problema (Tobón, 2006).
2. **MEJORA CONTINUA:** Es una filosofía que intenta optimizar y aumentar la calidad de un producto, proceso o servicio (HEFLO, s.f.).
3. **OBJETIVO:** Es una situación deseada que la empresa intenta lograr, es una imagen que la organización pretende para el futuro. Al alcanzar el objetivo, la imagen deja de ser ideal y se convierte en real y actual, por lo tanto, el objetivo deja de ser deseado y se busca otro para ser alcanzado. (Significados, s.f.)
4. **ORGANIGRAMA:** Es la representación gráfica de la estructura orgánica de una institución o de una de sus áreas, en la que se muestra la composición de las unidades administrativas que la integran sus relaciones, niveles jerárquicos, canales formales de comunicación, líneas de autoridad, supervisión y asesoría (Fincowsky & Benjamín, 2014).
5. **MISIÓN:** La definición específica de lo que la empresa es, de lo que la empresa hace (a qué se dedica) y a quién sirve con su funcionamiento. Representa la razón de ser de la empresa. (Concepto.de, s.f.)
6. **VISIÓN:** Se define como el camino al cual se dirige la empresa a largo plazo y sirve de rumbo y aliciente para orientar las decisiones estratégicas de crecimiento junto a las de competitividad. (Concepto.de, s.f.)
7. **OPORTUNIDAD:** Circunstancia favorable o que se da en un momento adecuado u oportuno para hacer algo. (Definición. de, s.f.)
8. **AMENAZA:** Situación y/o actividades que genera daño, retraso y/o condiciona a la empresa. (Concepto.de, s.f.)
9. **DIAGRAMA DE RELACIONES:** Es un método de inducción lógica que permite aclarar las causas y sus relaciones para identificar, confirmar y seleccionar las

causas originales más importantes que afectan un problema de análisis. (Ingenio Empresa, s.f.)

10. DIAGRAMA DE CAUSA-EFECTO: Muestra la relación entre una característica de la calidad y sus factores causales. (Biblioteca, s.f.)
11. ORDEN DE ACONDICIONADO: Es un documento que sirve para solicitar el despacho de los materiales de empaque al área de almacén.
12. Indicador: Según Beltrán (2000, p.35). Es la señal o manifiesto de que permite conocer el comportamiento, situación o estado de un objeto o tema de estudio, respecto a algún que alcance o logro.
13. Indicador de Gestión de Fallas: Para Abricot de la página web <https://www.abricot.com>. Plantea que son el seguimiento del estado de la infraestructura, sirve para detectar las fallas.
14. Indicador de Mantenimiento: Según Zambrano y Leal (2006), Indica que son todas las gestiones desde su planificación hasta su implementación y control del mantenimiento para su mejoría.

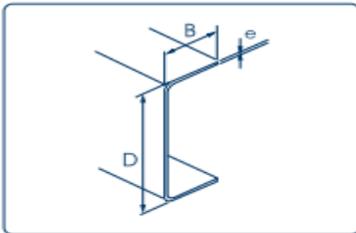
CAPÍTULO VI

ANEXOS

Anexo 1

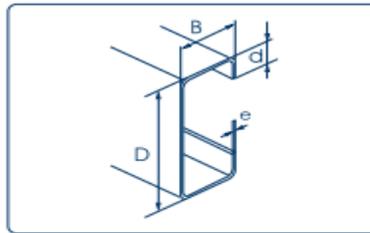
Productos/Perfiles de acero

PERFIL U



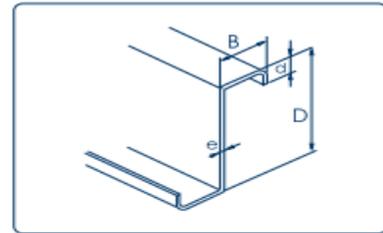
Peralte (D)	Ala (B)	Espesor (e)			
		2,0 mm	2,5 mm	3,0 mm	4,5 mm
2"	1"	x	x	x	
3"	1 1/2"	x	x	x	x
4"	2"	x	x	x	x
5"	2"	x	x	x	x
6"	2"	x	x	x	x
6"	3"	x	x	x	x
7"	2"	x	x	x	x
7"	3"	x	x	x	x
8"	2"	x	x	x	x
8"	3"	x	x	x	x
9"	2"	x	x	x	x
10"	2"	x	x	x	x
10"	3"	x	x	x	x
11"	3"	x	x	x	x
12"	2"	x	x	x	x
12"	3"	x	x	x	x

PERFIL C



Peralte (D)	Base (B)	Ala (d)	Espesor (e)			
			2,0 mm	2,5 mm	3,0 mm	4,5 mm
3"	1 1/2"	19	x	x	x	
3"	2"	19	x	x	x	
4"	2"	19	x	x	x	x
5"	2"	19	x	x	x	x
6"	2"	19	x	x	x	x
6"	3"	19	x	x	x	x
7"	2"	19	x	x	x	x
7"	3"	19	x	x	x	x
8"	2"	19	x	x	x	x
8"	3"	19	x	x	x	x
9"	2"	19	x	x	x	x
9"	3"	19	x	x	x	x
10"	2"	19	x	x	x	x
10"	3"	19	x	x	x	x
12"	2"	19	x	x	x	x
12"	3"	19	x	x	x	x

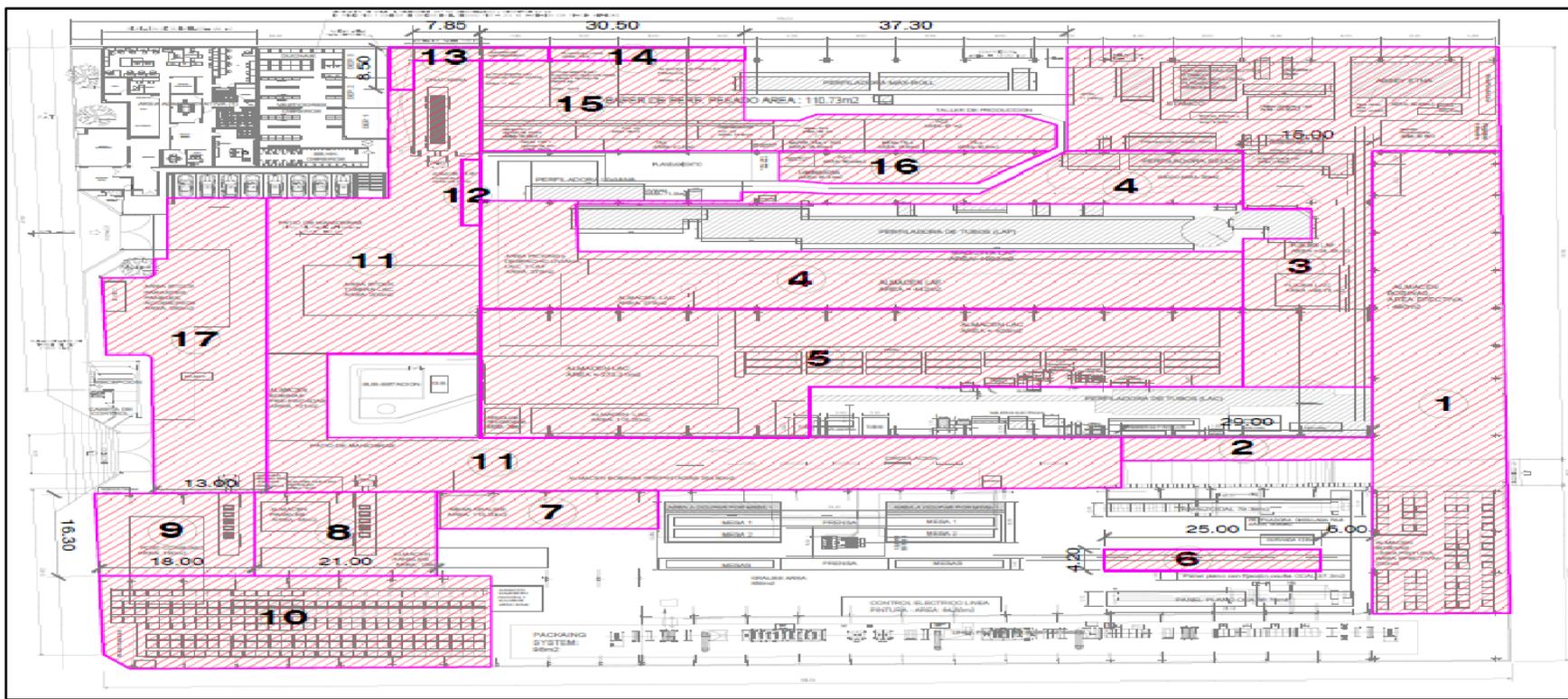
PERFIL Z



Peralte (D)	Base (B)	Ala (d)	Espesor (e)			
			2,0 mm	2,5 mm	3,0 mm	4,5 mm
3"	1 1/2"	16	x			
3"	2"	19		x		
4"	2"	19	x	x		
5"	2"	19		x	x	
6"	2"	19	x	x	x	x
6"	3"	19	x	x	x	x
7"	2"	19	x	x	x	
7"	3"	19	x	x	x	x
8"	2"	19	x	x	x	x
8"	3"	19	x	x	x	x
9"	3"	19	x	x	x	x
10"	2"	19	x		x	x
10"	3"	19	x	x	x	x
12"	3"	19	x	x	x	x

Fuente elaboración propia: (Charaja Meza, 2021)

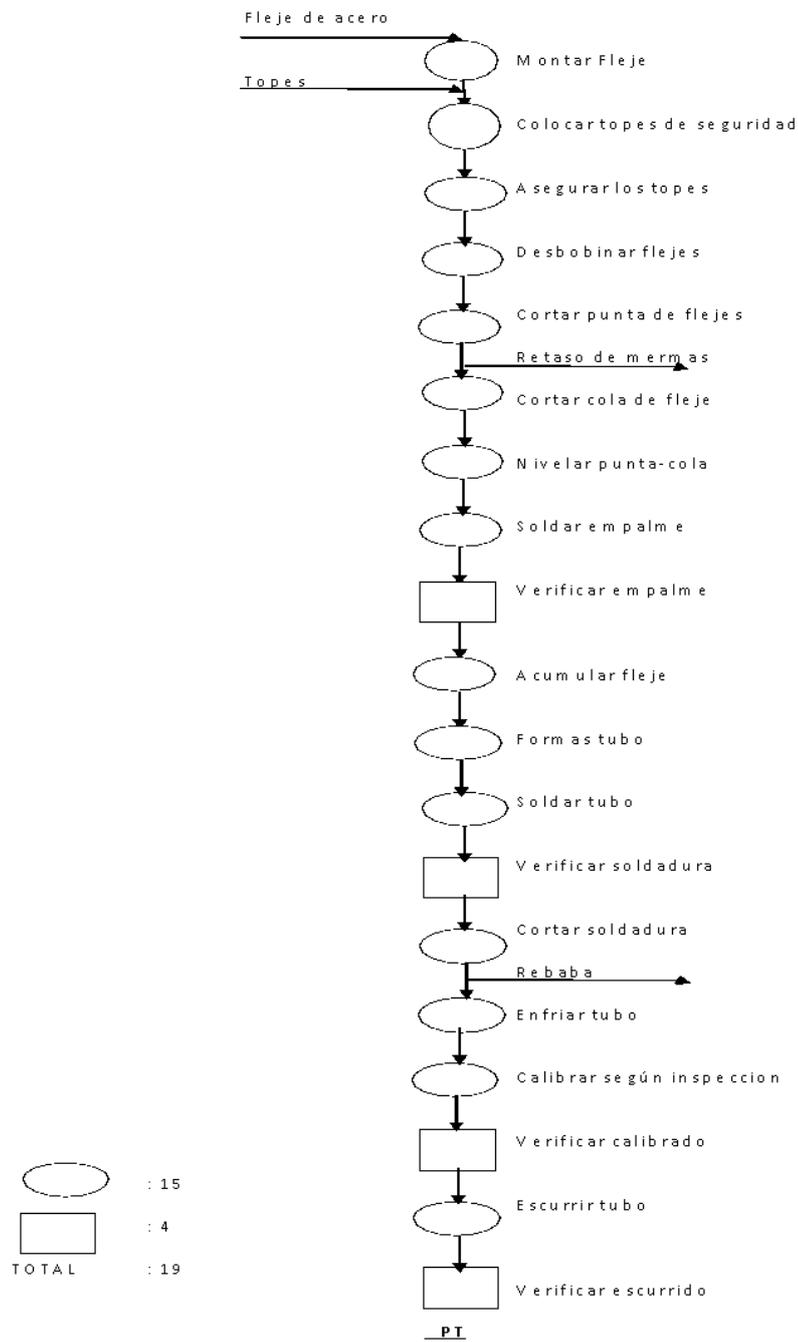
Anexo 2
Lay Out – Precor S.A.



Fuente: (Precor S.A., 2021)

Anexo 3

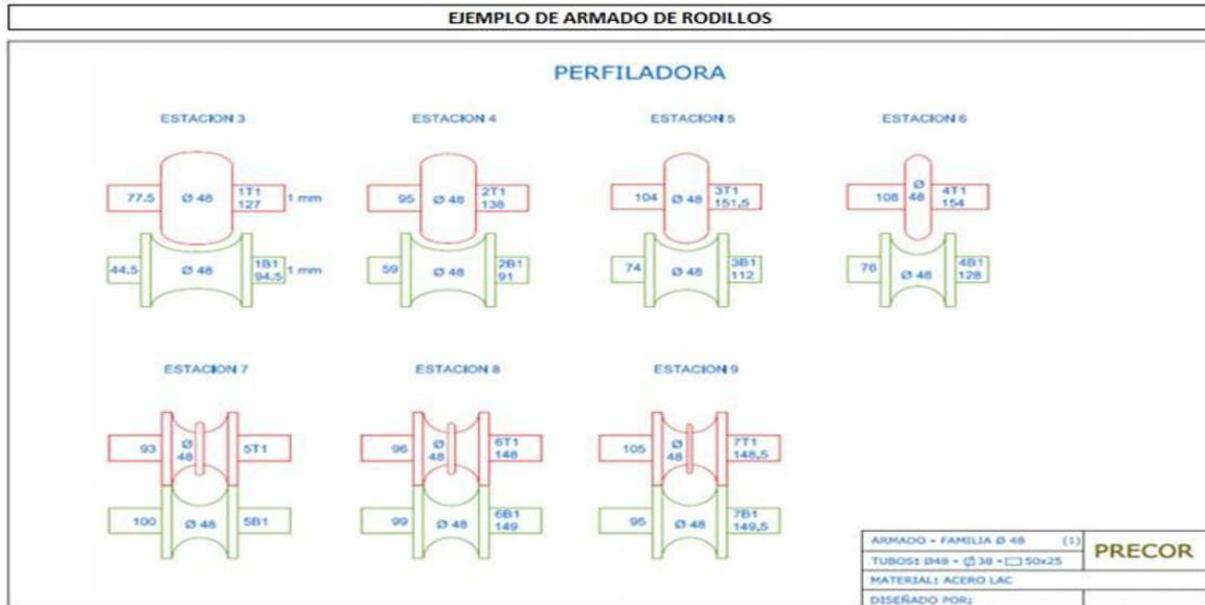
Fabricación de Tubos LAC



Fuente: (Precor S.A., 2021)

Anexo 4

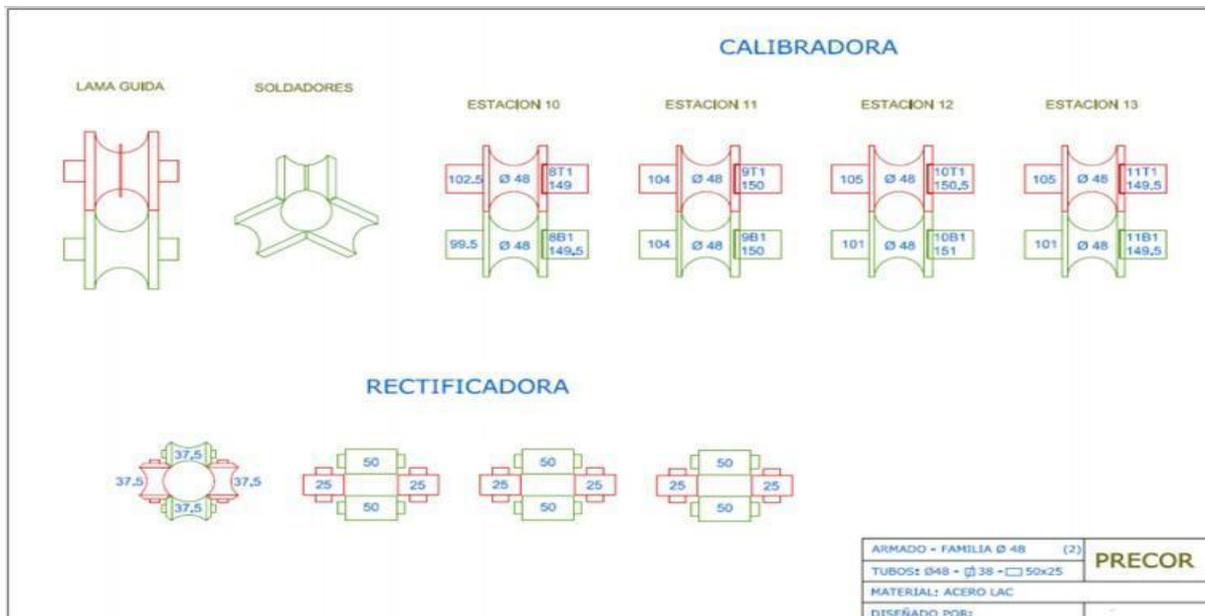
Armado de Rodillos Para la Producción



Fuente: (Precor S.A., 2021)

Anexo 5

Armado de Rodillos Para la Producción



Fuente: (Precor S.A., 2021)