

**Propuesta para disminuir costos de no calidad de los procesos asociados a la
línea de producción de equipos de refrigeración de la empresa Fermat
Comercial S.A.**



Autores

Paula Stephany Cuellar Bernal

Adriana Lucía Arias Burgos

Henry Orlando Pérez Gamboa

Tutor

Luis Fernando Ospina Granada

Universidad el Bosque

Especialización en Gerencia de Producción y Productividad

Bogotá, Colombia

Marzo de 2023

Contenido

Resumen.....	6
Introducción	6
1. Formulación del proyecto	7
1.1 Problema de investigación	7
1.1.1. Identificación.....	7
1.1.2. Descripción.....	9
Planteamiento.....	13
2. Objetivos	14
2.1. Objetivo General	14
2.2. Objetivos específicos.....	14
3. Justificación	14
4. Metodología	15
5. Alcances y resultados.....	16
6. Marco de referencia	16
6.1. Antecedentes	16
6.2. Marco teórico	17
6.2.1. Análisis de productividad.....	17
6.2.2. Medición del trabajo.....	18
6.2.3. Estudio de tiempos.	18
6.2.4. Técnicas de estudios de tiempo.....	19
6.2.5. Ciclos de estudios de tiempos.	19
6.2.6. Distribución en planta	20
6.2.7. Las 5s.....	21
6.2.8. KPI's.....	22
6.2.9. Administración de operaciones	23
7. Diagnóstico de la línea de producción	23
7.1. Porcentaje de responsabilidad de la línea	27
7.2. Descripción actual de la línea de producción	28
7.2.1. Costos de no calidad.....	46
7.2.2. Mapa de valor del proceso VSM.....	47
8. Establecimiento de propuestas de mejora	51

8.1.	Estrategia 1: metodología 5S's	54
8.2.	Estrategia 2: Plantillas de trazo	61
8.3.	Estrategia 3: Gestión diaria de procesos en 3 niveles.....	65
	Diseño de la gestión diaria de procesos en 3 niveles:	65
9.	Análisis de costo beneficio de las propuestas	73
10.	Conclusiones	77
11.	Recomendaciones	78
	Bibliografía	79

Lista de Figuras

Figura 1. Crecimiento del mercado de la refrigeración.	8
Figura 2. Proporción de equipos liberados año 2022.....	9
Figura 3. Análisis de ventas año 2022	10
Figura 4. Responsable de salidas no conformes año 2022.....	11
Figura 5. Costos de no calidad por reprocesos del acero cal. 24 año 2022	12
Figura 6. Cumplimiento en las fechas proyectadas de entrega	13
Figura 7. Diagrama de flujo del proceso de fabricación de equipos refrigerantes en la línea	24
Figura 8. Análisis de causas de costos de no calidad de la línea de producción de Fermat Comercial s.a.....	25
Figura 9. Análisis de causas de SNC	26
Figura 10. Procesos críticos de la línea de producción	27
Figura 11. Sección trazo	29
Figura 12. Cursograma analítico proceso de trazo.....	30
Figura 13. Sección de doblado.....	32
Figura 14. Cursograma proceso de doblado.	33
Figura 15. Sección de ensamble.....	35
Figura 16. Cursograma proceso de ensamble	36
Figura 17. Sección terminación línea.....	38
Figura 18. Cursograma terminación línea.....	39
Figura 19. Costos de no calidad año 2022	46
Figura 20. Diagrama VSM del proceso	48
Figura 21. Resumen de costos de no calidad diagrama VSM por procesos	50
Figura 22. Lluvia de ideas de las propuestas de mejora de la línea de producción	51
Figura 23. Tarjeta roja de selección de materiales.....	55
Figura 24. Objetivos de la 1S “Clasificar”.....	56
Figura 25. Tarjetas para demarcar ubicación de herramientas en puesto	58
Figura 26. Tablero de herramientas manuales	58
Figura 27. Estándar visual de puestos de trabajo.....	59
Figura 28. Formato de limpieza por proceso	60
Figura 29. Propuesta de la sección de trazo ref. 22 pies	64
Figura 30. Distribución de procesos en el hexágono	66
Figura 31. Indicador de calidad	67
Figura 32. Análisis de causas calidad	68
Figura 33. Plan de acción.....	69
Figura 34. Formato tour en planta.....	70
Figura 35. Prototipo de la main card.....	71
Figura 36. Prototipo del hexágono.....	72

Lista de tablas

Tabla 1. Metodología por objetivos	15
Tabla 2. Número recomendado de ciclos de la General Electric.	19
Tabla 3. Análisis de suplemento para capacidad de trabajo	28
Tabla 4. Estadística de tiempo del proceso productivo.....	47
Tabla 5. Ponderación de los criterios.....	53
Tabla 6. Check list registro de tarjeta roja	57
Tabla 7. Plantillas de prueba sección trazo	63
Tabla 8. Costos de no calidad por reproceso del acero	73
Tabla 9. Costos implementación metodología 5s	73
Tabla 10. Costos de implementación de hexágono.....	75
Tabla 11. Costos mano de obra para las tres estrategias planteadas	75
Tabla 12. Inversión total del proyecto	75

Lista de ecuaciones

Ecuación 1. Indicador de productividad total	18
Ecuación 2. Capacidad de diseño sección de trazo	31
Ecuación 3. Capacidad efectiva sección trazo	31
Ecuación 4. Capacidad real sección trazo	32
Ecuación 5. Capacidad de diseño sección de doblado.....	34
Ecuación 6. Capacidad efectiva sección de doblado	34
Ecuación 7. Capacidad real sección de doblado	34
Ecuación 8. Capacidad de diseño sección de ensamble.....	37
Ecuación 9. Capacidad efectiva sección de ensamble	37
Ecuación 10. Capacidad real sección de ensamble	37
Ecuación 11. Capacidad de diseño sección de terminación línea	40
Ecuación 12. Capacidad efectiva sección de terminación línea	40
Ecuación 13. Capacidad real sección de terminación línea	40
Ecuación 14. Capacidad de procesamiento de la sección de corte	41
Ecuación 15. Capacidad de procesamiento de la sección de pintura.	42
Ecuación 16. Capacidad de procesamiento de la sección de puertas.....	42
Ecuación 17. Capacidad de procesamiento de la sección de inyección.....	43
Ecuación 18. Capacidad de procesamiento sección eléctricos	44
Ecuación 19. capacidad de procesamiento sección de técnicos.....	44
Ecuación 20. Capacidad de procesamiento sección de terminación y limpieza	45
Ecuación 21. Indicador de cumplimiento mensual método 5s	61
Ecuación 22. Análisis costo beneficio	76

Resumen

En una empresa de refrigeración comercial se identificaron problemas en los procesos de producción de la planta, generando costos de no calidad por reprocesos de láminas de acero calibre 24, mediante herramientas de ingeniería se identificaron las secciones que causaron la mayoría de salidas no conformes durante el año 2022 y se hallaron que las áreas asociadas a la línea fueron responsables del 47% de los reprocesos del año anterior.

Mediante el diagrama analítico se tomaron registros de los tiempos y movimientos de los colaboradores dentro de sus áreas de trabajo, tomando como referencia el tiempo de procesamiento de un equipo vertical de 22 pies, desde su punto inicial hasta su liberación, esta referencia es ensamblada por la línea de producción, posteriormente se realizó un análisis de capacidad de cada proceso para identificar los cuellos de botella dentro de la línea que generan salidas no conformes, se tomaron en cuenta los suplementos dentro de este análisis de capacidad y el tiempo promedio que tarda un operario en reprocesar un equipo en cada área, las eficiencia de cada proceso oscila entre 75 y 82 por ciento.

Mediante un mapa de flujo de valor se logra analizar el estado actual del proceso de producción de la línea, tomando como base los costos de no calidad generados por reprocesamiento de láminas de acero calibre 24.

Se plantearon estrategias como la metodología 5s con el fin de mejorar las áreas de trabajo, se ajustaron medidas de orden y aseo que logren disminuir los reprocesos del acero por malas prácticas del personal operativo y la manipulación inadecuada de los mismos, además se logró proponer una estrategia de implementación de plantillas de trazo para los equipos más estándar de la línea de producción como las referencias de 22, 40 y 44 pies, minimizando los tiempos de procesamiento del área, ya que es el proceso más crítico de la línea siendo el responsable del 39% de los registros de salidas no conformes durante el año 2022.

Palabras clave

Diagrama analítico, procesos de producción, KPI's, costos de no calidad, mapa de flujo de valor.

Introducción

El sector de la refrigeración comercial e industrial en Colombia representa un pilar fundamental en la economía y la infraestructura del país, desempeñando un papel esencial en la conservación de productos perecederos, la operación de cadenas de frío eficientes, y el soporte a diversas industrias. La importancia de este sector se refleja en datos concretos. Según el informe de la Asociación Colombiana de Refrigeración, Colombia experimentó un aumento en la demanda de servicios de refrigeración del 6% en 2019, indicando un crecimiento constante.

Fermat comercial es una empresa pionera en el sector, siendo una compañía con más de 80 años de experiencia en la fabricación y distribución de equipos refrigeración comercial e industrial, cumpliendo con las necesidades de sectores como el farmacéutico, repostería y el sector de alimentos en general. Su experiencia y servicio han hecho sobresalir el nombre de la empresa bajo la marca Supernordico, sin embargo a pesar del tiempo que tiene la compañía en el mercado, sigue manteniendo procesos manuales que causan constantemente errores en su proceso de producción, que al final se traducen en costos de no calidad. Según los registros del área de control de calidad,

se reportaron 214 reprocesos de acero durante el año 2022, sumando más de 13 millones solo en reprocesamiento de láminas, las causas constantes se deben a procedimientos inadecuados por parte del personal operativo.

Basándonos en la pregunta problema ¿Cómo disminuir los costos de no calidad mejorando la línea de producción de la planta Fermat Comercial SA.? se realizó un análisis del problema actual de la planta con datos históricos del área de control de calidad, referenciando los registros de salidas no conformes del año anterior, se estiman pérdidas de material y costos de no calidad por reprocesos de acero calibre 24, con el objetivo de mejorar los procesos y disminuir los costos, se plantearon dos propuestas enfocadas a la mejora operativa y los procedimientos por parte del personal de planta, con base a los resultados obtenidos en el diagnóstico del problema.

1. Formulación del proyecto

Por medio de este apartado se da a conocer el planteamiento del problema, objetivos y la justificación del presente proyecto.

1.1 Problema de investigación

El siguiente proyecto busca alternativas de mejora de procesos dentro de la línea de producción de la empresa Fermat Comercial bajo la marca Supernordico, un fabricante de equipos de refrigeración comercial con más de 80 años en el mercado. A continuación, se abordarán las problemáticas dentro de la planta productiva de la compañía.

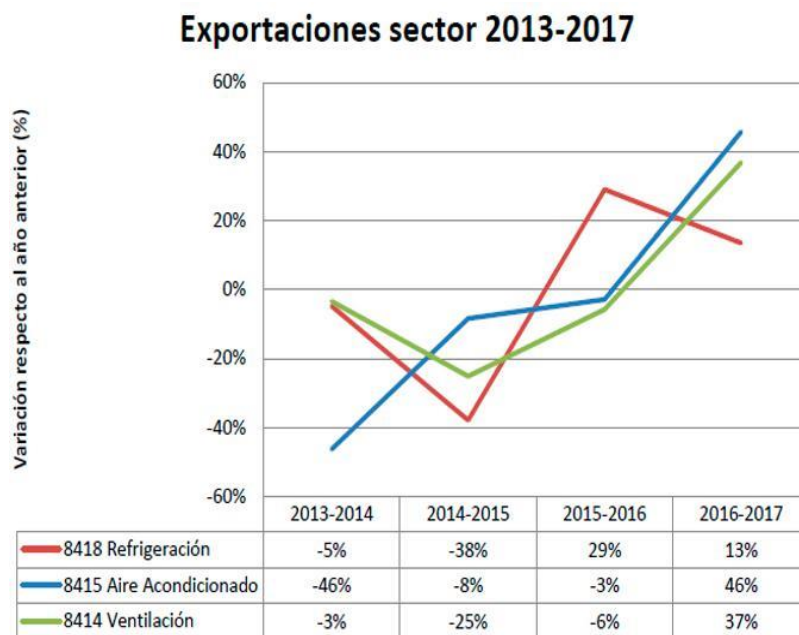
1.1.1. Identificación.

La industria de la refrigeración en Colombia es un sector importante con un crecimiento del 13% entre 2016 y 2017, según un artículo publicado por la Asociación Colombiana del acondicionamiento del aire y la refrigeración (ACAIRE, 2017), ver Figura 1. Además, abarca diversas actividades económicas, desde la producción y distribución de equipos y componentes hasta la instalación, mantenimiento y reparación de sistemas de ambiente controlado en diversos sectores como alimentos, bebidas, farmacéuticos, hospitalarios entre otros. Según un informe de la Asociación Nacional de Empresarios de Colombia, (ANDI, 2022). El sector en Colombia emplea a más de 40.000 personas de manera directa. Existen diferentes actividades relacionadas con la refrigeración comercial entre las cuales se encuentran:

- La instalación y mantenimiento de equipos refrigerantes por parte de técnicos y especialistas en el sector.
- El diseño e ingeniería de sistemas de refrigeración, donde ingenieros y diseñadores especializados son los encargados de crear ambientes controlados más eficientes y adecuados de acuerdo a las necesidades del cliente.
- La venta y distribución de equipos y suministros de refrigeración.
- Gestión y operación de establecimientos comerciales que requieren de un sistema de ambiente controlado como supermercados, restaurantes y tiendas de comestibles.

- Investigación y desarrollo que permiten crear sistemas refrigerantes, eficientes e innovadores mediante la implementación de nuevas tecnologías.

Figura 1. Crecimiento del mercado de la refrigeración.



Fuente: (ACAIRE, 2017).

Las Pymes en Colombia son un motor clave en el crecimiento económico y en la creación de empleos en el país. Según el Ministerio de Comercio Industria y Turismo, estas representan el 98% de las empresas registradas en Colombia y generan el 80% del empleo en el sector privado. En el sector de la refrigeración es probable que la mayoría de las empresas hacen parte de esta clasificación, Ministerio de trabajo (2019).

Cada establecimiento tiene requisitos específicos en términos de espacio, demanda de refrigeración y almacenamiento de productos y mejorar las prácticas para adaptar los sistemas refrigerantes a las necesidades de cada entorno, optimizando así su funcionamiento y garantizando la satisfacción de los clientes. En resumen, la economía de la refrigeración comercial se centra en encontrar un equilibrio entre la necesidad de mantener productos refrigerados y congelados de manera segura y la optimización de los costos y la eficiencia energética. Una gestión adecuada de ambientes controlados, combinada con tecnologías eficientes y buenas prácticas operativas, puede ayudar a reducir los costos y mejorar la rentabilidad de las empresas en el sector.

Fermat comercial tiene una amplia experiencia en el mercado de la refrigeración comercial, el cual empezó como un distribuidor de equipos refrigerantes hasta convertirse en una empresa sólida que diseña y ensambla todos sus equipos. Su capacidad de ajustar el diseño a las necesidades del cliente y los materiales de calidad que implementan en cada uno, ha permitido diferenciarse y destacarse en el sector, además de sus servicios post venta que brindan una mejor seguridad a sus compradores.

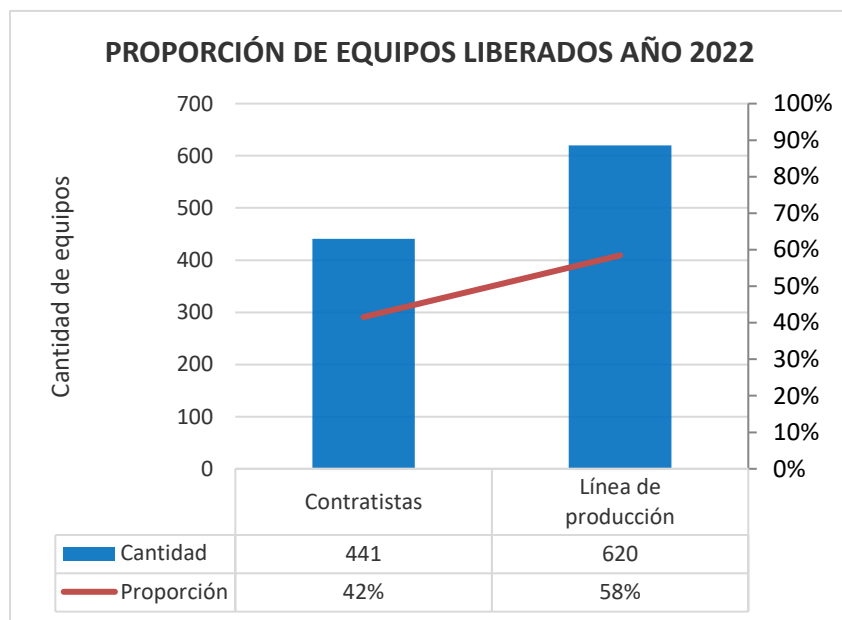
1.1.2. Descripción.

En la planta Fermat comercial s.a. se ensamblan equipos de refrigeración comercial e industrial, siendo el sector de alimentos y el farmacéutico sus principales nichos de mercado. La compañía tiene una amplia trayectoria en el mercado, consolidándose como una empresa pionera, con más de 80 años de experiencia que avalan su acreditación. Actualmente la empresa fabrica entre 80 y 120 equipos refrigeradores mensualmente, en su mayoría make to order y cuenta con distintas referencias como vitrinas, equipos verticales, barras, congeladores, autoservicios, exhibidoras, cuartos fríos entre otras referencias que se ensamblan de acuerdo con las necesidades del cliente. Este servicio de personalización de equipos ha hecho sobresalir a la compañía y ha fidelizado a sus compradores. La empresa se encuentra ubicada en la zona industrial de Puente Aranda y labora 48 horas semanales en un solo turno distribuidos en 6 días.

La planta cuenta con una sola línea de fabricación. De acuerdo con los datos históricos del año 2022, el 58% de la producción anual se fabricaron en la línea, el 42% restante se divide en equipos fabricados por contratistas dentro de la planta productiva, ver Figura 2.

La línea de producción se encuentra distribuida actualmente por 2 trazadores, 3 soldadores, 2 dobladores y 4 terminadores. Los demás procesos son independientes de esta área, pero de igual forma se involucran de manera directa en la fabricación del equipo.

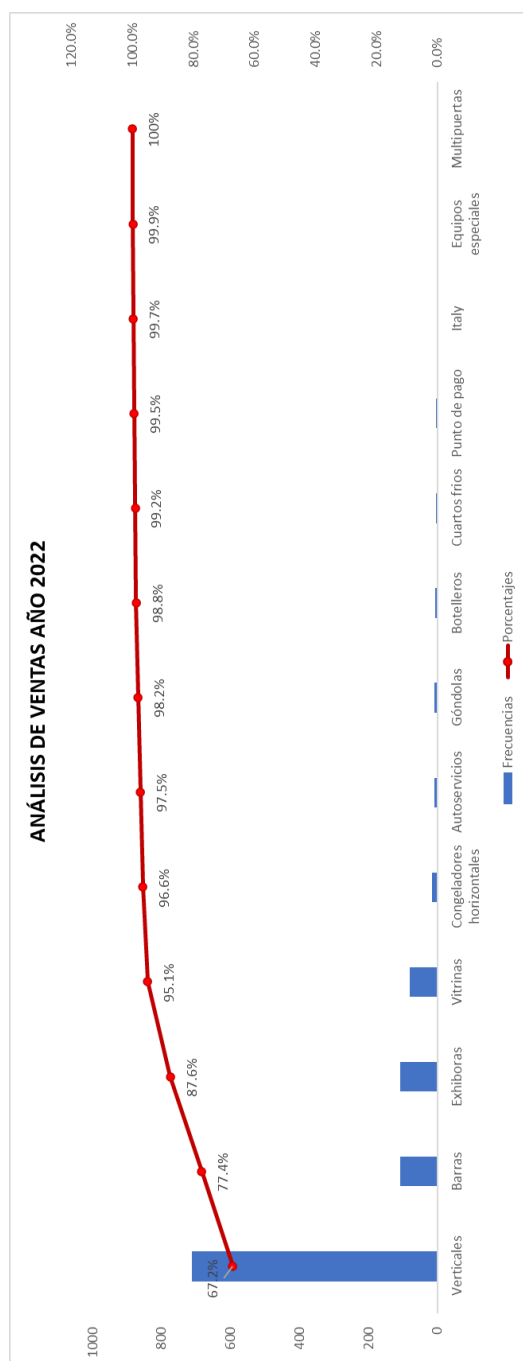
Figura 2. Proporción de equipos liberados año 2022



Fuente: Elaboración propia con base en Fermat Comercial SA (2023).

Mediante un Pareto se definieron los equipos que más se vendieron durante el año 2022, de acuerdo con la Figura 3, los equipos que representan el 80% de las ventas corresponden a los equipos verticales, las barras y las exhibidoras, los cuales son fabricados en la línea.

Figura 3. Análisis de ventas año 2022



Fuente: Elaboración propia con base en Fermat Comercial SA (2023).

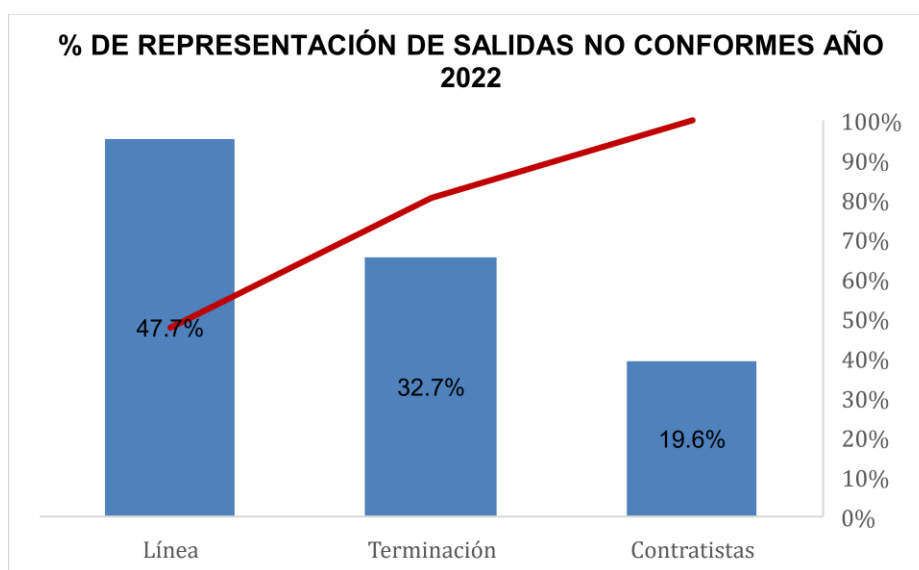
El análisis del problema se enfocará en los costos de no calidad generados por reprocesos del acero calibre 24 a causa de los procedimientos inadecuados de la línea de producción. El acero es la materia prima que más reprocesamiento tiene dentro del sistema productivo de la planta y es el material más caro en los costos directos de producción, esto se debe principalmente a que este material se debe importar y el valor final varía de acuerdo al comportamiento del dólar. Dentro de los procesos de fabricación de los equipos se manejan 2 grados de acero, los cuales son:

Grado 304, antiácido: Acabado T1, espesor mm (3,00 – 6,00), dimensiones mm (1219, 1524). Norma AISI / ASTM A240.

Grado 430, brillante, satinado: Acabado BA, espesor mm (0,30 – 1,20), dimensiones mm (1000, 1219). Norma AISI / ASTM A240.

Con base en la estadística de reportes de control de calidad, el proyecto se enfocará en la línea debido a que es el área que más registros de salidas no conformes generó durante el año 2022. Como lo indica la Figura 4.

Figura 4. Responsable de salidas no conformes año 2022



Fuente: Elaboración propia con base en Fermat Comercial SA (2023).

La línea de producción además ensambló el 58% por ciento de los equipos liberados durante el año anterior, esto corresponde a la mayoría de equipos que salieron de producción, como lo indica la Figura 2. Sin embargo, de acuerdo a los registros del área de control de calidad y realizando un análisis de costos de no calidad de la línea frente a los fabricantes, esta fue responsable del 70% del total generado durante el año 2022, con más de 9 millones de pesos únicamente por reprocesos del acero, véase la Figura 5. Sin embargo, dentro del proyecto no se tienen en cuenta los costos de otros materiales ya que no representan un porcentaje significativo dentro de los costos de no calidad.

Figura 5. Costos de no calidad por reprocesos del acero cal. 24 año 2022

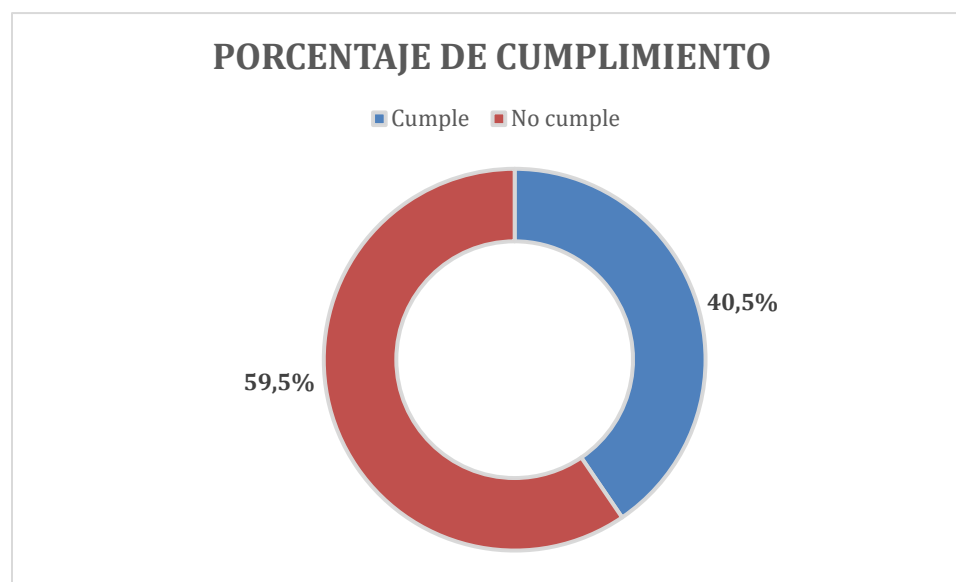


Fuente: Elaboración propia con base en Fermat Comercial SA (2023).

En la realización del diagnóstico se analizará objetivamente el porcentaje de responsabilidad de cada uno de los procesos de la línea de producción en la generación de costos de no calidad a causa de los reprocesos por mal procedimiento y manipulación del acero, también del análisis mensual del año 2022 de los costos de no calidad por reprocesar este material.

Es de resaltar que reprocesar un equipo además de generar costos de no calidad, también atrasa la producción afectando los tiempos proyectados de entrega, disminuyendo la calidad del servicio, esto se ve reflejado en la Figura 6. Sin embargo, el objetivo del proyecto se enfocará en la disminución de los costos de no calidad por reprocesos en lámina.

Figura 6. Cumplimiento en las fechas proyectadas de entrega



Fuente: Elaboración propia con base en Fermat Comercial SA (2023).

Planteamiento

¿Cómo disminuir los costos de no calidad mejorando la línea de producción de la planta Fermat Comercial SA.?

Con base al histórico de costos relacionados a las SNC del año 2022 y las causas principales que generaron estos reprocesos, es necesario intervenir la línea de producción de la planta ya que esta generó un porcentaje relevante sobre el total de costos de no calidad del año anteriormente mencionado, también se tienen en cuenta que los procesos de toda la planta incluyendo la línea son manuales y por tal motivo las fallas son reiterativas lo que no ha permitido que el índice de SNC disminuya, Esto que ha generado retrasos y por ende que no se cumplan con las fechas proyectadas de entrega, afectando el indicador de cumplimiento. A continuación se relacionan los registros que soportan el planteamiento del problema:

Los procesos involucrados en la línea de producción representaron el 80% de las salidas no conformes durante el año 2022, ver Figura 4. Además los costos de no calidad por reprocesar el acero superaron los 13 millones de pesos, donde la línea tiene un porcentaje de responsabilidad del 70%. Como se evidencia en la Figura 5. Y de acuerdo a los registros de producción del año 2022 se evidenció que no se cumplieron con las fechas proyectadas de entrega como lo indica la Figura 6.

2. Objetivos

2.1. Objetivo General

Desarrollar una propuesta de mejora en los procesos asociados a la línea de producción para disminuir los costos de no calidad en la empresa Fermat Comercial SA.

2.2. Objetivos específicos

1. Realizar el diagnóstico inicial mediante herramientas de ingeniería que permitan identificar las causas de salidas no conformes y los costos de no calidad.
2. Proponer estrategias de mejoramiento a través de las herramientas de ingeniería que permitan mejorar los procesos dentro de la línea de producción y disminuir los costos de no calidad.
3. Evaluar el costo-beneficio de la propuesta para que la gerencia general evalúe su viabilidad.

3. Justificación

Con la realización de esta propuesta se quiere generar una alternativa de mejora en los procesos involucrados en la línea de producción de la planta de Fermat Comercial SA. disminuyendo los sobrecostos por reprocesos generados durante la fabricación y ensamble de los equipos refrigerantes, mediante la implementación de técnicas de ingeniería lograr una mejor eficiencia y así comprometer a cada uno de los colaboradores y por supuesto la dirección general de la compañía.

La empresa maneja un stock de equipos tanto en su planta de producción como en cada uno de los puntos de venta y una vez que el gerente comercial vende el equipo seguidamente se tiene que hacer la reposición de la unidad generando una nueva orden de producción y así mantener el stock. Esto se hace con la finalidad de que los clientes puedan acceder al producto de manera rápida, segura y con ello se gana cumplimiento a corto plazo cubriendo una necesidad en el mercado y logrando fidelidad hacia la marca que es Supernordico.

A pesar de que el sector de refrigeración tenga una alta demanda en diferentes industrias, en ocasiones, por errores en producción se tiene el riesgo de perder ventas, lo que causa pérdidas monetarias; por tanto, para que los procesos sean más eficientes la empresa debe mejorar los tiempos y costos de producción para aprovechar al máximo los recursos y disminuir los desperdicios.

Es importante para la universidad del Bosque que se realicen este tipo de proyectos ya que de esta forma estamos aplicando los conocimientos teóricos y las habilidades que se van obteniendo a lo largo del programa; en este caso se enfoca en el direccionamiento hacia la mejora continua de las empresas, por lo que se adquiere un compromiso de impacto positivo relacionado con los productos o servicios en cuanto calidad y rentabilidad, fortaleciendo los procesos productivos. Además, para los autores involucrados en el proyecto es un requisito de grado en la especialización de gerencia de producción y productividad donde a través de competencias se obtiene un conocimiento más profundo sobre sus áreas de estudio, destacando el sector con estrategias de mejora que aumenten la competitividad sostenible en las compañías.

4. Metodología

Con base a los objetivos planteados, se realiza la metodología que se utilizará para dar cumplimiento a cada uno junto con las herramientas que se utilizarán, en la Tabla 1 se evidencia la metodología propuesta.

Tabla 1. Metodología por objetivos

OBJETIVO	METODOLOGÍA	HERRAMIENTAS
Diagnóstico inicial de la línea de producción	Realizar un diagrama de flujo de procesos de la línea de producción.	Diagrama de flujo de procesos
	Identificar las causas de no calidad en los procesos de producción	Diagrama de Pareto y diagrama de Ishikawa
	Evaluar los flujos de tiempos y movimientos de los procesos directos de la línea de producción	Diagrama analítico de procesos
	Calcular la capacidad de producción de cada proceso por medio de horas hombre.	Análisis de capacidad de diseño, capacidad efectiva y capacidad real
	Mapear la cadena de valor actual del proceso	Mapa de flujo de valor VMS
Establecer propuestas de mejora dentro de la línea	Proponer alternativas de mejora que se ajusten al objetivo general propuesto	Mapa mental y matriz de priorización
Evaluación de costo – beneficio	Establecer los costos asociados a las mejoras, por medio de cotizaciones se establecerán los costos asociados a las actividades propuestas para el mejoramiento de los procesos de la línea de producción.	Plantilla de costo beneficios formulada
	Análisis económico de la propuesta, establecer el tiempo de recuperación de la inversión por parte de la compañía en caso de implementarse.	

Fuente: Elaboración propia con base en Fermat Comercial SA (2023).

5. Alcances y resultados

Con respecto al proyecto planteado, se espera alcanzar los siguientes resultados:

1. De acuerdo con las fuentes de consulta y análisis de la línea de producción de equipos de refrigeración, se recopiló la mayor cantidad de datos e información los cuales sirvieron de soporte para identificar el estado o diagnóstico actual de los procesos involucrados en la línea.
2. Se identificaron las oportunidades de mejora en la línea de producción de la planta, para que a través del uso de las herramientas de ingeniería se evalúen y ayuden a determinar la estrategia correcta para mejorar los procesos involucrados.
3. De acuerdo con las herramientas de gestión utilizadas, se evaluó el costo beneficio de cada propuesta para presentar a la compañía Fermat Comercial s.a. para su estudio y futura implementación.

6. Marco de referencia

Se realiza un análisis de casos de investigación donde se implementan herramientas de Lean Manufacturing en la mejora de los procesos de las compañías, esto sirve como referente en el proyecto de la empresa Fermat.

6.1. Antecedentes

De acuerdo con un artículo de investigación por Patel (2017), donde se describe a la implementación del modelo 5s como una herramienta de mejora continua, que ayuda a reducir desperdicios, aumentar la productividad de los procesos, organizar los puestos de trabajo y trabajar en un ambiente más limpio y organizado. El artículo hace un análisis investigativo de la implementación del modelo lean en una organización y cómo mediante las 5s se puede mejorar la productividad, reduciendo los tiempos de desplazamiento, búsqueda de herramientas y creando conciencia en los trabajadores. La investigación se lleva a cabo en una empresa de fabricación de productos eléctricos de la India, enfocado en los almacenes de la unidad de fabricación, donde se obtienen resultados de aumento de la productividad en cada proceso, entre un 75 % y un 101 %. Como resultado se estima que la implementación de esta herramienta lea aumentó significativamente la productividad mediante un ambiente óptimo de trabajo y espacios más optimizados.

En la tesis de investigación doctoral de Guzmán (2020), habla de la importancia de las QM en la mejora de la productividad en el sector agroindustrial y en general a las empresas, titulado: Fortalecimiento de la productividad mediante la gestión de calidad en el sector agroindustrial. Estudio de caso: empresas de la industria láctea colombiana, mediante el control de procesos, la gestión humana y la capacitación de los trabajadores. La implementación de un sistema de gestión ISO 9001 dentro de las organizaciones, ayuda a controlar los procesos disminuyendo las no conformidades y aumentando la productividad en cada proceso. Este caso es un referente en la implementación del proyecto a desarrollar en la empresa de estudio.

En la tesis de ingeniería industrial del autor Patel (2017), donde se estudia el método de *lean manufacturing* mediante la herramienta 5s para mejorar la productividad de la empresa

rectificadora Bastidas Robayo, mejorando la calidad, reduciendo los tiempos improductivos que no generan valor a los procesos y la reducción de los costos mediante una disciplina de organización y estandarización de los puestos de trabajo, además de la reducción de desperdicios de materia prima, todo esto se logra mediante la utilización de herramientas diagnósticas de ingeniería industrial que permiten identificar los cuellos de botella dentro del taller.

En su tesis, Espinoza (2018), mediante su estudio del trabajo en el proceso de producción de turrónes para incrementar la productividad de mano de obra en la empresa Panivilla s.a.c realizada en el año 2018, donde según su análisis inicial concluye que la empresa tiene falencias en términos de estandarización de procesos, desorden en puestos de trabajo, tiempos improductivos, inadecuada distribución de planta lo cual ocasionaba una baja productividad de la mano de obra, con su tesis logró implementar la mejora de métodos eliminando y agrupando operaciones del proceso de producción, la distribución de la planta y la implementación de indicadores de gestión. Lo cual logró una optimización de los recursos haciendo más con lo mismo, esto se traduce en un aumento de la producción, aumento en las ventas, mayores ingresos y un futuro crecimiento de la panificadora.

6.2. Marco teórico

En la realización del marco teórico se tendrán en cuenta todos los elementos teóricos y académicos que se han citado durante la estructuración del proyecto, se analizarán conceptos de mejora de procesos y los estudios e implementación en las distintas industrias, permitiendo identificar las causas en la disminución productiva de una compañía y generar ideas de mejora que logren cumplir con la realización de este proyecto.

Se han citado diferentes escritos dentro del documento, de autores que han publicado sus casos de estudio, permitiendo realizar este proyecto investigativo de los factores que afectan los procesos en una compañía, el trabajo investigativo se divide en tres partes: La primera comprende el análisis de productividad, la medición del trabajo y el estudio de tiempos.

Para este caso de estudio se tomará como referente la línea de producción de equipos verticales (vrs, vcs y vms). Se analizarán los tiempos y movimientos en cada uno de los procesos involucrados en la fabricación de dichos equipos, además se evaluará la posibilidad de estandarizar los equipos de estudio para disminuir los tiempos y los errores durante cada uno de los procesos de fabricación de las neveras.

6.2.1. Análisis de productividad

La productividad se identifica como una variable objetiva que determina el progreso competitivo de una organización y de la manera en cómo las organizaciones gestionan de manera eficiente sus recursos en pro de un objetivo, el talento humano junto con las herramientas tecnológicas es indispensable en las etapas productivas de una compañía. El factor humano debe estar capacitado en distintas disciplinas para el desempeño adecuado de sus funciones, en ocasiones es deber de las empresas capacitar al personal en algunos campos específicos para el desarrollo de sus procesos, y de esta manera puedan ser más competitivas en el mercado, Martinez (2020).

Hay distintas fórmulas que se emplean en la medición de la productividad, para este caso se utiliza la fórmula de productividad total del año 2022 y las variables que tuvo durante los doce meses de ese mismo año, ver Ecuación 1.

Ecuación 1. Indicador de productividad total

$$Productividad\ total = \frac{Total\ de\ productos}{Total\ de\ insumos}$$

Fuente: Recursos académicos EGPP Universidad El Bosque (2023).

6.2.2. Medición del trabajo

La medición del trabajo se basa en establecer tiempos que sirvan como modelo para la realización de trabajos, estos estándares se encuentran respaldados por los cuatro fundamentos según el estudio de Chase (2020), los cuales son los siguientes:

- Programar el trabajo y asignar la capacidad: En el cual se establece el tiempo que tarda un realizarse un trabajo específico.
- Establecer una base objetiva para motivar a la fuerza del trabajo y medir el desempeño de los trabajadores: Estos estándares medidos tienen sentido cuando se motiva a los trabajadores a entregar una cantidad determinada de producto o servicio en un tiempo determinado.
- Presentar cotizaciones para nuevos contratos y evaluar el desempeño de los existentes.
- Proporcionar puntos de referencia para las mejoras: Es necesario realizar una comparación de estudios en otras organizaciones que han aplicado mejoras similares a las que la organización quiere lograr.

6.2.3. Estudio de tiempos.

Según Hudson (2001), en su “Manual del ingeniero industrial” establece que el estudio de tiempos es una herramienta que permite medir el tiempo de un trabajador en una labor específica y determina que un trabajador que realiza un trabajo a un ritmo normal de desempeño hace una tarea conforme a un método especificado. Además, el estudio incluye el estudio de métodos y concluye que los expertos deben tomar los tiempos mientras se esté realizando la labor estudiada buscando oportunidades de mejora.

6.2.4. Técnicas de estudios de tiempo.

De acuerdo al artículo publicado por Rico M (2005), donde expone que para la toma de tiempos en los procesos solo se necesita un cronómetro, un tablero y una calculadora. Aunque se ha evidenciado que utilizando otras herramientas como cámaras de videos, programas computacionales y máquinas registradoras de tiempo suelen ser mucho más efectivas y se realiza el estudio conjuntamente.

6.2.5. Ciclos de estudios de tiempos.

Para Niebel (2009), el estudio de tiempos es importante determinar el número de ciclos que se deben establecer para dicha toma, estos ciclos se toman de una tabla propuesta por la *General Electric*. Los cuales se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Número recomendado de ciclos de la *General Electric*.

Tiempo de ciclo (minutos)	Número recomendado de ciclos
0,1	200
0,25	100
0,5	60
0,75	40
1	30
2	20
2,00 – 5,00	15
5,00 – 10,00	10
10,00 – 20,00	8
20,00 – 40,00	5
40,00 o más	3

Fuente: Elaboración propia con base a Niebel (2009)

Herramientas lean para la mejora de procesos

La mejora de procesos a través del Lean Manufacturing, es una metodología altamente efectiva para aumentar la eficiencia, eliminar desperdicios y mejorar la calidad en la producción. Originado en Toyota, el enfoque Lean se ha extendido a numerosas industrias y se ha convertido en una filosofía ampliamente adoptada para mejorar la productividad y reducir costos, Rajesh (2012).

El Lean Manufacturing se basa en el principio fundamental de eliminar cualquier actividad que no agregue valor al producto o servicio, enfocándose en satisfacer las necesidades del cliente de la manera más eficiente posible. A través de la identificación y eliminación de desperdicios, se

busca optimizar el flujo de trabajo y maximizar el valor agregado. Algunos de los principales principios y herramientas utilizadas en el Lean Manufacturing incluyen:

- **Identificación y eliminación de desperdicios:** El Lean Manufacturing identifica ocho tipos de desperdicios, conocidos como "Mudas": sobreproducción, tiempo de espera, transporte innecesario, procesamiento excesivo, inventario, movimiento innecesario, defectos y habilidades desaprovechadas. El objetivo es eliminar o reducir estos desperdicios en todas las etapas del proceso Scadia (2016).,
- **Valoración del flujo de valor:** El análisis del flujo de valor mapea todas las actividades requeridas para entregar un producto o servicio, desde el inicio hasta el cliente final. Se identifican los cuellos de botella y las áreas de mejora para optimizar el flujo y eliminar las actividades que no agregan valor, Scadia (2016).
- **Producción Justo a Tiempo (JIT):** El JIT busca eliminar el inventario y producir los productos o servicios justo cuando se necesitan. Esto reduce los costos de almacenamiento y minimiza el desperdicio de recursos, González (2007).
- **Mejora continua:** El Lean Manufacturing fomenta un enfoque de mejora continua en todos los niveles de la organización. A través de metodologías como el ciclo PDCA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar), se implementan cambios graduales y se realizan ajustes constantes para mejorar los procesos de manera sostenida, Scadia (2016).

Los beneficios de implementar el Lean Manufacturing incluyen:

- **Reducción de costos:** Al eliminar desperdicios y optimizar los procesos, se reducen los costos de producción y se mejora la eficiencia operativa.
- **Mejora de la calidad:** Al eliminar actividades que no agregan valor y enfocarse en la calidad, se reducen los defectos y se mejora la satisfacción del cliente.
- **Aumento de la productividad:** Al eliminar cuellos de botella y mejorar el flujo de trabajo, se aumenta la capacidad de producción y se reducen los tiempos de entrega.
- **Mayor flexibilidad y capacidad de respuesta:** Al reducir el inventario y producir justo a tiempo, las empresas se vuelven más ágiles y pueden adaptarse rápidamente a las demandas del mercado.

6.2.6. Distribución en planta

La distribución en planta es un proceso estratégico que busca organizar de manera eficiente los elementos físicos dentro de una instalación, ya sea una fábrica, un almacén o cualquier otro tipo de espacio de trabajo. El objetivo principal es maximizar la eficiencia operativa, mejorando el flujo de materiales, minimizando los tiempos de producción y optimizando el uso del espacio disponible. En este ensayo, exploraremos la importancia de una distribución en planta adecuada y cómo puede contribuir al éxito de una organización, García (2020).

Optimización del flujo de materiales: Una distribución en planta bien planificada tiene un impacto significativo en el flujo de materiales y la logística interna. Al diseñar rutas claras y eficientes para el movimiento de materiales y productos, se reduce la distancia recorrida, los tiempos de transporte y los cuellos de botella. Esto se traduce en una mejora de la productividad y una reducción de los costos de producción, García (2020).

Reducción de los tiempos de producción: Una distribución en planta óptima tiene como objetivo minimizar los tiempos de producción. Al colocar los equipos, las estaciones de trabajo y los materiales de manera estratégica, se evitan retrasos y esperas innecesarias. Además, se pueden implementar técnicas como el flujo continuo, el Justo a Tiempo (JIT) y la producción en celdas de fabricación para agilizar los procesos y eliminar desperdicios, García (2020).

Aprovechamiento eficiente del espacio: La distribución en planta también se centra en utilizar el espacio disponible de manera eficiente. Al optimizar la disposición de las áreas de trabajo, se pueden maximizar los espacios de almacenamiento, reducir los movimientos innecesarios y garantizar una buena circulación de personal y equipos. Esto ayuda a evitar la congestión y mejora la seguridad en el lugar de trabajo, García (2020).

Mejora de la comunicación y la colaboración: Una distribución en planta adecuada puede fomentar la comunicación y la colaboración entre los miembros del equipo. Al agrupar a los empleados que trabajan en tareas relacionadas y al proporcionar áreas comunes de encuentro, se facilita la interacción y se promueve un entorno de trabajo colaborativo. Esto puede resultar en una mayor eficiencia y una mejor resolución de problemas, García (2020).

Flexibilidad y adaptabilidad: Una distribución en planta bien diseñada tiene en cuenta la flexibilidad y la adaptabilidad. Las organizaciones deben ser capaces de responder rápidamente a los cambios en la demanda del mercado, introducir nuevos productos o ajustar los procesos existentes. Una distribución en planta flexible permite realizar cambios de manera más ágil y minimiza los impactos en la operación diaria, García (2020).

6.2.7. Las 5s

En un entorno empresarial altamente competitivo, la eficiencia y la calidad son clave para el éxito de cualquier organización. Las 5S, un sistema de gestión originado en Japón, se han convertido en una poderosa herramienta para mejorar la productividad, reducir los desperdicios y promover un ambiente de trabajo ordenado y seguro. A continuación, exploraremos los principios y beneficios de las 5S y cómo pueden transformar el lugar de trabajo en un entorno eficiente y de calidad Patel (2017).

Seiri (Clasificación): La primera S, Seiri, se trata de clasificar y eliminar lo innecesario en el lugar de trabajo. Consiste en identificar y retirar cualquier elemento, equipo o documento que no sea esencial para las operaciones diarias. Al reducir el desorden y liberar espacio, se mejora la eficiencia al reducir los tiempos de búsqueda y minimizar las distracciones, Patel (2017).

Seiton (Orden): La segunda S, Seiton, se enfoca en organizar los elementos esenciales en el lugar de trabajo. Implica asignar un lugar específico para cada objeto y mantenerlo en su ubicación designada. Al tener una disposición ordenada, se facilita el acceso rápido a los materiales necesarios, se reducen los tiempos de preparación y se minimizan los errores causados por la confusión, Patel (2017).

Seiso (Limpieza): La tercera S, Seiso, se trata de mantener un ambiente limpio y ordenado. Consiste en realizar limpiezas regulares y mantener la higiene en todas las áreas de trabajo. Al

tener un entorno limpio, se mejora la seguridad, se previenen accidentes y se crea un ambiente agradable que promueve la motivación y el bienestar de los empleados, Patel (2017).

Seiketsu (Estandarización): La cuarta S, Seiketsu, se enfoca en establecer estándares y procedimientos claros para mantener los niveles alcanzados mediante las tres primeras S. Se busca crear un sistema para mantener la clasificación, el orden y la limpieza en el tiempo. Al tener estándares establecidos, se facilita el seguimiento, la evaluación y la mejora continua de las prácticas, Patel (2017).

Shitsuke (Disciplina): La quinta S, Shitsuke, se trata de mantener la disciplina y el compromiso con las 5S en el lugar de trabajo. Consiste en cultivar hábitos y actitudes que promuevan el cumplimiento de las S anteriores. Al convertir las 5S en una rutina diaria, se crea una cultura organizacional que valora la eficiencia, la calidad y la mejora continua, Patel (2017).

6.2.8. KPI's

Los KPI's (Indicadores Clave de Desempeño, por sus siglas en inglés) son herramientas fundamentales en la gestión empresarial. Estos indicadores son utilizados para medir y evaluar el rendimiento de una organización, departamento o proceso específico en relación con los objetivos establecidos. En este ensayo, discutiremos la importancia de los KPI's en la toma de decisiones estratégicas y en el logro de resultados empresariales Buitrago (2015).

Medición del progreso y el desempeño: Los KPI's proporcionan una manera objetiva y cuantificable de medir el progreso y el desempeño de una organización. Permiten monitorear el avance hacia los objetivos establecidos y evaluar si se están alcanzando los resultados esperados. Esto brinda a los gerentes y ejecutivos una visión clara y precisa de la situación actual y les permite tomar decisiones informadas para corregir desviaciones o implementar estrategias correctivas, Buitrago (2015).

Enfoque en los resultados clave: Los KPI's ayudan a identificar y priorizar los resultados clave que son críticos para el éxito de la organización. Al establecer indicadores específicos y medibles, se enfoca la atención en las áreas más importantes y se evita dispersarse en aspectos menos relevantes. Esto permite una asignación eficiente de recursos y esfuerzos para lograr los resultados deseados, Buitrago (2015).

Mejora continua: Los KPI's son una herramienta fundamental en el proceso de mejora continua. Al establecer metas y medir los resultados, se identifican áreas de mejora y se promueve un enfoque constante en la eficiencia y la calidad. Los KPI's proporcionan retroalimentación en tiempo real y permiten realizar ajustes y cambios necesarios para optimizar el desempeño y maximizar los resultados, Buitrago (2015).

Comunicación y alineación: Los KPI's son una forma efectiva de comunicar los objetivos y las expectativas a todos los niveles de la organización. Al establecer indicadores claros y comprensibles, se alinea a todo el personal hacia un propósito común y se fomenta una cultura organizacional orientada a los resultados. Además, los KPI's facilitan la comunicación entre los diferentes departamentos y equipos, promoviendo la colaboración y la coordinación en la búsqueda de los objetivos estratégicos, Buitrago (2015).

Toma de decisiones basada en datos: Los KPI's proporcionan datos objetivos y cuantitativos que respaldan la toma de decisiones informadas. Al tener métricas concretas sobre el desempeño de la organización, se reduce la incertidumbre y se minimizan los riesgos asociados con decisiones basadas en suposiciones o intuiciones. Los KPI's permiten evaluar la eficacia de

las estrategias y acciones implementadas y ajustarlas en función de los resultados obtenidos, Buitrago (2015).

6.2.9. Administración de operaciones

El libro "principios de administración de Operaciones" de Jay Heizer es un texto ampliamente utilizado en el campo de la gestión y la administración de operaciones. Ofrece una visión integral de cómo las organizaciones diseñan, operan y mejoran sus procesos de producción y operaciones. El libro cubre temas clave, como pronósticos, diseño de instalaciones, gestión de inventarios, programación de la producción y calidad, entre otros. Heizer enfatiza la importancia de la eficiencia y la efectividad en la gestión de operaciones y proporciona numerosos ejemplos y casos prácticos para ilustrar conceptos fundamentales. Esta obra es una herramienta valiosa para estudiantes y profesionales que buscan comprender y aplicar principios de gestión de operaciones en el mundo empresarial, (Heizer (2009).

7. Diagnóstico de la línea de producción

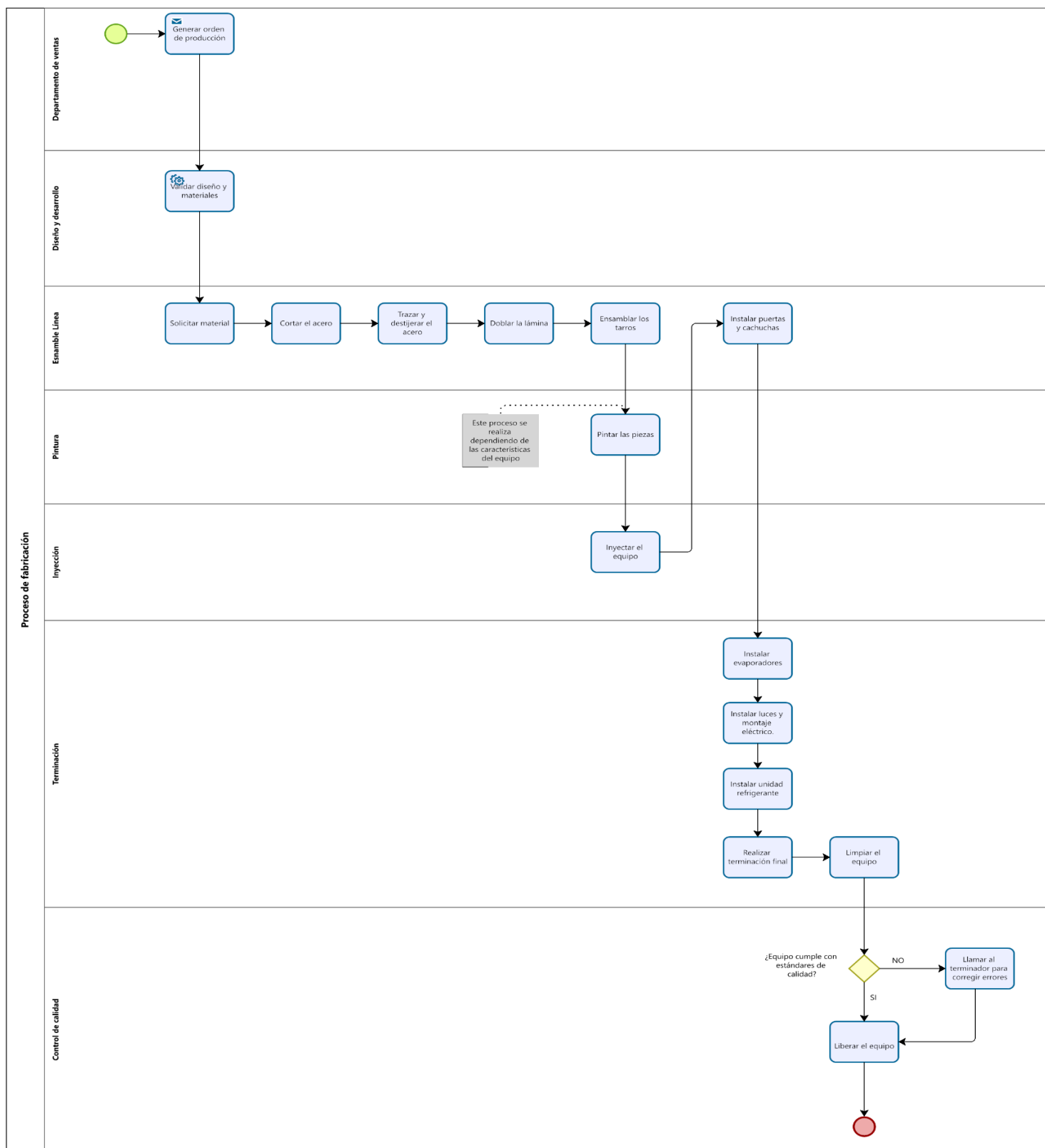
De acuerdo con la metodología por objetivos planteada anteriormente, se realiza el diagnóstico actual de la línea, identificando las causas de las salidas no conformes durante la fabricación de los equipos.

Diagrama de procesos de la línea de fabricación

Cuando el cliente solicita un equipo, el área de ventas junto con el área de diseño y desarrollo se encargan de generar la orden de producción, de acuerdo con las especificaciones del comprador, posteriormente se pasa a la línea para la solicitud de materiales.

Los procesos directos de la línea de fabricación son trazo, doblado, ensamble y terminación. Sin embargo, también se suman otras secciones que intervienen en los acabados finales del equipo y que son importantes para que salga en óptimas condiciones; tal es el caso de las áreas de pintura, inyección, evaporadores, eléctricos, técnicos refrigerantes y limpieza. Cuando el equipo se encuentra terminado, se pasa por inspección de calidad para posteriormente ser liberado. En la Figura 7 se detalla el diagrama de flujo de procesos dentro de la línea de fabricación de equipos.

Figura 7. Diagrama de flujo del proceso de fabricación de equipos refrigerantes en la línea

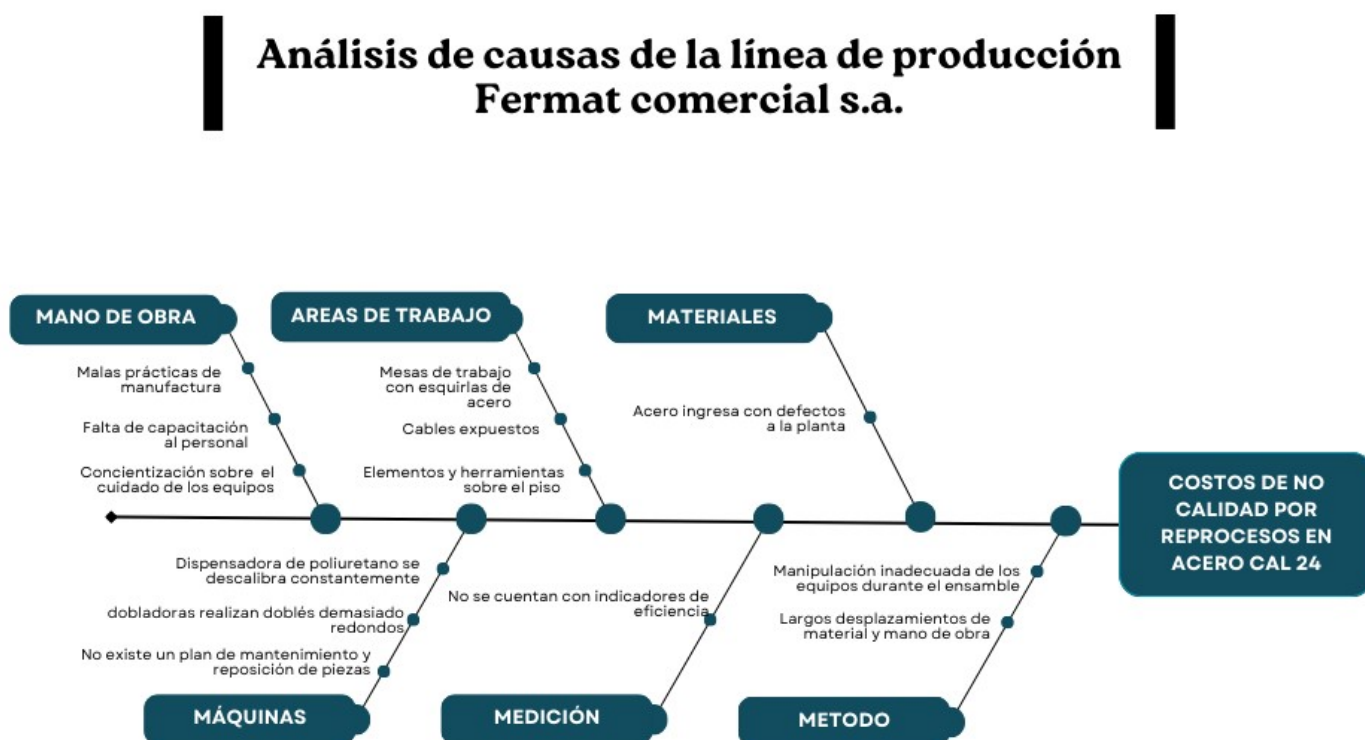


Fuente: Elaboración propia con base en Fermat Comercial SA (2023).

Análisis de causa

Mediante un diagrama de Ishikawa se logra identificar las causas principales de los costos de no calidad por reprocesos en el acero cal 24 que afectan el proceso de producción de la línea de fabricación de la planta Fermat Comercial s.a. como se evidencia en la Figura 8.

Figura 8. Análisis de causas de costos de no calidad de la línea de producción de Fermat Comercial s.a.



Fuente: Elaboración propia con base en Fermat Comercial SA (2023).

Con base en el diagrama se identifican las causas más frecuentes de salidas no conformes dentro de la línea de producción, el cual genera costos de no calidad.

Materiales

De acuerdo al análisis del área de control de calidad de la empresa, una de las causas de reprocesos es el ingreso de los rollos de acero defectuoso al área de corte, en muchas ocasiones los defectos no son visibles debido a la película protectora que traen los rollos y solo se evidencian

cuando pasan a limpieza, también ingresan rollos con rayones y golpes por la manipulación en el transporte.

Áreas de trabajo

De acuerdo con el análisis visual dentro de la planta, se evidencia que no existe un orden en los puestos de trabajo; además, se ha evidenciado de manera frecuente, herramientas sobre el piso, cables expuestos, desorden por material que no es utilizable, mesas de trabajo con esquirlas de acero que ocasionan rayones en las láminas de acero y posteriormente reproceso de material.

Mano de obra

Debido a que los procesos de la planta no se encuentran automatizados, la participación del personal operativo es fundamental en la fabricación de los equipos de refrigeración. De acuerdo con los informes trimestrales del área de calidad presentados a gerencia, se evidencia que las fallas humanas representan entre un 80% y 90% de las salidas no conformes dentro del proceso de producción, como se evidencia en la Figura 9. Esto se debe a malas prácticas y procedimientos por parte del personal. Se ha evidenciado herramientas como taladros, martillos y prensas mal ubicados sobre los equipos generando caídas y ocasionando daños al acero, además algunos colaboradores tienden a tener exceso de confianza desde su experiencia lo que no les permite visualizar errores en sus procesos.

Figura 9. Análisis de causas de SNC



Fuente: Elaboración propia con base en Fermat Comercial SA (2023).

Medición

No se cuenta con indicadores de eficiencia en los procesos productivos involucrados en la planta de producción de Fermat Comercial s.a.

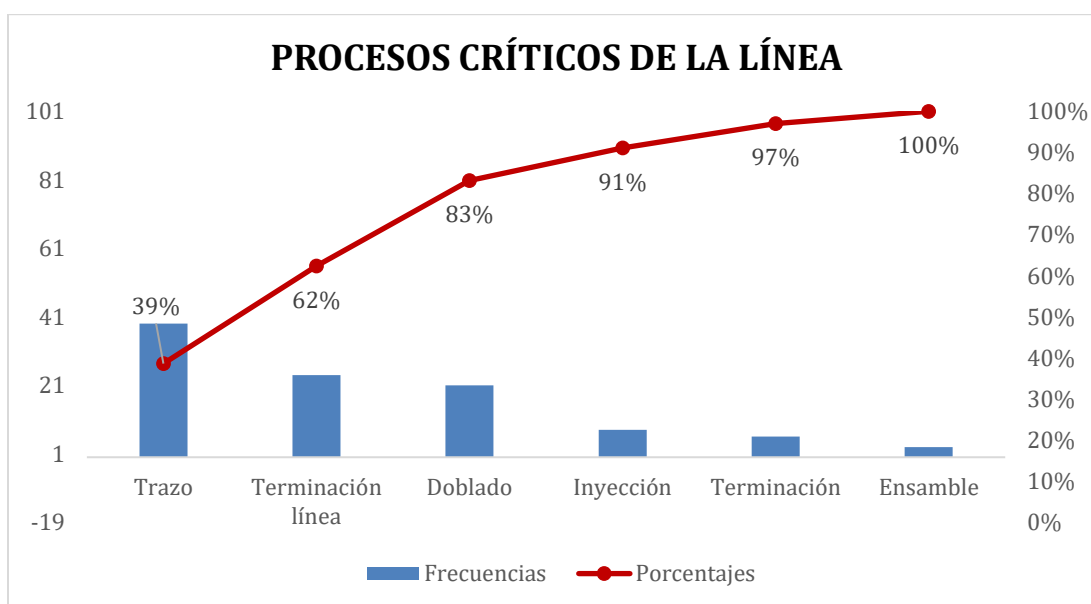
Máquina

Se ha evidenciado que algunas máquinas como las dobladoras, no se les cambian continuamente las piezas, esto genera que las muelas de las dobladoras queden abiertas y el doblez quede redondo o marquen las láminas de acero durante el proceso de doblado. En el caso del proceso de inyección la máquina de inyectado no cuenta con un cronograma de calibración, causando que la mezcla del componente sea desproporcionada y esto ocasiona que al expandirse el poliuretano tiende a deformar el equipo por exceso de componente.

7.1. Porcentaje de responsabilidad de la línea

De acuerdo con los datos estadísticos de los registros de SNC del año 2022, durante este periodo de tiempo se generaron 214 reportes de salidas no conformes de los cuales la línea representó un 47,7% del total general, mediante un Pareto se determinó que la línea junto a los procesos de terminación generó en conjunto el 80% de los reprocesos. Como se evidenció en la Figura 4. Mediante otro diagrama de Pareto se logró identificar los procesos que generaron mayores reprocesos durante el año 2022. Identificando la sección de trazo, terminación y doblado como los responsables del 80% de los reprocesos, ver Figura 10.

Figura 10. Procesos críticos de la línea de producción



Fuente: Elaboración propia con base en Fermat Comercial SA (2023)

7.2. Descripción actual de la línea de producción

Para este caso, se realizó un estudio de tiempos y movimientos registrados en un diagrama analítico de procesos, para identificar los recorridos y las demoras dentro de la línea de fabricación, también se tomaron en cuenta la capacidad que tiene cada proceso para la fabricación de equipos de refrigeración tomando como base la fabricación de un equipo de congelación de 22 pies, esto con el fin de lograr un estándar de los tiempos de entrega. Para el análisis de capacidad se tiene en cuenta el tiempo programado con los suplementos durante la jornada laboral diaria para determinar la capacidad efectiva, como se evidencia en la Tabla 3.

Tabla 3. Análisis de suplemento para capacidad de trabajo

Análisis de suplemento	
Ítem	Tiempo/horas
Receso	0,25
Almuerzo	0,5
Tiempo ocioso	0,5
Horas programadas/día	8
Horas trabajadas	6,75
Capacidad de trabajo	84%
Suplemento	16%

Fuente: Elaboración propia con base en Fermat Comercial SA (2023)

Sección Trazo

La sección de trazo tiene un total de 23 subprocesos y demora realizando sus actividades alrededor de 300 min entre trazar la lámina y destijerar las piezas. Además, los operarios del área tienen desplazamientos largos entre procesos de 175 m dentro de la planta, ver Figura 12. También es el área más crítica de la línea, ya que durante el año 2022 representó el 38,6% del total de reprocesos.

Figura 11. Sección trazo



Fuente: Elaboración propia con base en Fermat Comercial SA (2023)

Figura 12. Cursograma analítico proceso de trazo

cursograma analítico del proceso de producción de equipos de refrigeración verticales									
Diagrama Num: 1	Hoja 1 de 1		Operario	x	Materiales		Máquina		
Proceso: Línea de producción		Resumen							
Fecha:		Actividad		Actual	Propuesta	Economía			
Actividad:		Operación	○	18					
Método: Actual x Propuesto		Transporte	⇒	5					
Producto: Vertical VCS 22 pies		Inspección	□	0					
Nombre del operario(s):		Espera	D	0					
		Almacenamiento	▽	0					
		Distancia (m)		175					
		Tiempo (min-hombre)		300					
Elaborado por: Henry Orlando Pérez		Total de actividades realizadas		23					
Sección(s):	Trazo y destijere								
Descripción	Cantidad	Tiempo (min)	Distancia (metros)	Símbolo					Observaciones
				○	⇒	□	D	▽	
Diligenciar la hoja de corte para solicitar el acero necesario para el equipo	1	20		●					
Llevar la hoja de corte diligenciada a la sección de corte	1	5	70		●				
Recoger e inspeccionar la lámina a la sección de corte	1	35	70			●			
Trazar y destijear testero externo	1	16		●					8 trazos por testero
Trazar y destijear el complemento externo	1	5		●					5 trazos
Trazar y destijear horizontales	1	10		●					5 trazos por testero
Trazar y destijear laterales de cachucha	1	15		●					9 trazos por lateral
Trazar y destijear frente cachucha	1	15		●					9 trazos
Trazar y destijear complemento de la cachucha	1	15		●					7 trazos
Trazar y destijear puerta	1	8		●					9 trazos
Trazar y destijear bocales de la puerta	1	10		●					5 trazos
Pasar cachucha a la sección de punzonado para las perforaciones del acero	1	4	10		●				
Trazar y destijear testeros internos	1	15		●					9 trazos por testero
Trazar y destijear piso y techo	1	16		●					5 trazos cada uno
Pasar lámina para forro 1 a la sección de punzonado para perforaciones	1	5	10		●				
Trazar y destijear forro 1	1	5		●					6 trazos
Trazar y destijear forro 2	1	10		●					12 trazos
Trazar y destijear forro 3	1	5		●					5 trazos
Trazar y destijear tapatubo	1	5		●					8 trazos
Trazar y destijear contrapuerta	1	18		●					12 trazos
Marcar parrillas y llevarlas a punzonado	1	8	15		●				
Trazar y destijear parrillas	1	40		●					12 trazos por parrilla
Trazar y destijear los refuerzos para las parrillas	1	15		●					4 trazos
Total:	23	300	175						

Fuente: Elaboración propia con base en Fermat Comercial SA (2023).

Capacidad de diseño

Con base a la Figura 12, se calcula la capacidad de diseño del proceso de trazo, teniendo en cuenta que la capacidad es al 100 por ciento y sin tener en cuenta los suplementos durante la jornada laboral.

Ecuación 2. Capacidad de diseño sección de trazo

$$\text{Capacidad de diseño} = \frac{\text{Tiempo disponible} \times \text{mes}}{\text{Tiempo de fabricación} / \text{unidad}}$$

$$\text{Capacidad de diseño} = \frac{\frac{25 \text{ días}}{\text{mes}} \times \frac{1 \text{ turno}}{\text{día}} \times \frac{8 \text{ horas}}{\text{turno}}}{5 \text{ horas} / \text{unidad}}$$

$$\text{Capacidad de diseño} = \frac{200 \text{ horas/mes}}{5 \text{ horas} / \text{unidad}}$$

$$\text{Capacidad de diseño} \times \text{mes} = 40 \text{ equipos por trazador}$$

Capacidad efectiva

Para la capacidad efectiva se determina un porcentaje del 16% de suplemento, como se evidencia en la Tabla 3, es decir reduciendo la capacidad al 84% del tiempo total de trabajo.

Ecuación 3. Capacidad efectiva sección trazo

$$\text{Capacidad efectiva} = \text{Capacidad de diseño} \times 0,84$$

$$\text{Capacidad efectiva} = 40 \times 0,84$$

$$\text{Capacidad efectiva} \times \text{mes} = 34 \text{ equipos por trazador}$$

Capacidad Real

Para la capacidad real se determina un porcentaje adicional de merma relacionados a los retrasos por reprocesos, para este caso se utiliza el tiempo promedio de trazo con base a la Tabla 3, con una media de 12 minutos lo que reduce la capacidad al 82%.

Ecuación 4. Capacidad real sección trazo

$$\text{Capacidad real} = \text{Capacidad efectiva} \times 0,82$$

$$\text{Capacidad real} = 34 \times 0,82$$

$$\text{Capacidad real} \times \text{mes} = 28 \text{ equipos por trazador}$$

$$\text{Utilización} = \frac{\text{Producción real}}{\text{Capacidad de diseño}} = \frac{28}{40} = 0.70$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Producción real}}{\text{Capacidad efectiva}} = \frac{28}{34} = 0.82$$

De acuerdo al análisis de capacidad basado en los principios de administración de operaciones de Heizer (2009). La eficiencia del proceso de trazo es del 82%.

Doblado

Después de que los tramos son trazados y destijados, se pasa a la sección de doblado para que realice el proceso de doblar las piezas acordes al diseño de la nevera, esta área cuenta con 19 subprocesos, tarda un tiempo estimado de 95,5 min en doblar las piezas del equipo y recorre alrededor de 45 m durante la ejecución de las actividades, ver Figura 14. Este proceso representó el 20,6 % de reprocesos de la línea del año 2022.

Figura 13. Sección de doblado



Fuente: Elaboración propia con base en Fermat Comercial SA (2023).

Figura 14. Cursograma proceso de doblado.

cursograma analítico del proceso de producción de equipos de refrigeración verticales									
Diagrama Num: 1	Hoja 1 de 1	Operario	x	Materiales		Máquina			
Proceso: Línea de producción		Resumen							
Fecha:		Actividad		Actual	Propuesta	Economía			
Actividad:		Operación	○	17					
Método: Actual x. Propuesto		Transporte	→	2					
		Inspección	□	0					
Producto: Vertical VCS 22 pies		Espera	D	0					
Nombre del operario(s):		Almacenamiento	▽	0					
		Distancia (m)		45					
		Tiempo (min-hombre)		95,5					
Elaborado por: Henry Orlando Pérez		Total de actividades realizadas		19					
Sección(s):		Doblado de lámina							
Descripción	Cantidad	Tiempo (min)	Distancia (metros)	Símbolo					Observaciones
Doblar testeros externos	1	5		●					
Doblar complemento externo	1	1		●					
Doblar horizontales	1	3		●					
Doblar laterales cachucha	1	5		●					
Realizar el primer doblés a la cachucha	1	1,5		●					
Desplazar la cachucha hacia la dobladora semiautomática para cerrar las pestañas	1	4	30	●					
Realizar el segundo doblés a la cachucha	1	1		●					
Realizar el primer doblés al complemento de la cachucha	1	1		●					
Realizar segundo doblés al complemento de la cachucha	1	1		●					
Doblar la puerta	1	5		●					
Doblar los bocetes de la puerta	1	1		●					
Preparar los bocetes de la puerta	1	1		●					
Doblar los testeros internos	1	6		●					
Doblar el piso y el techo	1	5		●					
Doblar los forros 1, 2 y 3	1	5		●					
Doblar y realizar espichado al tapatubo	1	8	15	●					
Doblar contrapuerta	1	7		●					
Doblar parillas	1	25		●					
Doblar los refuerzos de las parillas	1	10		●					
Total:	19	95,5	45						

Fuente: Elaboración propia con base en Fermat Comercial SA (2023).

Capacidad de diseño

Ecuación 5. Capacidad de diseño sección de doblado

$$\text{Capacidad de diseño} = \frac{\text{Tiempo disponible} \times \text{mes}}{\text{Tiempo de fabricación} / \text{unidad}}$$

$$\text{Capacidad de diseño} = \frac{\frac{25 \text{ días}}{\text{mes}} \times \frac{1 \text{ turno}}{\text{día}} \times \frac{8 \text{ horas}}{\text{turno}}}{1,6 \text{ horas} / \text{unidad}}$$

$$\text{Capacidad de diseño} = \frac{200 \text{ horas/mes}}{1,6 \text{ horas} / \text{unidad}}$$

$$\text{Capacidad de diseño} \times \text{mes} = 125 \text{ equipos por operario}$$

Capacidad efectiva

Ecuación 6. Capacidad efectiva sección de doblado

$$\text{Capacidad efectiva} = \text{Capacidad de diseño} \times 0,84$$

$$\text{Capacidad efectiva} = 125 \times 0,84$$

$$\text{Capacidad efectiva} \times \text{mes} = 105 \text{ equipos por operario}$$

Capacidad Real

La capacidad real se determina con base al tiempo promedio que genera reprocesar un equipo en el área, el cual es de 5 minutos es decir una capacidad del 83%.

Ecuación 7. Capacidad real sección de doblado

$$\text{Capacidad real} = \text{Capacidad efectiva} \times 0,83$$

$$\text{Capacidad real} = 106 \times 0,83$$

$$\text{Capacidad real} \times \text{mes} = 88 \text{ equipos por operario}$$

$$Utilización = \frac{Producción\ real}{Capacidad\ de\ diseño} = \frac{88}{125} = 0.70$$

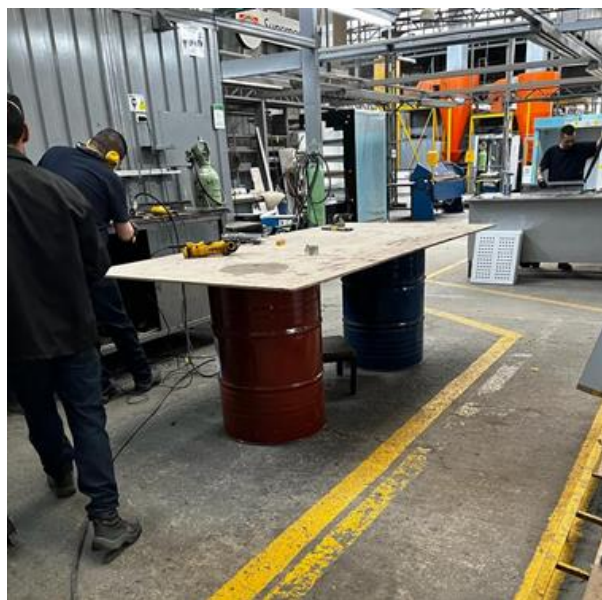
$$Eficiencia = \frac{Producción\ real}{Capacidad\ efectiva} = \frac{88}{105} = 0.83$$

De acuerdo al análisis de capacidad basado en los principios de administración de operaciones de Heizer (2009). La eficiencia del proceso de doblado es del 83%.

Ensamble

Las piezas que se liberan del área de doblado se pasan a ensamble para que el soldador arme los tarros internos y externos, este proceso de ensamble cuenta con 23 subprocesos y tarda 437 min y el total de desplazamientos es de 97 metros, ya que el operario debe ir hacia el sitio donde se encuentran almacenados los ángulos para posteriormente cortarlos en la cizalla y armar las bases, ver Figura 16. El proceso tuvo una proporción del 2,9% del total de reprocesos de la línea en el año 2022.

Figura 15. Sección de ensamble



Fuente: Elaboración propia con base en Fermat Comercial SA (2023).

Figura 16. Cursograma proceso de ensamble

cursograma analítico del proceso de producción de equipos de refrigeración verticales										
Diagrama Num: 1		Hoja 1 de 1		Operario		x	Materiales		Máquina	
Proceso: Línea de producción				Resumen						
Fecha:				Actividad			Actual	Propuesta	Economía	
Actividad:				Operación		○	14			
Método: Actual x_ Propuesto				Transporte		→	5			
Producto: Vertical VCS 22 pies				Inspección		□	3			
Nombre del operario(s):				Espera		D	1			
				Almacenamiento		▽	0			
				Distancia (m)			97			
				Tiempo (min-hombre)			437			
Elaborado por: Henry Orlando Pérez				Total de actividades realizadas			23			
Sección(s):		Ensamble								
Descripción		Cantidad	Tiempo (min)	Distancia (metros)	Símbolo					Observaciones
					○	→	□	D	▽	
solicitud de ángulo para la base al almacén		1	40	30						
Verificar medidas según plano		1	20							
soldar los angulos y amarr la base		1	30							
Instalar la base con los testers y horizontales		1	30							
Solicitar ruedas a trazador		1	5	12						
Instalar las ruedas en la base		1	10							
Soldar la base a la nevera		1	10							Punto cordón parte posterior y frente
Girar el equipo para instalar tapapiso		1	10							
Inspeccionar diagonales de frente		1	2							
Entregar equipo al ensamblador		1	5	15						La distancia varía de acuerdo al ensamblador o fabricante
Limpieza y lijado de los tarros internos y externos		1	30							Lija y thiner
Encintar el tarro intemo		1	10							
Cortar madera para las bisagras de las puertas		1	20	20						
Medir y cortar separador térmico		1	20							
Instalar resistencia del marco		1	40							
Encintar el tarro intemo		1	10							
Aplicar sikaflex alrededor de la soldadura en la parte del piso		1	15							
Cortar madera para la altura del piso en inyección		1	20							
Secado de la sikaflex		1	20							
Introducir tarro intemo		1	20							
Instalar separador		1	40							
Verificar medida de diagonales y encintar		1	20							
Llevar equipo armado al área de inyección.		1	10	20						
Total:		23	437	97						

Fuente: Elaboración propia con base en Fermat Comercial SA (2023).

Capacidad de diseño

Ecuación 8. Capacidad de diseño sección de ensamble.

$$\text{Capacidad de diseño} = \frac{\text{Tiempo disponible} \times \text{mes}}{\text{Tiempo de fabricación} / \text{unidad.}}$$

$$\text{Capacidad de diseño} = \frac{\frac{25 \text{ días}}{\text{mes}} \times \frac{1 \text{ turno}}{\text{día}} \times \frac{8 \text{ horas}}{\text{turno}}}{7,2 \text{ horas} / \text{unidad}}$$

$$\text{Capacidad de diseño} = \frac{200 \text{ horas/mes}}{7,2 \text{ horas} / \text{unidad}}$$

$$\text{Capacidad de diseño} \times \text{mes} = 27 \text{ equipos por operario}$$

Capacidad efectiva

Ecuación 9. Capacidad efectiva sección de ensamble

$$\text{Capacidad efectiva} = \text{Capacidad de diseño} \times 0,84$$

$$\text{Capacidad efectiva} = 27 \times 0,84$$

$$\text{Capacidad efectiva} \times \text{mes} = 23 \text{ equipos por operario}$$

Capacidad Real

La capacidad real se determina con base al tiempo promedio que genera reprocesar un equipo en el área, el cual es de 19 minutos por lo tanto reduce la capacidad al 81%.

Ecuación 10. Capacidad real sección de ensamble

$$\text{Capacidad real} = \text{Capacidad efectiva} \times 0,81$$

$$\text{Capacidad real} = 23 \times 0,81$$

$$\text{Capacidad real} \times \text{mes} = 19 \text{ equipos por operario}$$

$$Utilización = \frac{Producción\ real}{Capacidad\ de\ diseño} = \frac{19}{27} = 0.70$$

$$Eficiencia = \frac{Producción\ real}{Capacidad\ efectiva} = \frac{19}{23} = 0.82$$

De acuerdo al análisis de capacidad basado en los principios de administración de operaciones de Heizer (2009). La eficiencia del proceso de ensamble es del 82%.

Terminación línea

Cuando el equipo se arma e inyecta se devuelve nuevamente a la línea de fabricación y el terminador que está armando la nevera realiza el montaje de las cachuchas y puertas. Posteriormente se pasa el equipo a terminación para el montaje eléctrico y la unidad de refrigeración. El tiempo que tarda un operario en realizar este proceso para una nevera vertical de 22 pies es de 135 min y un recorrido de 64 metros, ver Figura 18. En total tiene 7 subprocesos y de acuerdo a la estadística del año 2022 el proceso representó el 23,5% de los reprocesos de la línea.

Figura 17. Sección terminación línea



Fuente: Elaboración propia con base en Fermat Comercial SA (2023).

Figura 18. Cursograma terminación línea

cursograma analítico del proceso de producción de equipos de refrigeración verticales										
Diagrama Num: 1		Hoja 1 de 1		Operario		x	Materiales		Máquina	
Proceso: Línea de producción				Resumen						
Fecha:		Actividad			Actual	Propuesta	Economía			
		Operación		○	3					
Actividad:		Transporte		⇒	3					
Método: Actual <u>x</u> Propuesto		Inspección		□	1					
Producto: Vertical VCS 22 pies		Espera		D	0					
Nombre del operario(s):		Almacenamiento		▽	0					
		Distancia (m)			64					
		Tiempo (min-hombre)			135					
Elaborado por: Henry Orlando Pérez		Total de actividades realizadas			7					
Sección(s):		Terminación								
Descripción		Cantidad	Tiempo (min)	Distancia (metros)	Símbolo					Observaciones
					○	⇒	□	D	▽	
Buscar complemento cachucha en pintura		1	5	40						
Montaje de puerta		1	45							
Montar cachucha y laterales cachucha		1	30							
Verificar estado del equipo		1	5							
Transportar el equipo para instalar evaporador		1	5	15						
Instalación de forros internos y motor ventilador		1	40							
Transportar el equipo para instalar montaje eléctrico		1	5	9						
Total:		7	135	64						

Fuente: Elaboración propia con base en Fermat Comercial SA (2023).

Capacidad de diseño

Ecuación 11. Capacidad de diseño sección de terminación línea

$$\text{Capacidad de diseño} = \frac{\text{Tiempo disponible} \times \text{mes}}{\text{Tiempo de fabricación} / \text{unid.}}$$

$$\text{Capacidad de diseño} = \frac{\frac{25 \text{ días}}{\text{mes}} \times \frac{1 \text{ turno}}{\text{día}} \times \frac{8 \text{ horas}}{\text{turno}}}{2,2 \text{ horas} / \text{unidad}}$$

$$\text{Capacidad de diseño} = \frac{200 \text{ horas/mes}}{2,2 \text{ horas} / \text{unidad}}$$

$$\text{Capacidad de diseño} \times \text{mes} = 91 \text{ equipos por operario}$$

Capacidad efectiva

Ecuación 12. Capacidad efectiva sección de terminación línea

$$\text{Capacidad efectiva} = \text{Capacidad de diseño} \times 0,84$$

$$\text{Capacidad efectiva} = 91 \times 0,84$$

$$\text{Capacidad efectiva} \times \text{mes} = 77 \text{ equipos por operario}$$

Capacidad Real

La capacidad real se determina con base al tiempo promedio que genera reprocesar un equipo en el área, el cual es de 19.3 minutos por lo tanto reduce la capacidad al 80%.

Ecuación 13. Capacidad real sección de terminación línea

$$\text{Capacidad real} = \text{Capacidad efectiva} \times 0,80$$

$$\text{Capacidad real} = 77 \times 0,80$$

$$\text{Capacidad real} \times \text{mes} = 62 \text{ equipos por operario}$$

$$Utilización = \frac{Producción\ real}{Capacidad\ de\ diseño} = \frac{62}{91} = 0.68$$

$$Eficiencia = \frac{Producción\ real}{Capacidad\ efectiva} = \frac{62}{77} = 0.80$$

De acuerdo al análisis de capacidad basado en los principios de administración de operaciones de Heizer (2009). La eficiencia del proceso de ensamble es del 80%.

Corte de lámina

Esta sección consta de 5 subprocesos y un tiempo de 170 min por equipo. Una vez se pasa la hoja de corte al área, el líder del proceso se encarga de cortar los tramos de lámina según medidas, sin embargo, se ha evidenciado demoras durante el montaje de los rollos, además se debe hacer un segundo corte al acero para sacar los tramos finales que se utilizarán en el ensamble de la nevera.

Ecuación 14. Capacidad de procesamiento de la sección de corte

$$Capacidad\ de\ diseño = \frac{\frac{25\ días}{mes} \times \frac{1\ turno}{día} \times \frac{8\ horas}{turno}}{2,2\ horas / unidad}$$

$$Capacidad\ de\ diseño = \frac{200\ horas/mes}{2,8\ horas / unidad}$$

$$Capacidad\ de\ diseño \times mes = 71\ equipos\ por\ operario$$

$$Capacidad\ efectiva = 71 \times 0,84$$

$$Capacidad\ efectiva \times mes = 60\ equipos\ por\ operario$$

$$Capacidad\ real = 60 \times 0,80$$

$$Capacidad\ real \times mes = 48\ equipos\ por\ operario$$

$$Utilización = \frac{Producción\ real}{Capacidad\ de\ diseño} = \frac{48}{71} = 0.67$$

$$Eficiencia = \frac{Producción\ real}{Capacidad\ efectiva} = \frac{48}{60} = 0.80$$

Sección de pintura

La sección de pintura cuenta con 14 subprocesos, demora 284 minutos en realizar el proceso de pintado de un equipo y un recorrido dentro del área de 26 metros.

Ecuación 15. Capacidad de procesamiento de la sección de pintura.

$$\text{Capacidad de diseño} = \frac{200 \text{ horas/mes}}{4,7 \text{ horas/ unidad}}$$

$$\text{Capacidad de diseño} \times \text{mes} = 43 \text{ equipos por operario}$$

$$\text{Capacidad efectiva} = 43 \times 0,84$$

$$\text{Capacidad efectiva} \times \text{mes} = 36 \text{ equipos por operario}$$

$$\text{Capacidad real} = 36 \times 0,80$$

$$\text{Capacidad real} \times \text{mes} = 29 \text{ equipos por operario}$$

$$\text{Utilización} = \frac{\text{Producción real}}{\text{Capacidad de diseño}} = \frac{29}{43} = 0.65$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Producción real}}{\text{Capacidad efectiva}} = \frac{29}{36} = 0.80$$

Sección de puertas

La sección de puertas cuenta con 15 subprocesos, tarda en armar una puerta completa 95 minutos y el operario realiza un recorrido de 40 metros.

Ecuación 16. Capacidad de procesamiento de la sección de puertas

$$\text{Capacidad de diseño} = \frac{200 \text{ horas/mes}}{1,5 \text{ horas/ unidad}}$$

$$\text{Capacidad de diseño} \times \text{mes} = 133 \text{ equipos por operario}$$

$$\text{Capacidad efectiva} = 133 \times 0,84$$

$$\text{Capacidad efectiva} \times \text{mes} = 112 \text{ equipos por operario}$$

$$\text{Capacidad real} = 112 \times 0,82$$

$$\text{Capacidad real} \times \text{mes} = 92 \text{ equipos por operario}$$

$$\text{Utilización} = \frac{\text{Producción real}}{\text{Capacidad de diseño}} = \frac{92}{133} = 0.69$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Producción real}}{\text{Capacidad efectiva}} = \frac{92}{112} = 0.82$$

Sección de inyección

El proceso de inyección cuenta con 7 subprocesos, tarda 135 minutos en inyectar un equipo vertical de 22 pies y el operario recorre 70 metros dentro de la sección.

Ecuación 17. Capacidad de procesamiento de la sección de inyección

$$\text{Capacidad de diseño} = \frac{200 \text{ horas/mes}}{2,2 \text{ horas/ unidad}}$$

$$\text{Capacidad de diseño} \times \text{mes} = 91 \text{ equipos por operario}$$

$$\text{Capacidad efectiva} = 91 \times 0,84$$

$$\text{Capacidad efectiva} \times \text{mes} = 77 \text{ equipos por operario}$$

$$\text{Capacidad real} = 77 \times 0,80$$

$$\text{Capacidad real} \times \text{mes} = 62 \text{ equipos por operario}$$

$$\text{Utilización} = \frac{\text{Producción real}}{\text{Capacidad de diseño}} = \frac{62}{91} = 0.68$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Producción real}}{\text{Capacidad efectiva}} = \frac{62}{77} = 0.80$$

Sección eléctricos

El proceso de eléctricos cuenta con 6 subprocesos, el operario tarda 103 minutos realizando el montaje de los cables y hace un recorrido de 8 metros dentro del área.

Ecuación 18. Capacidad de procesamiento sección eléctricos

$$\text{Capacidad de diseño} = \frac{200 \text{ horas/mes}}{1,7 \text{ horas/ unidad}}$$

$$\text{Capacidad de diseño} \times \text{mes} = 117 \text{ equipos por operario}$$

$$\text{Capacidad efectiva} = 117 \times 0,84$$

$$\text{Capacidad efectiva} \times \text{mes} = 98 \text{ equipos por operario}$$

$$\text{Capacidad real} = 98 \times 0,81$$

$$\text{Capacidad real} \times \text{mes} = 79 \text{ equipos por operario}$$

$$\text{Utilización} = \frac{\text{Producción real}}{\text{Capacidad de diseño}} = \frac{79}{117} = 0.67$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Producción real}}{\text{Capacidad efectiva}} = \frac{79}{98} = 0.81$$

Sección montaje de unidad refrigerante

El área técnica cuenta con 11 subprocesos, tardan 643 minutos entre el montaje de la unidad refrigerante, presurización y llenado del gas y el operario recorre alrededor de 15 metros.

Ecuación 19. capacidad de procesamiento sección de técnicos

$$\text{Capacidad de diseño} = \frac{200 \text{ horas/mes}}{10,7 \text{ horas/ unidad}}$$

$$\text{Capacidad de diseño} \times \text{mes} = 19 \text{ equipos por operario}$$

$$\text{Capacidad efectiva} = 19 \times 0,84$$

$$\text{Capacidad efectiva} \times \text{mes} = 16 \text{ equipos por operario}$$

$$\text{Capacidad real} = 16 \times 0,75$$

$$\text{Capacidad real} \times \text{mes} = 12 \text{ equipos por operario}$$

$$Utilización = \frac{Producción\ real}{Capacidad\ de\ diseño} = \frac{12}{19} = 0.63$$

$$Eficiencia = \frac{Producción\ real}{Capacidad\ efectiva} = \frac{12}{16} = 0.75$$

Sección de terminación y limpieza

En el área de terminación se realizan los terminados finales y limpieza del equipo para ser liberado por el área de control de calidad, este proceso cuenta con 10 subprocesos, tarda 218 minutos en terminar y recorren alrededor de 15 metros dentro del área.

Ecuación 20. Capacidad de procesamiento sección de terminación y limpieza

$$Capacidad\ de\ diseño = \frac{200\ horas/mes}{3,6\ horas/ unidad}$$

$$Capacidad\ de\ diseño\ x\ mes = 56\ equipos\ por\ operario$$

$$Capacidad\ efectiva = 56 \times 0,84$$

$$Capacidad\ efectiva\ x\ mes = 47\ equipos\ por\ operario$$

$$Capacidad\ real = 47 \times 0.81$$

$$Capacidad\ real\ x\ mes = 38\ equipos\ por\ operario$$

$$Utilización = \frac{Producción\ real}{Capacidad\ de\ diseño} = \frac{38}{56} = 0.67$$

$$Eficiencia = \frac{Producción\ real}{Capacidad\ efectiva} = \frac{38}{47} = 0.81$$

El análisis anterior se realizó para identificar la capacidad real de operación de cada uno de los procesos, se tuvo en cuenta los tres tipos de capacidad; La capacidad de diseño, donde se analiza el tiempo de trabajo sin tener en cuenta los suplementos. Para el caso de los suplementos, en la fórmula de capacidad efectiva fueron los tiempos de almuerzo, el break y los tiempos ociosos y el porcentaje fue del 16% que se descuentan del tiempo de producción programado en el día y por último, para la capacidad real, se descuenta a la capacidad efectiva, el promedio de demora de cada sección reprocesando un equipo, esta variable es diferente en todos los procesos y se tomaron de acuerdo al diagrama analítico de cada una de las áreas. Por último, con base a Heizer (2009). Se realiza la estadística de utilización y eficiencia de cada proceso.

Inicialmente el cuello de botella de la línea es la sección de trazo; errores en medidas, destijere mal hechos, lámina que se entrega marcada o rayada entre otras causas que generan que

el proceso de ensamble retrase su producción, disminuyendo la capacidad de procesamiento mensual en ambas secciones en un tiempo disponible de 200 horas. Con base al diagnóstico y el planteamiento del problema, se determina que los costos de no calidad se encuentran asociados principalmente por los reprocesos en las láminas de acero calibre 24 de acuerdo al histórico de los reprocesos registrados durante el año 2022 en el área de control de calidad. Los costos de no calidad se relacionan en la Figura 19.

7.2.1. Costos de no calidad

Aunque la empresa tiene un buen margen de utilidades y su capacidad de producción abastece la demanda de pedidos, la planta productiva aún tiene dificultades en sus procesos lo que ocasiona que se aumenten los costos de no calidad, esto causa que el costo de producir un equipo sea mayor disminuyendo el margen. La principal materia prima que mayor afectación tiene es el acero calibre 24, ya que se estiman pérdidas que oscilan entre 1 y 3 millones de pesos mensual. Sin embargo, dentro del análisis no se tiene en cuenta el gasto de otros materiales que se solicitan como refacción, los costos de no calidad del año 2022 se ven reflejados en la siguiente imagen.

Figura 19. Costos de no calidad año 2022



Fuente: Elaboración propia con base a Fermat Comercial SA (2023).

7.2.2. Mapa de valor del proceso VSM

De acuerdo con la información anterior, los costos de no calidad se asocian directamente al reproceso del acero, debido a su alto costo de adquisición ya que es un material donde su precio final se ve afectado por la fluctuación del dólar, estos reprocesos se generan en toda la línea de producción de los equipos y son relacionados directamente a la manipulación de este material y los inadecuados procedimientos de los operarios.

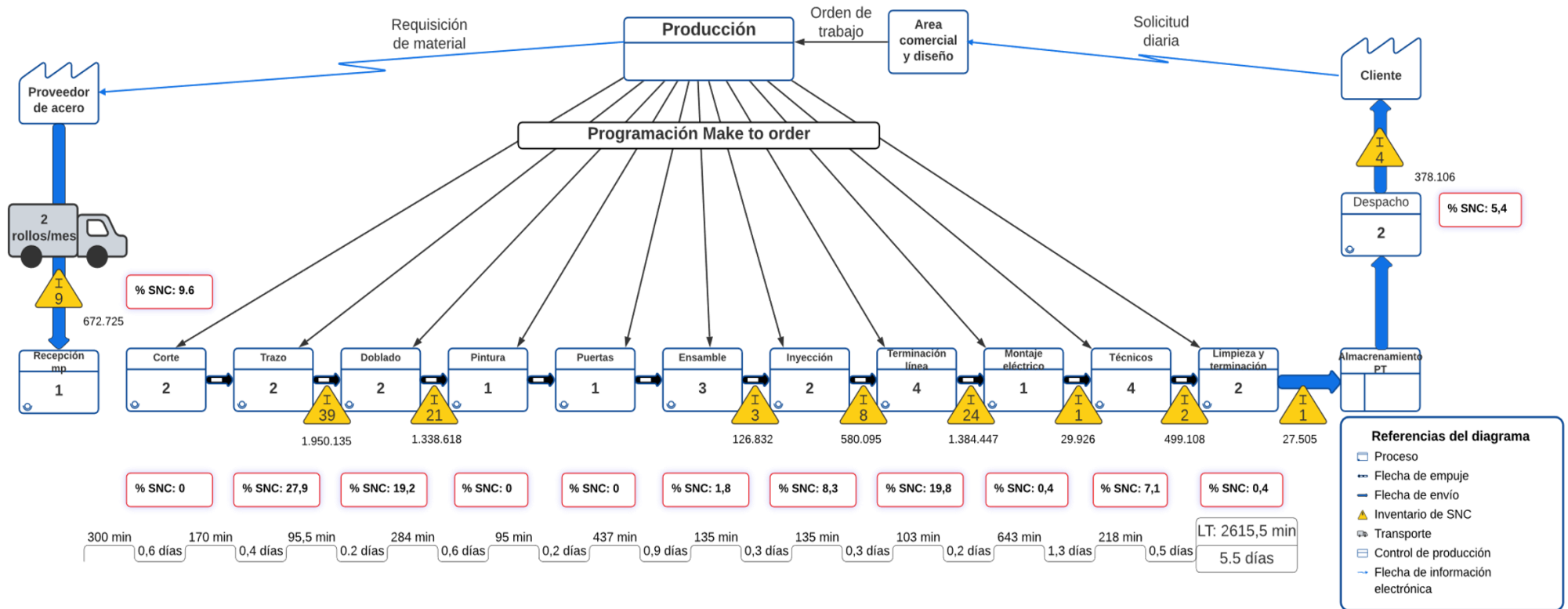
La Tabla 4 contiene los estadísticos del tiempo de fabricación de un equipo de 22 pies tomados del diagrama analítico de cada proceso.

Tabla 4. Estadística de tiempo del proceso productivo

Estadística de tiempo			
Proceso	Media	Moda	Desviación
Trazo y destijere	12,0	5	9,2
Corte de lámina	34	10	32,9
Doblado de lámina	5	1	5,5
Pintura	25,8	10	61,3
Armado de puertas	11,9	15	9,9
Ensamble	19	20	11,4
Inyección	19,3	30	11,3
Terminación	19,3	5	18,4
Montaje eléctrico	17,2		15,7
Sección técnicos	49,5	20	73,6
Terminación y limpieza	18,2	15	10,5

Fuente: Elaboración propia con base en Fermat Comercial SA (2023).

Figura 20. Diagrama VSM del proceso

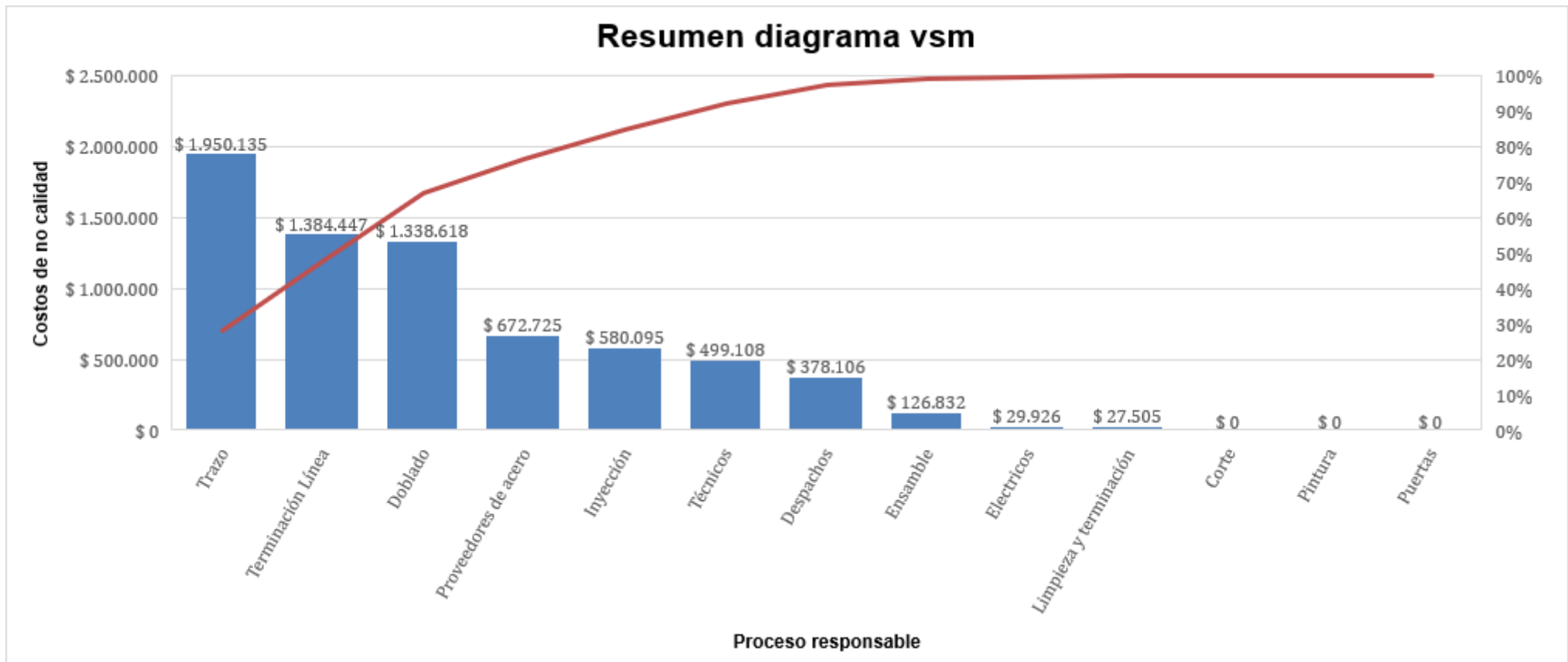


Fuente: Elaboración propia con base en Fermat Comercial SA (2023).

En el diagrama VSM se evidencia la cantidad de salidas no conformes por procesos ilustrados en los triángulos, debajo de cada triangulo se encuentran identificados los costos de no calidad asociados a estos reprocesos y por último se evidencia el porcentaje de responsabilidad de cada proceso en dichas salidas no conformes, siendo el proceso de trazo el mayor generador de reprocesos con 39 registros durante el año 2022, la terminación de la línea tuvo un total de 24 registros siendo el segundo proceso más crítico y la sección de doblado con 21 registros fue el tercero más crítico. Los demás procesos obtuvieron porcentajes más bajos en el total general de salidas no conformes, sin embargo, también afectan el proceso de fabricación de los equipos de la línea.

Mediante un Pareto se realiza el resumen del diagrama VSM sobre los costos de no calidad generados por cada área durante el año 2022, el cual evidencia que el 80% de los costos asociados a los reprocesos se registran en los procesos de la línea y del proveedor del acero. Esta información se obtuvo de acuerdo a los registros de control de calidad de la planta de producción, véase en la Figura 21.

Figura 21. Resumen de costos de no calidad diagrama VSM por procesos



Fuente: Elaboración propia con base en Fermat Comercial SA (2023).

8. Establecimiento de propuestas de mejora

Para el establecimiento de las posibles mejoras dentro de la línea de producción, se toman los resultados del diagnóstico y se realiza una lluvia de ideas que puedan ser apropiadas para el objetivo del proyecto y logre disminuir los costos de no calidad mediante la mejora de la línea de producción de Fermat Comercial s.a. ver Figura 22.

Figura 22. Lluvia de ideas de las propuestas de mejora de la línea de producción



Fuente: Elaboración propia con base en Fermat Comercial SA (2023)

De acuerdo a lluvia de ideas representadas en la Figura 22, se realiza una evaluación de la propuesta que mejor se adapte a las necesidades y presupuesto de la empresa, además de los resultados a corto plazo que pueda generar dentro de la organización. Para este caso se realiza la evaluación mediante una matriz de priorización, el cual ayudará a identificar la propuesta más adecuada.

Se tendrán en cuenta el siguiente rango de calificación el cual será de 1, 3 y 5 de acuerdo con el nivel de impacto dentro cada criterio y se hará de la siguiente manera:

1: Menor impacto dentro del criterio

3: Impacto medio dentro del criterio

5: Mayor impacto dentro del criterio

Los criterios establecidos para la matriz son los siguientes:

- **Inversión:** El capital necesario que se necesita para implementar a futuro la propuesta definida. A mayor costo menor calificación.
- **Resultado a corto plazo:** Es el tiempo que tarda la propuesta en generar un resultado efectivo. A menor el plazo mayor calificación.
- **Impacto positivo en los procesos:** Hace referencia a los beneficios que tendrán los procesos en su futura implementación. A mayor el impacto mayor calificación.
- **Nivel de adaptación:** Se refiere a la capacidad que tienen los operarios y mandos medios en adaptarse a los cambios dentro de los procesos. A mayor capacidad de adaptación mayor calificación.
- **Demoras en su implementación:** El tiempo que tardaría en ejecutarse la propuesta si en un futuro se llegase a implementar. A mayor tiempo de demora menor calificación.

Tabla 5. Ponderación de los criterios

PONDERACIÓN DE LOS CRITERIOS							
Criterio	Inversión	Resultados a corto plazo	Impacto positivo en los procesos	Nivel de adaptación	Demoras en su implementación	Total	Peso ponderado definido
Propuesta							
Distribución de planta	1	3	5	3	1	13.00	0.13
Metodología 5S's	5	5	5	3	5	23.00	0.23
Gestión diaria de procesos en 3 niveles	5	5	5	3	5	23.00	0.23
Estandarización de plantillas	5	5	5	3	3	21.00	0.21
Automatización de procesos	1	1	3	1	1	7.00	0.07
Mejoras a las instalaciones de la planta	1	3	3	5	1	13.00	0.13
Total						100	1.00

Fuente: Elaboración propia con base en Fermat Comercial SA (2023).

De acuerdo a los resultados de la matriz de priorización representada en la Tabla 5, las propuestas más viables de acuerdo a los criterios presentados son la implementación del lean manufacturing y la metodología de las 5 S's, con un porcentaje ponderado del 23% cada uno, sin embargo, se puede implementar unas plantillas en la sección de trazo para las verticales de 22 y 44 pies, que son los equipos más estándar de la línea, estas plantillas se podrán realizar con láminas de acero reciclado para reducir costos.

8.1. Estrategia 1: metodología 5S's

Al realizar el recorrido por la planta se evidencia falta de orden en los puestos de trabajo, herramientas sobre el piso, materiales y cables expuestos que generan un ambiente poco propicio para el colaborador, plasmados en el diagrama de Ishikawa en la Figura 8, como una de las causas de salidas no conformes en los procesos. Se define la metodología de las 5S's como la más adecuada para la organización de la planta, mediante la selección de materiales y herramientas que no son útiles y la estandarización de los puestos. para esta propuesta se tendrán en cuenta las siguientes etapas:

✓ SEIRI (Seleccionar)

Consiste en separar los objetos y herramientas que no sean utilizados en el proceso, para este caso es necesario considerar la regla de las 48 horas que consiste en todo lo que no se utiliza durante este lapso de tiempo no se consideran propias del puesto de trabajo y por este motivo se sacan del puesto y se desechan o se almacenan según su naturaleza ya que posteriormente pueden ser utilizadas. Para este caso se utilizará una tarjeta roja que identifique los objetos que no son parte del proceso. El rojo es una alerta que me avisa que esta herramienta o material debe desecharse o guardarse para utilizarse más adelante, véase la Figura 23. Las tarjetas tendrán una dimensión de 10 x 7 cm y se laminarán para mayor durabilidad y menor consumo de papel.

Figura 23. Tarjeta roja de selección de materiales

ST-1	
TARJETA ROJA	
FECHA:	____/____/____
AREA:	_____
RESPONSABLE:	_____
NOMBRE MATERIAL:	_____
ACCIÓN SUGERIDA	
☐	
☐	
☐	
☐	
☐	
OBSERVACIONES	
Fecha para concluir acción: ____/____/____	

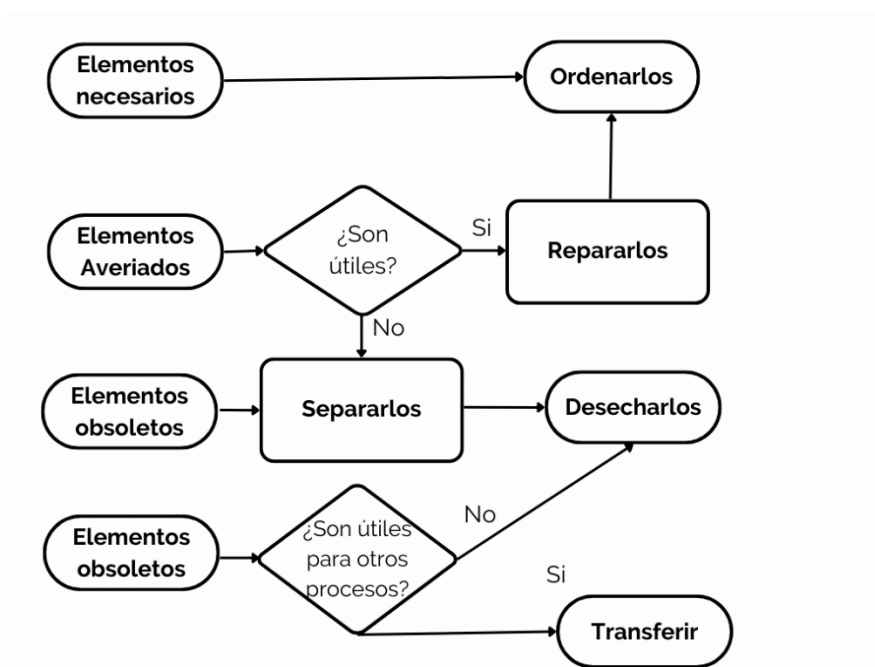
Fuente: Elaboración propia (2023)

La tarjeta roja tendrá una información que será útil en la disposición final de los elementos, los datos solicitados en la tarjeta son:

- Fecha en que se coloca la tarjeta
- Área o sección
- Responsable del área
- Nombre del material
- Disposición o acción sugerida (Agrupar, eliminar, reubicar, reparar, reciclar).
- Observaciones
- Fecha para disposición final

La base de la clasificación, es la segregación de materiales y herramientas que no agregan valor al proceso, por eso para entender mejor el concepto se realiza un diagrama de flujo de la primera S ilustrado en la Figura 24.

Figura 24. Objetivos de la 1S “Clasificar”



Fuente: Elaboración propia (2023).

En cuanto a las actividades a realizar en la metodología 5S se deben clasificar de la siguiente manera:

✓ Socialización al personal operativo sobre la importancia de las 5S: Se enfocará en la divulgación del programa 5s al personal de planta y los estándares de puestos de trabajo. En este caso se entregarán unos folletos con la información relevante de este método y sus fases.

✓ Identificación y clasificación de materiales y herramientas por proceso: En este punto se asignará el día junto con la jefe de planta para la clasificación de elementos dentro de cada proceso, clasificando lo útil de lo obsoleto.

✓ Asignación de tarjeta roja para la disposición final de los materiales: Una vez se clasifican los elementos se marcan con la tarjeta roja y se diligencia la tarjeta con la fecha, nombre del elemento y la disposición final.

✓ Eliminación de la tarjeta roja: Después de clasificar los elementos y conocer el manejo de los mismos, se dispone a tomar las acciones planteadas.

✓ Generar el informe: Se debe realizar un reporte de la disposición final de los elementos que se etiquetaron para llevar el registro correspondiente de las acciones.

El informe se alimentará de un *check list* que tendrá la misma información de la tarjeta, a continuación, se adjunta el formato:

Tabla 6. Check list registro de tarjeta roja

 Supernordico		 REGISTRO DE CLASIFICACIÓN POR TARJETAS					Código: Versión: Vigencia:
N° de tarjeta	Fecha	Area	Responsable	Material	Acción sugerida	Fecha límite	Observaciones

Fuente: Elaboración propia con base en Fermat Comercial SA (2023).

✓ SEITON (Organizar)

Esta etapa del método va de la mano con la primera S, ya que sin una debida clasificación es imposible un orden y para que haya un orden se debe segregar los elementos que no aportan valor al proceso, para este caso se organizarán los elementos y herramientas en áreas estratégicas para que sean de fácil acceso y visualización por el operario, se adecuarán los puestos de trabajo y los armarios de herramientas y se demarcarán con la ubicación de cada herramienta con marquillas que permitan identificar el lugar de cada elemento, véase la Figura 25. También se contempla la compra de un banco de trabajo y un tablero para herramientas con gabinetes plásticos para el área de limpieza y terminación ya que es la sección con más desorden durante la jornada laboral. El banco de trabajo tendrá las siguientes dimensiones:

Fondo: 60 cm
 Ancho: 140 cm
 Alto: 95 cm

Dimensiones del tablero de herramienta:

Fondo: 22 cm
 Ancho: 120 cm
 Alto: 100 cm

Figura 25. Tarjetas para demarcar ubicación de herramientas en puesto

	TALADRO INALAMBRICO	 Supernordico
	DESTORNILLADOR DE ESTRELLA	 Supernordico

Fuente: Elaboración propia (2023).

Además, se dispondrá en cada área unos estándares visuales de cómo debería permanecer el puesto de trabajo, teniendo en cuenta la ubicación de las herramientas y elementos dentro de la sección, el formato se puede evidenciar en la Figura 27.

Para el tablero de herramientas manuales, identificaron las herramientas más comunes en el área de terminación y limpieza, las herramientas que se identificaron son las siguientes:

- Taladro eléctrico DEWALT
- Taladro inalámbrico BOSCH
- Set de tres tamaños de destornillador de estrella
- Set de tres tamaños de destornillador de pala
- Martillo para latonería
- Maso de goma
- Hombre solo
- Lima plana
- Lima redonda
- Alicata
- Escuadra
- Copa sierra para metal
- Remachadora

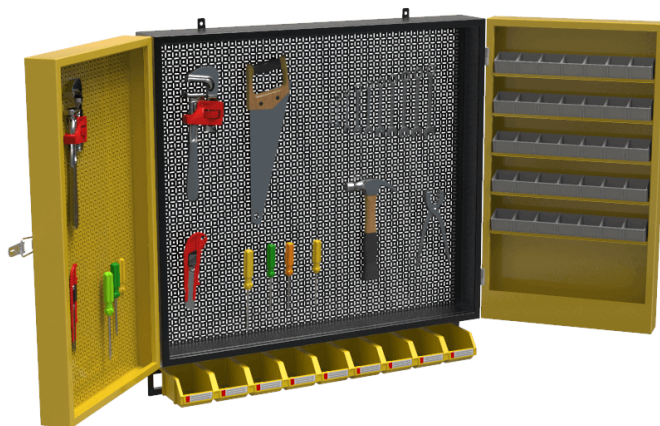


Figura 26. Tablero de herramientas manuales

Figura 27. Estándar visual de puestos de trabajo



Fuente: Elaboración propia (2023).

✓ SEISO (Limpiar)

Se realizará la limpieza diaria de los puestos, además de las herramientas y equipos de cada sección de la planta, también se destinará un día a la semana para la “Gran jornada de la limpieza” en donde todos los colaboradores de la planta se encargarán de realizar un aseo general en sus lugares de trabajo.

Para esta etapa se tiene contemplado instalar fórmica sobre las mesas de trabajo más críticas. La fórmica por su superficie lisa no permite que se almacene esquilas de acero en grietas sobre la tapa de la mesa y rayen la lámina durante su manipulación.

Se lograron identificar los puestos de trabajo que necesitan adecuarse con fórmica y las dimensiones de cada mesa para conocer la cantidad de m² de material que se va a solicitar, los procesos son los siguientes:

Mesa 1 terminación línea: 1,53 m²

Mesa 2 terminación línea: 1,90 m²

Mesa 3 terminación línea: 1,94 m²

Mesa 4 sección puertas: 2,12 m²

De acuerdo a los datos anteriores, la cantidad total de formica que se necesita para forrar las tapas de las mesas de trabajo son 7,49 m².

SEIKETSU (Estandarizar)

Es indispensable llevar un registro diario de limpieza que cada encargado de área debe diligenciar para llevar la trazabilidad del cumplimiento de lo solicitado, el formato de limpieza por sección es un formato que tiene cinco elementos o ítems que agrupa las tres primeras S y tiene un cronograma de días marcados del día 1 al 31, en la parte inferior lleva los nombres de los meses del año y se debe marcar el mes vigente, los días se marcarán como cumplimiento de la actividad y se marcan por días hábiles, los días no laborales se rellenan de color negro. Este registro permitirá llevar un indicador de cumplimiento de las 5S. El formato se puede visualizar en la Figura 28.

Figura 28. Formato de limpieza por proceso

 Supernordico		 FORMATO DE LIMPIEZA																															REVISIÓN:
		DÍAS																															VERSIÓN:
																																	VIGENCIA:
N°	ELEMENTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
1	Limpieza de la mesa de trabajo																																Sección:
2	Organización de herramientas																																Responsable(s):
3	Limpieza del área de trabajo																																
4	Eliminación de residuos																																
5	Despeje de área de trabajo																																
N°	FECHA	OBSERVACIONES/SOLICITUD																															
1																																	
2																																	
3																																	
4																																	
5																																	
6																																	
7																																	
8																																	
9																																	
10																																	
11																																	
12																																	
		ENE FEB MAR ABR MAY JUN JUL AGO SEP OCT NOV DIC																															

Fuente: Elaboración propia (2023).

Ecuación 21. Indicador de cumplimiento mensual método 5s

$$\text{Cumplimiento mensual de limpieza} = \frac{\text{Días cumplidos}}{\text{Días hábiles al mes}}$$

Fuente: Elaboración propia (2023).

El indicador anterior permitirá llevar un control mensual sobre el cumplimiento de los estándares de las 5s en cada uno de los procesos y posteriormente si se presenta una desviación del indicador se presentarán los correctivos correspondientes.

✓ SHITSUKE (Disciplinar)

Este es el punto más complejo de las 5s debido a que se debe crear una cultura en los colaboradores de la planta de producción, sin embargo, con las jornadas diarias de limpieza y el control diario en planta se espera fomentar la autodisciplina por parte de los operarios y el compromiso con el cumplimiento de los estándares establecidos.

Resultados esperados

- ✓ Adecuación de mesas de trabajo.
- ✓ Promoción del método 5s y su importancia en la disminución de salidas no conformes.
- ✓ Maximizar espacios de trabajo.
- ✓ Disminución de riesgos laborales.
- ✓ Generar cultura de limpieza y métodos adecuados de trabajo.

8.2. Estrategia 2: Plantillas de trazo

De acuerdo al análisis del problema, una de las áreas más críticas de la línea de producción es la sección de trazo, ya que durante el año 2022 representó el 38,6% de las salidas no conformes. Con base a la capacidad real actual, se trazan por persona dos equipos completos diarios de las referencias de 22, 40 y 44 pies. Para optimizar el tiempo de trazado de las piezas, se requiere implementar plantillas para las referencias anteriormente mencionadas.

Las plantillas tendrán las medidas y los grados necesarios para los destijeros de las piezas más complejas y demoradas en trazo. Se ensayaron unas plantillas hechas en acero reciclado en calibre 22 y se hizo una prueba del proceso de trazado y destijado de los dos testers externos de un equipo de congelación de 22 pies y el tiempo que se demora el operario es de 12 minutos,

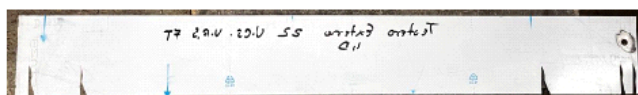
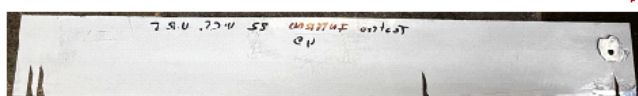
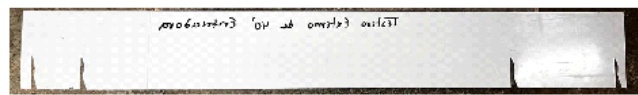
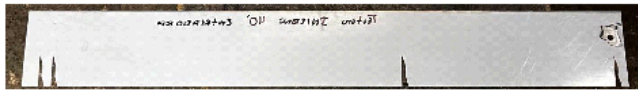
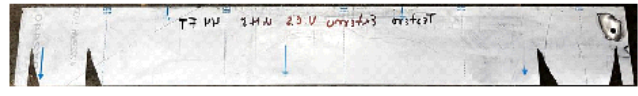
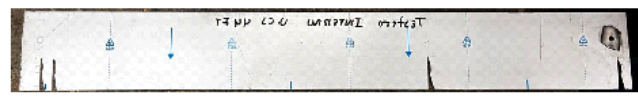
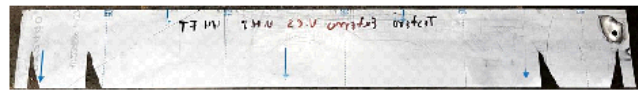
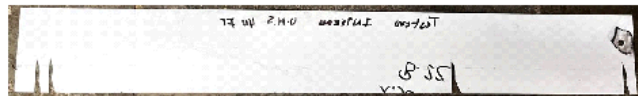
con una reducción del 25% comparado a los 16 minutos del tiempo que le tomaba anteriormente, véase la Figura 12, página 41. Adicionalmente se elaborarán las hojas de corte pre diligenciadas para optimizar el tiempo empleado en el diligenciamiento las mismas, donde el trazador solo cambiará el número del equipo y la fecha en que pasa el formato a corte. Estos registros son para las referencias más comunes y con igual medida para que los formatos sean más fáciles de estandarizar.

Resultados esperados

- ✓ Esta propuesta reducirá un 95% el diligenciamiento de la hoja de corte.
- ✓ Disminuirá alrededor de 50 minutos el proceso total, lo que corresponde un 16% de aprovechamiento del tiempo por equipo.
- ✓ Disminución de salidas no conformes por error en medidas y errores en proceso de trazo y destijere.

A continuación, en la Tabla 7 se evidencia las plantillas de prueba fabricadas en acero calibre 22 y en la Figura 29, se describe el diagrama analítico propuesto para la segunda estrategia.

Tabla 7. Plantillas de prueba sección trazo

PLANTILLAS DE TRAZO				
Fecha:				
Sección:		Trazo		
Responsable (s):		Operarios de trazo		
El orden de las medidas de la plantilla se pueden identificar de izquierda a derecha como se muestra en las imágenes				
VERTICAL VCS - VRS 22 PIES	TESTERO EXTERNO		MEDIDAS (cm)	
			Pestaña 1:	2
			Paral:	8
			Fondo:	74
			Espaldar	13
			Pestaña 2:	2
			Pestaña 3:	1
	TESTERO INTERNO		MEDIDAS (cm)	
			Pestaña 1:	2,5
			Pestaña 2:	2
VERTICAL ENFRIADORA 40 PIES	TESTERO EXTERNO		MEDIDAS (cm)	
			Pestaña 1:	2
			Paral:	8
			Fondo:	70
			Espaldar	2
			Pestaña 2:	2
	TESTERO INTERNO		MEDIDAS (cm)	
			Pestaña 1:	2,5
			Pestaña 2:	2
			Fondo:	58
VERTICAL VCS - VRS 44 PIES	TESTERO EXTERNO		MEDIDAS (cm)	
			Pestaña 1:	2
			Paral:	9
			Fondo:	73,7
			Espaldar	11
			Pestaña 2:	4
	TESTERO INTERNO		MEDIDAS (cm)	
			Pestaña 1:	3
			Pestaña 2:	2
			Fondo:	61
VERTICAL VMS 44 PIES	TESTERO EXTERNO		MEDIDAS (cm)	
			Pestaña 1:	2
			Paral:	9
			Fondo:	73,7
			Espaldar	11
			Pestaña 2:	4
	TESTERO INTERNO		MEDIDAS (cm)	
			Pestaña 1:	3
			Pestaña 2:	2
			Fondo:	61

Fuente: Elaboración propia con base en Fermat Comercial SA (2023).

Figura 29. Propuesta de la sección de trazo ref. 22 pies

cursograma analítico del proceso de producción de equipos de refrigeración verticales									
Diagrama Num: 1	Hoja: 1 de 1	Operario	x	Materiales		Máquina			
Proceso: Línea de producción		Resumen							
Fecha:		Actividad		Actual		Propuesta		Economía	
Actividad:		Operación	○			18			
Método: Actual x Propuesto		Transporte	→			5			
Producto: Vertical VCS 22 pies		Inspección	□			0			
Nombre del operario(s):		Espera	▽			0			
		Almacenamiento	▽			0			
		Distancia (m)				175			
		Tiempo (min-hombre)				252			
Elaborado por: Henry Orlando Pérez		Total de actividades realizadas				23			
Sección(s):		Trazo y destijere							
Descripción	Cantidad	Tiempo (min)	Distancia (metros)	Símbolo					Observaciones
Diligenciar la hoja de corte para solicitar el acero necesario para el equipo	1	1		○	→	□	▽		
Llevar la hoja de corte diligenciada a la sección de corte	1	5	70	○	→				
Recoger e inspeccionar la lámina a la sección de corte	1	35	70	○	→				
Trazar y destijar testero externo	1	12		○	→				8 trazos por testero
Trazar y destijar el complemento externo	1	5		○	→				5 trazos
Trazar y destijar horizontales	1	10		○	→				5 trazos por testero
Trazar y destijar laterales de cachucha	1	11		○	→				9 trazos por lateral
Trazar y destijar frente cachucha	1	11		○	→				9 trazos
Trazar y destijar complemento de la cachucha	1	11		○	→				7 trazos
Trazar y destijar puerta	1	8		○	→				9 trazos
Trazar y destijar bocales de la puerta	1	10		○	→				5 trazos
Pasar cachucha a la sección de punzonado para las perforaciones del acero	1	4	10	○	→				
Trazar y destijar testeros internos	1	11		○	→				9 trazos por testero
Trazar y destijar piso y techo	1	12		○	→				5 trazos cada uno
Pasar lámina para forro 1 a la sección de punzonado para perforaciones	1	5	10	○	→				
Trazar y destijar forro 1	1	5		○	→				6 trazos
Trazar y destijar forro 2	1	10		○	→				12 trazos
Trazar y destijar forro 3	1	5		○	→				5 trazos
Trazar y destijar tapatubo	1	5		○	→				8 trazos
Trazar y destijar contrapuerta	1	13		○	→				12 trazos
Marcar parrillas y llevarlas a punzonado	1	8	15	○	→				
Trazar y destijar parrillas	1	40		○	→				12 trazos por parrilla
Trazar y destijar los refuerzos para las parrillas	1	15		○	→				4 trazos
Total:	23	252	175						

Fuente: Elaboración propia con base en Fermat Comercial SA (2023).

8.3. Estrategia 3: Gestión diaria de procesos en 3 niveles

Como se mencionaba anteriormente el objetivo de la herramienta Lean es maximizar los procesos mediante la minimización de pérdidas y generar un valor añadido al cliente, para el caso de la mejora de los procesos de la planta, se define el concepto de mejora de procesos productivos que se encarga de identificar fallas dentro de los procesos de la compañía y generar alternativas de mejora continua. Para este caso se quiere diseñar una herramienta denominada “Gestión diaria de procesos en 3 niveles”, la gestión diaria en tres niveles corresponde a una herramienta de mejora continua que identifica problemas en los procesos productivos de la compañía y genera soluciones casi que inmediatas de acuerdo con la complejidad de la problemática.

Esta herramienta evalúa de manera detallada y objetiva todos los aspectos que se relacionan con los procesos productivos, gestionando soluciones ágiles y así buscar un mejoramiento continuo dentro de la compañía.

Diseño de la gestión diaria de procesos en 3 niveles:

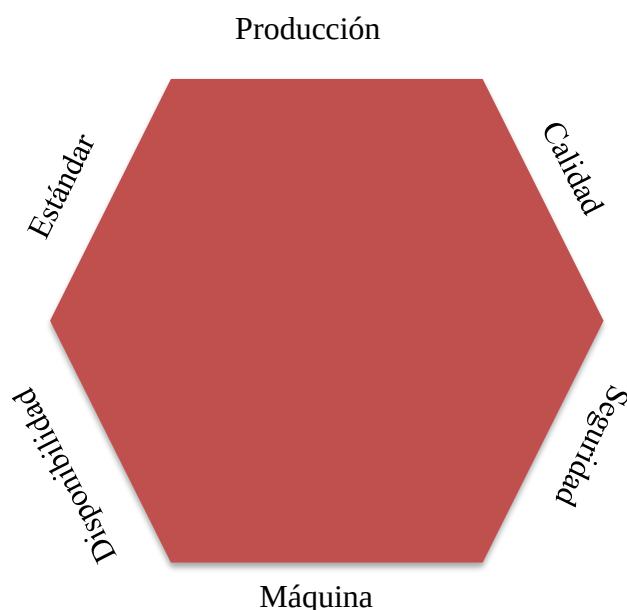
Para el diseño de la herramienta propuesta se tienen en cuenta los procesos clave dentro de la planta de producción, se evalúan los procesos tales como:

- Gestión de la producción
- Calidad
- Seguridad
- Máquina
- Disponibilidad
- Estándar

Nivel 1: Focalización de novedades diarias

Una vez identificados los procesos clave dentro del sistema productivo de la empresa se diseña un hexágono visual el cual cuenta con indicadores físicos que se podrán evaluar con los jefes de área y gerencia para determinar los factores clave en cada uno de sus procesos y organizarlos por prioridades, estos indicadores se diligenciarán a diario y se determinarán las causas y soluciones mediante un plan de acción donde se determinan las fechas programadas para el cierre de los correctivos estipulados. En la Figura 30, se diseñó un croquis de la distribución de los procesos en el hexágono, cada cara de esta herramienta representa los procesos de estudio, estos se revisarán a diario.

Figura 30. Distribución de procesos en el hexágono



Fuente: Elaboración propia con base en Fermat Comercial SA (2023).

- En la primera cara se estudiarán los procesos de producción y los resultados que estos generen diariamente, tales como cumplimiento de las fechas proyectadas, el seguimiento del proceso de fabricación de los equipos y las necesidades de la planta productiva. La jefe de producción será la encargada de diligenciar los 3 formatos de la primera cara.
- La segunda cara hará énfasis en los procesos de calidad del producto, esto se relaciona a las inspecciones de las máquinas que afecte la calidad de los equipos, la inspección de los puestos de trabajo, los equipos liberados diariamente y el registro de salidas no conformes además se registrarán las reclamaciones del cliente por defectos en sus productos y que generarán servicios post venta. La segunda cara estará a cargo del jefe de calidad y el jefe de servicio técnico.
- La tercera cara se relacionará a la seguridad y salud en el trabajo, en este proceso se evaluará todo lo que corresponda a la seguridad de los colaboradores, auditorias, condiciones de trabajo, seguimiento de las capacitaciones programadas y accidentalidad. La tercera cara estará a cargo de la coordinadora SST.
- La cuarta cara estará a cargo del jefe de mantenimiento, en el cual se evaluará el cumplimiento del cronograma de mantenimiento preventivo, la inspección y limpieza diaria de las herramientas y equipos, el estado de las instalaciones de la planta y todo lo relacionado a mantenimientos locativos.

- La quinta cara evaluará la disponibilidad de los equipos para entregar, el cumplimiento de las entregas programadas, la disponibilidad de los insumos y los ausentismos por parte del personal. Las personas encargadas de diligenciar los formatos de la quinta cara serán, la jefe de producción junto con el jefe de compras.
- Finalmente, la sexta cara el cual será el estándar, se relaciona al cumplimiento de los estándares de diseño de los equipos y los estándares de orden y aseo. Para la última cara, tanto la jefe del área de diseño y desarrollo como el jefe de calidad serán los encargados de presentarla y diligenciar los formatos correspondientes.

Cada jefe de área registrará las novedades del día anterior y expondrá en la reunión diaria las causas y correctivos en caso de que se presentara una desviación en sus indicadores, para conocer la dinámica de la herramienta se explicará la función de cada sección de las caras del hexágono:

Sección 1. Indicadores

Se diseñarán indicadores los cuales medirán el comportamiento de cada proceso y la gestión diaria de cada uno, esto con el fin de mejorar la efectividad y disminuir las no conformidades que se puedan generar, estos indicadores tendrán unos objetivos que permitirán conocer las desviaciones de cada indicador y así generar un análisis de causas y un plan de acción para lograr la corrección de irregularidades. En la Figura 31, se evidencia un borrador ilustrando el indicador de calidad.

Figura 31. Indicador de calidad



Fuente: Elaboración propia con base en Fermat Comercial SA (2023).

Sección 2. Análisis de causas

En la segunda sección se diseñará un análisis de causas de la desviación de cada indicador, este análisis permite identificar las razones del incumplimiento de los indicadores y poder atacar el foco del problema. En la Figura 32, se evidencia un borrador ilustrativo del formato.

Figura 32. Análisis de causas calidad

ANÁLISIS DE CAUSAS												
CAUSAS DE SERVICIO TECNICO												
OPERACIÓN	FUGAS DE GAS	DEFECTOS EN LAMINA	TEMPERATURA	INCUMPLIMIENTO DE ESPECIFICACIONES	RUEDAS	OTROS						
CAUSAS DE NO LIBERACIÓN DE EQUIPOS												
OPERACIÓN	DISPONIBILIDAD DEL TERMINADOR	DEMORAS EN PROCESO	REPROCESOS	DISPONIBILIDAD DE INSUMOS	FALTA DE PERSONAL	OTROS						
CAUSAS DEL NO CUMPLIMIENTO EN LOS TIEMPOS DE ENTREGA												
DEVOLUCIÓN DE MATERIA PRIMA												
RETRASOS EN PROCESOS												
FALLAS EN MAQUINAS												
REPROCESOS												
SOLICITUD DE MATERIAL												
NOVEDAD EN TRANSPORTE												
	OPERACIÓN	FABRICANTES	PROVEEDORES	TRANSPORTE	OTROS							
NOVEDADES DEL TOUR EN PLANTA DE CALIDAD												
CORTE												
TRAZO												
DOBLADORAS												
PUNZONADO Y TROQUELADO												
INYECCIÓN												
PINTURA												
SOLDADURA ARGÓN Y MIT												
ENSAMBLE LÍNEA												
ENSAMBLE FABRICANTES												
SECCIÓN ELECTRICOS												
SECCIÓN TÉCNICOS												
SECCIÓN DE												
TERMINACIÓN Y LIMPIEZA												
	ESTADO DE MANTENIMIENTO	DESPLAZE DE VÍAS DE ACCESO	MANIPULACIÓN DE EQUIPOS	DESEMPEÑO DE BETAJORNAS	ALMACENAMIENTO DE PRODUCTO TERMINADO	CUMPLIMIENTO DE PROCESOS	ORDEN EN PROCESO	PERDIDA DE MATERIAL	MATERIA PRIMA DEFECTUOSA	ORDEN Y ASEO	OTROS	
ENE FEB MAR ABR MAY JUN JUL AGO SEP OCT NOV DIC												

Fuente: Elaboración propia con base en Fermat Comercial SA (2023).

Sección 3. Plan de acción

En el plan de acción se dejará por escrito el correctivo por el encargado de cada proceso, esta sección se le asignará un responsable, una fecha límite para su implementación y se hará el seguimiento correspondiente cada día, véase la Figura 33. Es importante resaltar que el incumplimiento de un correctivo genera una no conformidad y se tendrá que reprogramar hasta cumplirse al 100%.

Figura 33. Plan de acción

[illegible]

Fuente: Elaboración propia con base en Fermat Comercial SA (2023).

Esta herramienta se alimentará de un *check list* que se diligenciará con base a un tour en planta y se diligenciarán por los responsables de producción, calidad y sst. Este registro se hará diario y se dejarán por escrito las novedades encontradas en las instalaciones de la planta, las novedades encontradas también se registrarán en el indicador de cada cara del hexágono. Es de aclarar que las inspecciones se harán antes de la reunión diaria al igual que el diligenciamiento de

cada indicador con sus causas y correctivos, el formato se encuentra plasmado en la Figura 34.

Figura 34. Formato tour en planta

 Supernordico		FORMATO TOUR EN PLANTA																RESPONSABLE: _____ FECHA: _____		
		Trazo	Corte	Doblado	Línea 1	Línea 2	Fabricantes	Pintura	Vidrios	Argón	Tubería de cobre	Mantenimiento	Eléctricos	Técnicos	Terminación y limpieza	Recepción	Comercial	Administración		
S	CUMPLIMIENTO DE EPP'S																		MAIN CARD DEL DÍA	
	RIESGOS LOCATIVOS																			1
	COMPORTAMIENTOS INSEGUROS																			
M	ESTADO DE HERRAMIENTAS MANUALES																		2	
	ESTADO DE HERRAMIENTAS MECÁNICAS																		3	
	ESTADO DE LAS DOBLADORAS																			
Q	ESTADO DEL ACERO																			
	ESTADO DE LOS EQUIPOS EN INYECCIÓN																			
	ESTADO DE LOS EQUIPOS EN TERMINACIÓN																			
D	AUSENTISMO																		COMPORTAMIENTO INSEGURO	
	DISPONIBILIDAD DE MATERIA PRIMA																			UBICACIÓN
	DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS DEL CLIENTE																			TIPO DE COMPORTAMIENTO
E	CUMPLIMIENTO DEL DISEÑO																		NOMBRE DEL INFRACTOR	
	CUMPLIMIENTO DE LOS ESTÁNDARES DE ORDEN Y ASEO																			
	DESPEJE DE REDES CONTRA INCENDIOS																			
DONDE	DESPEJE DE VÍAS DE ACCESO																			
	ACCIONES A VALIDAR EN EL TOUR EN PLANTA																			
DONDE																				
	PROBLEMAS ENCONTRADOS EN EL TOUR EN PLANTA																			

Fuente: Elaboración propia con base en Fermat Comercial SA (2023).

Nivel 2: Seguimiento de la main card (Tarjeta de gestión de prioridades)

Una vez terminada la reunión se definen 3 planes de acción de carácter prioritario con un tiempo de respuesta corto y se escalonará ante gerencia para su evaluación y seguimiento. Este proceso es importante en el desarrollo diario de la operación y sus necesidades. El incumplimiento de los planes de acción propuestos se considerará una no conformidad.

La main card será un formato único que se plastificará y las propuestas diarias se escribirán con marcador borrable en el campo correspondiente, esto con el fin de que al día siguiente se puedan escribir nuevos correctivos sobre el formato, la composición del formato llevará los siguientes espacios:

- Fecha de la reunión
- N° de la acción
- Responsable del cumplimiento de cada propuesta
- Campo de observaciones

Las propuestas o acciones que no sean cumplidas se volverán a escribir en la reunión del día siguiente, aclarando que después del tercer incumplimiento el responsable de ejecutar esa acción será penalizado, el prototipo se puede ver en la Figura 35.

Figura 35. Prototipo de la main card

MAIN CARD		CÓDIGO:
		VERSIÓN:
FECHA:		VIGENCIA:
ACCIÓN 1		RESPONSABLE
ACCIÓN 2		RESPONSABLE
Página 1		
ACCIÓN 3		RESPONSABLE
OBSERVACIONES		

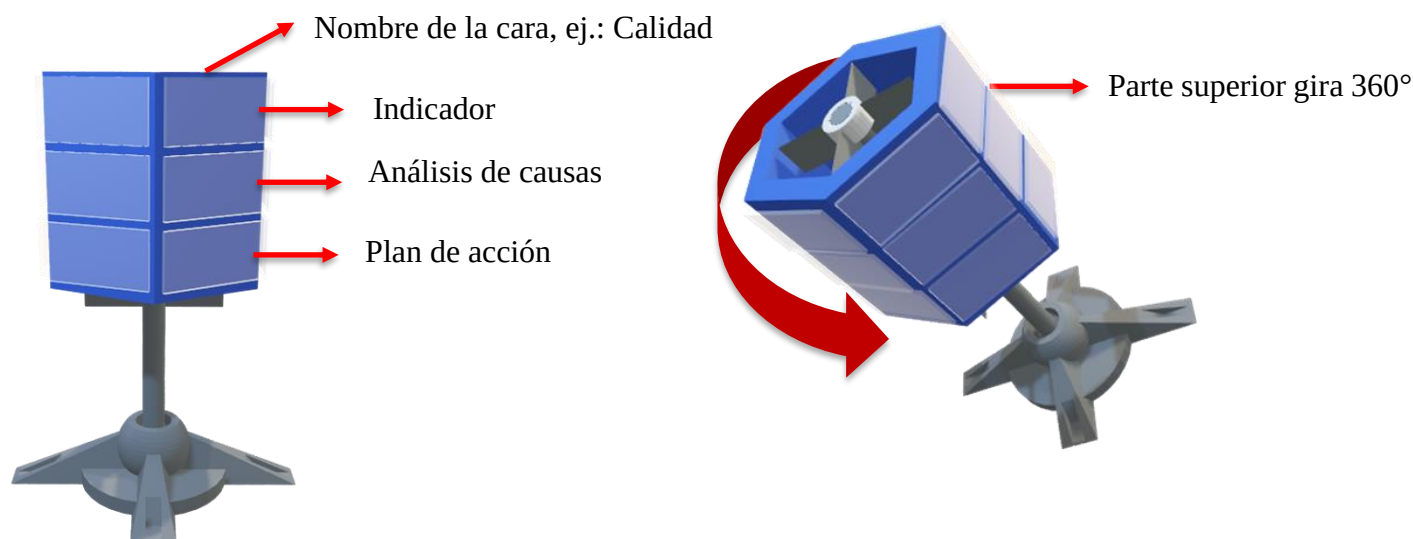
Fuente: Elaboración propia con base en Fermat Comercial SA (2023).

Nivel 3: Medición de desempeño de los procesos

Para el tercer nivel se hará una reunión mensual con gerencia presentando un informe del desempeño de los procesos durante el mes anterior, reportando el cumplimiento de los planes de acción junto con sus evidencias.

A continuación, se adjuntará un diseño en 3D de la base en la cual se verán reflejados los indicadores, Análisis de causas y plan de acción de cada cara y su ubicación en el hexágono, esta es una representación gráfica y su diseño final puede variar de acuerdo al fabricante de la estructura, véase la Figura 36.

Figura 36. Prototipo del hexágono



Fuente: Elaboración propia con base en Fermat Comercial SA (2023).

La estructura tendrá 6 caras y tendrá una forma hexagonal y la parte superior será giratoria (360°), esto sirve para una mejor presentación de los indicadores, cada cara tendrá en la parte superior su nombre el cual será identificada fácilmente, adicionalmente cada proceso tendrá tres partes como se había mencionado anteriormente, cada parte llevará un acrílico el cual incluirá un indicador con su análisis de causas y plan de acción. El objetivo de la implementación de esta herramienta es el control diario de la operación mediante indicadores y planes de acción que permitirán un mejoramiento continuo en cada proceso productivo y mejorando la eficiencia de cada uno. Se espera que con esta propuesta se lleve un registro de las mejoras en los procesos y permitirá ejecutar estrategias de manera oportuna. Cada indicador junto con sus respectivos formatos de causas y plan de acción se cambiarán mensualmente en el segundo día hábil del siguiente mes y en la parte inferior se marcarán en negro el mes en el que se está trabajando los formatos para identificarlos una vez sean archivados.

9. Análisis de costo beneficio de las propuestas

Para determinar el análisis de costo-beneficio de las propuestas se identifican los costos de no calidad asociados al reproceso del acero, para este caso se tienen en cuenta los sobrecostos del año 2022 registrados por el área de control de calidad.

En la siguiente tabla se ven asociados los costos de no calidad tomados del año 2022 para los aceros reprocesados durante el año en mención.

Costos de no calidad por reproceso del acero durante el año 2022

Tabla 8. Costos de no calidad por reproceso del acero

ACERO REPROCESADO	COSTOS DE NO CALIDAD
304	\$ 2.573.016
BRILLANTE	\$ 5.332.193
GALVANIZADO	\$ 455.431
OTRO	\$ 74.070
SATINADO	\$ 4.971.708
(en blanco)	\$ 85.159
Total general	\$ 13.491.577

Fuente: Elaboración propia con base en Fermat Comercial SA (2023).

Los costos asociados a la implementación de la estrategia 5s corresponden a \$ 5.591.969 COP y los costos de la implementación de plantillas son de \$122.590 COP, por otro lado, los costos asociados a la mano de obra de las dos estrategias son de \$214.157 COP.

Costos propuesta 1: implementación de metodología 5s

Tabla 9. Costos implementación metodología 5s

PROPUESTA 1: METODOLOGÍA 5S			
Material	N° de unidades	Valor unit (COP)	Valor Total (COP)
Laminadora térmica genérica	1	\$ 189.999	\$ 189.999
Bolsillo para laminar x 100 hojas	1	\$ 48.000	\$ 48.000
Resma de papel tamaño carta	1	\$ 25.000	\$ 25.000
Tablero de herramientas TBL tipo F	1	\$ 1.369.000	\$ 1.369.000
Angulo en acero 1 ½ x 1/8 mts x 6 mts	3	\$ 34.510	\$ 103.530
lámina formica wengue x m2	8	\$ 166.600	\$ 1.332.800
Banco de trabajo industrial tipo F	1	\$ 1.886.000	\$ 1.886.000
COSTO DE MATERIALES			\$ 4.954.329
Elementos de limpieza			
Solvente limpieza x garrafa de 20 litros	1	\$ 392.700	\$ 392.700
Guantes de nitrilo x caja	4	\$ 50.600	\$ 202.400
Bayetillas para limpieza	20	\$ 2.127	\$ 42.540
COSTO TOTAL			\$ 637.640
COSTO DE IMPLEMENTACIÓN METODO 5S			\$ 5.591.969

Fuente: Elaboración propia (2023).

Costo propuesta 2: Implementación de plantillas de trazo

Tabla 9. Costos de implementación plantillas de trazo

ESTRATEGIA N° 2: ASIGNACIÓN DE PLANTILLAS PARA TRAZO			
Material	N° de unidades	Valor unit (COP)	Valor Total (COP)
Resma de papel tamaño carta	2	\$ 25.000	\$ 50.000
Acero calibre 22 para plantillas / m2	1	\$ 72.590	\$ 72.590
COSTO TOTAL			\$ 122.590
COSTO DE IMPLEMENTACIÓN PLANTILLAS			\$ 122.590

Fuente: Elaboración propia (2023).

Costo propuesta 3: Diseño de la gestión diaria de procesos en 3 niveles

Tabla 10. Costos de implementación de hexágono

ESTRATEGIA 3: DISEÑO DE LA GESTION DIARIA DE PROCESOS EN 3 NIVELES			
Material	Cantidad/metros	Valor unit (COP)	Valor Total (COP)
Tubo redondo de acero de 2 x 2 pulgadas	6	\$ 93.834	\$ 563.004
Tubo cuadrado de acero de 2 x 2 pulgadas	6	\$ 73.454	\$ 440.724
Rueda en nylon de 3 pulgadas	4	\$ 12.257	\$ 49.028
Acero galvanizado	5	\$ 47.600	\$ 238.000
Angulo en acero	7,2	\$ 34.510	\$ 248.472
Pintura electrostática	3	\$ 35.000	\$ 105.000
Resma de papel tamaño A3	1	\$ 72.000	\$ 72.000
COSTO TOTAL			\$ 1.716.228
COSTO DE IMPLEMENTACIÓN DEL HEXÁGONO			\$ 1.716.228

Fuente: Elaboración propia (2023).

Tabla 11. Costos mano de obra para las tres estrategias planteadas

COSTO MANO DE OBRA			
Item	Cantidad/hora	Valor unitario	Valor total
Costo capacitación metodología 5s	2	\$ 90.000	\$ 180.000
Costo de folletos de folletos	3	\$ 7.131	\$ 21.393
Costo de elaboración de plantillas en acero	2	\$ 6.382	\$ 12.764
Costo de elaboración estructura hexágono	40	\$ 6.250	\$ 250.000
Costo de pintado de estructura hexágono	8	\$ 6.250	\$ 50.000
COSTO TOTAL MANO DE OBRA			\$ 514.157

Fuente: Elaboración propia (2023).

Tabla 12. Inversión total del proyecto

INVERSIÓN INICIAL	\$ 7.944.944
TASA DE DESCUENTO	9%

Fuente: Elaboración propia (2023).

Para establecer la viabilidad del proyecto de la metodología 5s y la implementación de plantillas de trazo para equipos verticales de 22, 40 y 44 pies se determinan los ingresos y los egresos en los cuales se incluyen los costos de no calidad por reprocesos del acero junto con el valor de la inversión y mediante la herramienta VAN y la tasa de descuento actual se realiza la fórmula para construir el costo beneficio del proyecto, la fórmula utilizada en el análisis es la siguiente:

Ecuación 22. Análisis costo beneficio

$$\text{Costo beneficio} = \frac{VNA \text{ Ingresos}}{VNA \text{ Egresos} + Inversión}$$

$$\text{Costo beneficio} = \frac{\$ 2.781.204.725}{\$ 542.027.962} = 5,13$$

De acuerdo al análisis, la implementación de ambas propuestas en conjunto, es viable ya que el retorno de la inversión es de 5,13.

10. Conclusiones

- Mediante herramientas de ingeniería como el diagrama de Ishikawa y diagrama de Pareto se identificaron las causas que generan los costos de no calidad en la planta de producción, siendo el reproceso de la lámina de acero calibre 24 el material que genera un mayor aumento de estos costos.
- Con base a la identificación del problema, los procesos que generan los mayores costos de no calidad, son los que se encuentran asociados a la línea de producción con un 47,7% del total de salidas no conformes registrados en el año 2022, siendo el área de trazo el que generó el 39% de los reprocesos de acero calibre 24 en la línea.
- Las causas principales de las salidas no conformes de la planta de producción se deben a errores relacionados a la mano de obra. Errores de medida, error en proceso y manipulación son las causas más comunes de acuerdo a los registros del área de control de calidad.
- El enfoque del proyecto se centra en los costos de no calidad generados por reprocesos en el acero, ya que estos superaron los 13 millones de pesos en el año 2022, siendo este material el más caro debido a los costos de importación y variaciones del dólar.
- Se realizó un análisis de capacidad actual de los procesos con el fin de identificar los cuellos de botella de la línea, en este caso según los resultados obtenidos, es el área de trazo el que genera demoras en el proceso y además es el proceso que mayores registros de salidas no conformes tuvieron durante el año 2022.
- La propuesta 5s es una metodología útil para atacar los problemas de orden y aseo en puestos de trabajo que a menudo generan afectaciones a las láminas de acero, debido a pequeñas partículas de acero y otros elementos que no generan valor al proceso, rayan o golpean el material causando salidas no conformes.
- La implementación de las plantillas de trazo reducirá un 16% el tiempo total de trazado de equipos de referencia 22, 40 y 44 pies ensamblados en la línea de producción.
- La implementación de las hojas de corte pre diligenciadas reducirá un 95% el tiempo de diligenciamiento de los formatos.
- Basados en los costos de inversión y el análisis beneficio-costos se puede considerar que las dos propuestas planteadas en el proyecto son viables para la empresa.
- La principal limitación del proyecto se debe a la falta de información más específica sobre la línea de estudio, sin embargo se levantó la información necesaria para poder cumplir con el primer objetivo.
- Se cumplieron con los tres objetivos propuestos en el proyecto, sin embargo este trabajo puede servir de base para futuros proyectos dentro de la organización de estudio y poder mejorar los procesos de producción de la planta Fermat Comercial SA.

11. Recomendaciones

- De acuerdo al estudio que se realizó en el proyecto, es necesario implementar estas estrategias a corto plazo para disminuir reprocesos en las láminas de acero y además generar ambientes de trabajos óptimos para los colaboradores de la planta, principalmente para la línea de producción.
- Generar controles periódicos a las estrategias para llevar registros de trazabilidad y el porcentaje de cumplimiento de cada una, es importante el compromiso por parte de gerencia y jefes de área para que se lleve a cabo con éxito el proyecto.
- Divulgar de manera clara y veraz los objetivos de la metodología 5s al personal operativo, además de capacitarlos correctamente en cada una de las fases del proyecto para que se les facilite la comprensión y puedan tener rendimientos positivos en la implementación de la estrategia.
- La persona encargada de liderar la metodología 5s debe tener clara las actividades de cada una de las fases y total dominio del tema para evitar generar confusiones entre los colaboradores de la planta.
- Mantener informada a gerencia con reportes mensuales sobre los resultados y posibles desviaciones de los indicadores, dado el caso presentar los correctivos necesarios para mejorar estas desviaciones.

Bibliografía

1. ACAIRE. (2017). *Refrigeración y aire acondicionado Crecimiento del sector*. <https://Acaire.Org/2018/07/09/Refrigeracion-y-Aire-Acondicionado-Crecimiento-Del-Sector/>.
2. ANDI. (2022). *CONTEXTO NACIONAL*.
3. Espinoza, C. (2018). “*ESTUDIO DEL TRABAJO EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE TURRONES PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DE MANO DE OBRA EN LA EMPRESA PANIVILLA S.A.C.*”.
4. García. (2020). *Distribución en Planta*. <http://hdl.handle.net/10251/152734>
5. González Correa, F. (n.d.). *MANUFACTURA ESBELTA (LEAN MANUFACTURING). PRINCIPALES HERRAMIENTAS*. In *Revista Panorama Administrativo Año* (Vol. 1, Issue 2).
6. Heidy, I., & Villa Buitrago, J. (2015). *Un Método para la Definición de Indicadores Clave de Rendimiento con base en Objetivos de Mejoramiento An Improvement-goal-based method for defining Key Performance Indicators*.
7. Heizer, J. H., Render, Barry., Murrieta Murrieta, J. Elmer., & Haaz Díaz, Guillermo. (2009). *Principios de administración de operaciones*. Pearson Educación.
8. Hudson William. (n.d.). *Manual_Del_Ingeniero_Industrial_Maynard*.
9. Martínez Urueña, A. M., & Mateus Moreno, M. A. (2020). *IMPORTANCIA DEL TALENTO HUMANO Y HERRAMIENTAS TECNOLÓGICAS EN EL DESARROLLO ORGANIZACIONAL, PARA LA MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD LABORAL*. *Revista Ingeniería, Matemáticas y Ciencias de La Información*, 7(14), 117–126. <https://doi.org/10.21017/rimci.2020.v7.n14.a88>
10. Ministerio de trabajo. (2019). *MiPymes*.
11. Niebel Benjamin. (n.d.). *Ingeniería industrial. Metodos, estandares y diseno del trabajo*. www.FreeLibros.me
12. Patel, A. K., Tomar, P. R., & Nagila, R. P. (2017). *Reducing Material Searching time by implementing 5S in Stores Department of Manufacturing Industry*. <http://www.ijritcc.org>
13. Rajesh, E., Mehta, K., Mehta, D., & Mehta, N. K. (2012). *An Exploratory Study on Implementation of Lean Manufacturing Practices (With Special Reference to Automobile Sector Industry)*.
14. Richard Chase, R. J. (n.d.). *Administracion-de-Operaciones-Produccion-y-Cadena-de-Suministro-13edi-Chase*.
15. Rico, Mcl., Aide Maldonado, M., Teresa Escobedo, Mcl., & de la Riva, J. R. (2005). *CULCyT//Estudio de Tiempos Técnicas Utilizadas para el Estudio de Tiempos: un Análisis Comparativo*.
16. Scadia Ismael. (2016). *MEJORA DE PROCESOS PRODUCTIVOS MEDIANTE LEAN MANUFACTURING*. 28(39).
17. Viviana, B., & Guzmán, R. (n.d.). *Fortalecimiento de la productividad mediante la gestión de calidad en el sector agroindustrial. Estudio de caso: empresas de la industria láctea colombiana*.