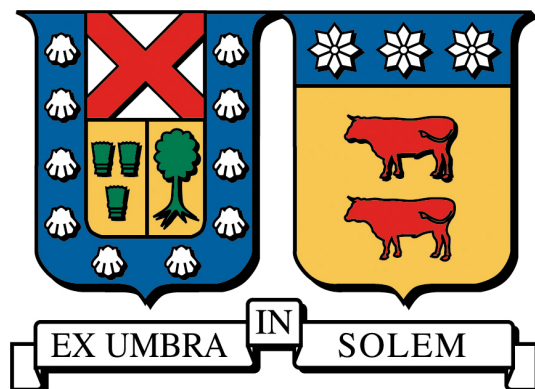


UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE MECANICA
SANTIAGO DE CHILE- CHILE



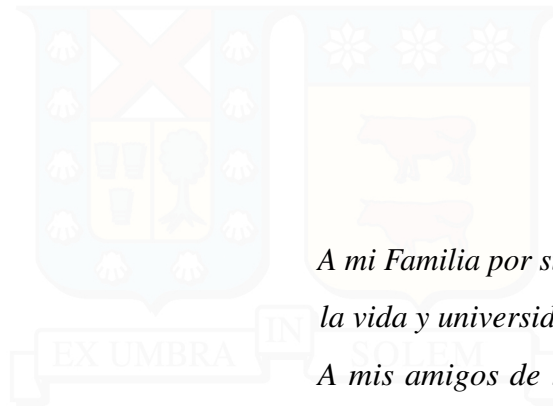
**PROPUESTA DE MEJORA A MODELO PRODUCTIVO DE
MÁQUINA DE CORTE DE PLASMA CNC Y APLICACIÓN DE
PILOTO PARA MÁQUINA DE CORTE METAL-MECÁNICA**

Iñaki Andrés Rosas Paetz

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE
Ingeniero Civil Mecánico

PROFESOR GUÍA : Ing. Nelson Alvarez Campillay
PROFESOR CORREFERENTE : Ing. Luís Guzmán Bonet

25 de abril de 2018



*A mi Familia por su apoyo constante en
la vida y universidad.*

*A mis amigos de toda la vida y de la
universidad por estar siempre ahí.*

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a:

Mi profesor guía por entregarme las herramientas y directrices para desarrollar este proyecto y, a la colaboración de mi profesor correferente por su constante apoyo y consejos para encontrar la línea correcta del trabajo.

Mi familia, por ser siempre un soporte y entregarme la formación ética, moral y valórica que permitieron que me convirtiera en un profesional proactivo y correcto que busca ser un aporte para la sociedad.

La Universidad, por darme la formación para ser un profesional que sea un aporte real a la sociedad , enalteciendo el nombre de la Universidad y así mismo el de las futuras generaciones.

Mis amigos de la universidad y colegio, por ser un soporte constante durante el transcurso de la carrera, de mi formación personal y profesional.

RESUMEN

El proceso de corte es la base de la cadena productiva de la industria metal-mecánica. Esto se replica fielmente en la cadena productiva en el centro de distribución de “Küpper Hnos” donde, si llegase a existir variabilidad en los tiempos de corte, el producto final no llegará a cumplir con las expectativas del cliente, impactando directamente en la visión externa de la empresa y, en su demanda futura.

Para mitigar la variabilidad que es producida por los distintos factores que impactan a la línea de corte, se desea diseñar una propuesta de modelo productivo para la máquina de corte CNC plasma, a través de la filosofía Lean Management y aplicación de herramientas simples y económicas.

Este proceso se inicia con un levantamiento del estado actual del proceso y riesgos, para así determinar, cuales son los tiempos de proceso y, revelar por consiguiente cuales son los cuellos de botella dentro de la cadena de corte. Además se buscó mejorar la seguridad de los trabajadores y de las máquinas.

También, se buscó estandarizar el proceso al aplicar procedimientos de acuerdo a los puntos de la cadena productiva que necesiten mejora, aplicando las herramientas de trabajo de la filosofía Lean.

Este proceso culmina con la creación de herramientas de gestión visual dentro de un plan piloto del modelo propuesto basado en la filosofía de Lean Management.

Este proceso culmina con la creación de herramientas de gestión visual dentro de un plan piloto del modelo propuesto basado en la filosofía de Lean Management.

Fruto de este trabajo se obtuvo un incremento en el porcentaje de valor agregado de la línea de corte, de un 4,2 % a 5,7 %, junto a la disminución de los tiempos de 15,4 % y 7,4 % en los subprocesos de carga de material y corte; corte y descarga de material respectivamente y, se logra controlar la variabilidad de la producción desde un 15,79 % a 3,71 %.

ABSTRACT

The cutting process is the base of the productive chain in the metal-mechanic industry. This is faithfully replicated in productive chain at the Kupfer Hnos' distribution center, where, if there were to be any variability in the cutting times, the final product wouldn't match the client's expectations which would impact directly the company's image and its demand in the future.

In order to mitigate the variability produced by the different factors that affects the cutting line, one of the many goals of this work it is to design a proposal for a new productive model for the CNC plasma cutting machine using the Lean Management philosophy with simple and low cost tools.

This process starts with an assessment of the current state of the chain of processes and risk measures, so as to determinate which are the processing times and therefore reveal the bottlenecks within the chain of processes. Besides, as a byproduct, improvements in security for workers and machines were developed.

Also, the processes was standardized applying procedures according to the different components of the productive chain which required improvement, according to Lean Management philosophy. This process culminates with the creation of visual management tools as part of the pilot plan based on the Lean Management philosophy.

This work had many fruits, it achieved an increase of the added value in the cutting line of 4.2 % and 5.7 % with a decrease of times of 15.4 % and 7.4 % in the sub process of material charge and cut, cut and download of the material respectively. It was also possible to control the production variability which started at a 15.79 % at the beginning and descended to 3.71 % at the end.

Índice de Contenidos

1. Introducción	1
1.1. Objetivos	2
1.2. Plan de trabajo	2
1.2.1. Antecedentes del lugar de trabajo	3
2. Marco Teórico	8
2.1. Lean Management	8
2.1.1. Concepto de Lean Management	9
2.1.2. Concepto de agregar o quitar Valor	9
2.1.3. Concepto de desperdicio o MUDA	10
2.2. Herramientas del modelo	11
2.2.1. Value Stream Mapping (VSM)	12
2.2.2. Lead Time o “Tiempo de ciclo”	12
2.2.3. Técnica del ¿Por qué?	13
2.2.4. Diagrama de hilos	13
2.2.5. Brainstorming o “Tormenta de ideas”	13
2.2.6. 5S	14
2.2.7. Diagrama de Ishikawa	17
2.2.8. Poka-Yoke o “A prueba de errores”	18
2.2.9. Kanban	19
2.3. Gestión del cambio	20
2.4. Metodologías de la mejora continua	22
3. Metodología de medición	27
3.1. Metodología a seguir durante el estudio	27
3.2. Medición de tiempos de proceso	28
3.3. Medición de tiempos muertos	31
3.3.1. Tiempos muertos entre procesos	31
3.3.2. Otros tiempos muertos externos al proceso de corte	32
3.4. Levantamiento de riesgos en la operación	32

4. Resultados del estudio	35
4.1. Estado del proceso y evaluación de cadena de valor.	35
4.1.1. Estudio de tiempos de proceso.	35
4.1.2. Evaluación de cadena de valor.	41
4.2. Estudio de riesgos del proceso	48
4.3. Estandarización del proceso	49
4.3.1. Análisis de problemas y riesgos.	50
4.3.2. Creación y mejora de procedimientos.	55
4.3.3. Demarcación de las zonas de trabajo y tránsito.	55
4.4. Modelo de producción y de trabajo	60
4.4.1. Aplicación de herramientas de mejora	61
5. Conclusiones	71
5.1. Conclusión General	71
5.2. Conclusiones específicas	72
5.3. Recomendaciones	74
Bibliografía	75
6. Anexo	76
6.1. Anexo 1: Procedimientos del proceso	76
6.1.1. Procedimiento de entrega de material	76
6.1.2. Procedimiento de carga y descarga de material	80
6.1.3. Procedimiento de corte	82
6.2. Anexo 2: Diagrama de hilos	87
6.3. Anexo 3: Ejemplo hoja de ruta	88

Índice de Tablas

3.1. Diferencias entre metodologías. Fuente: asq.org	28
4.1. Tabla de tiempos muertos externos al proceso. Fuente: Elaboración propia.	38
4.2. Tabla de resumen y eficiencia de tiempos. Fuente: Elaboración propia.	38
4.3. Tabla de tiempos de seguimiento	46
4.4. Matriz de impacto. Fuente: Elaboración propia.	52
4.5. Tabla de clasificación. Fuente: Elaboración propia.	53
6.1. Cantidad de muestras según cantidad de piezas del pedido.	85

Índice de Figuras

1.1. Plan de Trabajo. Fuente: Elaboración propia.	3
1.2. Lay Out de la planta Fuente: Küpfer Hnos S.A.	4
1.3. Lay Out Nave 1 Fuente: Küpfer Hnos S.A.	5
1.4. Organigrama del sector de subgerencia de aceros. Fuente: Küpfer Hnos S.A.	7
2.1. Herramientas y programas de la filosofía Lean. Fuente: Elaboración propia.	12
2.2. Diagrama de Ishikawa	18
2.3. Ejemplo de Kanban. Fuente: LeanKit.	19
2.4. Los 8 pasos de Kotter	20
2.5. Ejemplo de informe A3. Fuente: asq.org	26
3.1. Primer Standard Job creado. Fuente: Elaboración propia.	29
3.2. Standard Job definitivo utilizado durante el proceso de medición. Fuente: Elaboración propia.	30
3.3. Circulación de los operadores y maquinaria. Fuente: Elaboración propia.	34
4.1. VSM actual del proceso. Fuente: Elaboración propia.	36
4.2. Ejemplo de representación de datos en promedio. Fuente: Elaboración propia.	37
4.3. Línea base durante mediciones. Fuente: Elaboración propia.	40
4.4. VSM del proceso incluyendo los desperdicios. Fuente: Elaboración propia.	43
4.5. Seguimiento de un operador por la planta. Fuente: Elaboración propia.	45
4.6. Distancia recorrida por un operador. Fuente: Elaboración propia.	47
4.7. Diagrama de Ishikawa de Seguridad. Fuente: Elaboración propia.	49
4.8. Diagrama de Ishikawa de entrega de material. Fuente: Elaboración propia.	50
4.9. Representación de la matriz de impacto. Fuente: Elaboración propia.	54
4.10. Tránsito entre la máquina y borde nave. Fuente: Elaboración propia.	56
4.11. Continuación tránsito alrededor de máquina. Fuente: Elaboración propia.	56
4.12. Zona de acopio de material. Fuente: Elaboración propia.	57
4.13. Letrero de demarcación para mangueras. Fuente: Elaboración propia.	58

4.14. Panel de números de emergencia. Fuente: Elaboración propia. 59

4.15. Posicionamiento de los carteles de seguridad. Fuente: Elaboración propia. 60

4.16. Panel de gestión visual M3. Fuente: Elaboración propia. 62

4.17. Mueble antes de aplicar 5S. Fuente: Elaboración propia. 64

4.18. Mueble después de aplicar 3 primeras S. Fuente: Elaboración propia. . . 64

4.19. Organización de mesa. Fuente: Elaboración propia. 65

4.20. Folleto explicativo 5S para los operadores y cualquier involucrado.
Fuente: Elaboración propia. 66

4.21. VSM deseado con las mejoras. Fuente: Elaboración propia. 67

4.22. Indicadores de pedidos y eficiencia. Fuente: Elaboración propia. 69

6.1. Diagrama de hilos de la circulación de los operadores y maquinaria.
Fuente: Elaboración propia. 87

6.2. Hoja ruta de la máquina M3. 88

1 | Introducción

El centro de distribución de **Küpfer Hermanos S.A.**, ubicado en Camino Antigo Coquimbo, Lo Pinto, posee un proceso productivo enfocado en la industria metalmeccánica en un espacio de 12 hectáreas de terreno, con 11 naves de producción. El proceso comienza con la distribución del material hacia las líneas de corte, para luego alimentar los siguientes procesos que dan forma al acero, pasando a la línea de armado de vigas utilizando soldadura en arco sumergido, armado de estructuras, cilindrado o plegado. Este proceso productivo es la conjunción de máquinas, espacios de trabajo y trabajador, que busca llegar al producto deseado por el cliente, por lo cual la productividad debe ser lo suficientemente eficaz y eficiente. Las máquinas deben tener una disponibilidad alta, la cual deriva de un mantenimiento debidamente aplicado y los operadores deben estar capacitados para responder a cualquier emergencia de la línea productiva. La unión de estos factores debe asegurar una producción que no muestre una mayor variabilidad a la permitida por los estándares ya establecidos pues, si alguno de los factores comienza a fallar, se presentarán defectos en los productos afectando tanto la velocidad de producción como también los resultados esperados por el cliente que siempre busca obtener la mayor calidad.

Por lo tanto, comienzan a surgir las interrogantes: ¿Qué es necesario para eliminar los defectos o problemas de la producción?, ¿Dónde se tienen estos problemas?, ¿Cómo se puede reducir la variabilidad de la producción?

1.1. Objetivos

El objetivo general de este trabajo de título es entregar una propuesta al modelo productivo de una máquina de corte CNC plasma, donde se intentará disminuir la variabilidad del proceso con la aplicación de un piloto en la máquina, mediante la utilización de herramientas de la metodología Lean.

Se establecen los siguientes objetivos específicos, para poder alcanzar el propósito de este trabajo de título:

- Realizar un levantamiento del estado actual del proceso
- Evaluar la cadena de valor de la operación de corte en industria metal-mecánica.
- Hacer un levantamiento de los riesgos en la operación.
- Lograr la estandarización de proceso en máquina de corte CNC.
- Diseñar y proponer modelo de producción, de trabajo y gestión visual en máquina piloto, aplicando metodología Lean.

1.2. Plan de trabajo

Para alcanzar los objetivos propuestos y cumplir con lo establecido anteriormente, en esta sección se presenta el siguiente plan de trabajo de la figura 1.1:

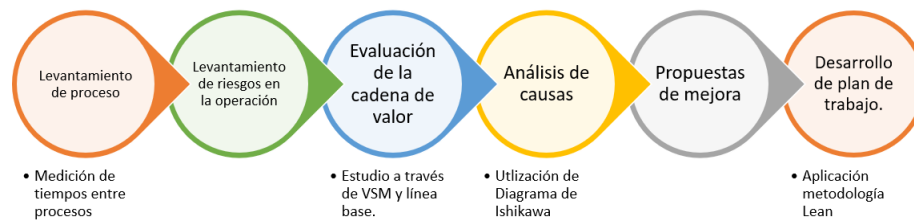


Figura 1.1: Plan de Trabajo. Fuente: Elaboración propia.

Se iniciará el estudio con un levantamiento del estado del proceso, en el cual se medirán los tiempos de entrada, carga, corte de piezas, descarga y salida, en la máquina *Multitherm 3*. Este proceso se realizará con la ayuda de la hoja de trabajo estándar diseñada para el proceso. Al mismo tiempo, se podrán medir y anotar los riesgos de la operación, para así desarrollar un mejor análisis.

Posteriormente se realizará una evaluación de la cadena de valor del proceso, donde se identificarán los procesos que agregan valor al producto y los desperdicios de la cadena productiva. Al detectar las causas raíces de los problemas con la ayuda de los diagramas causa-efecto, se iniciará el proceso de propuestas de mejora, para así controlar la variabilidad detectada en el punto de levantamiento del estado del proceso.

Se finaliza el estudio con la aplicación de un plan piloto, donde se utilizan las mejoras diseñadas y el trabajo realizado con los operadores en terreno, tales como la creación de un panel de gestión visual y aplicación de otras herramientas de la filosofía Lean.

1.2.1. Antecedentes del lugar de trabajo

En esta sección presenta el lugar físico del lugar de trabajo, como el Lay-Out de la planta del centro de distribución:

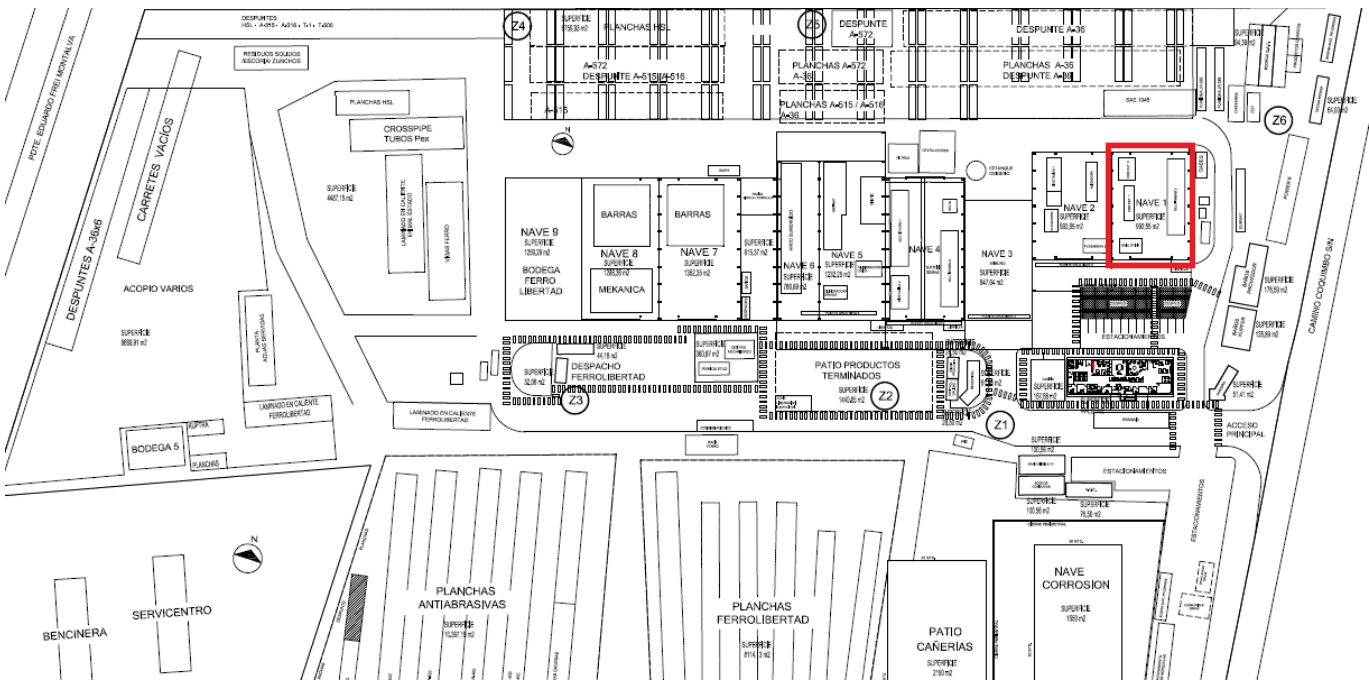


Figura 1.2: Lay Out de la planta Fuente: Küpfer Hnos S.A.

El estudio se realizará de manera más específica en el sector Oriente de la planta, demarcado en rojo en 1.2, en la Nave de producción 1:

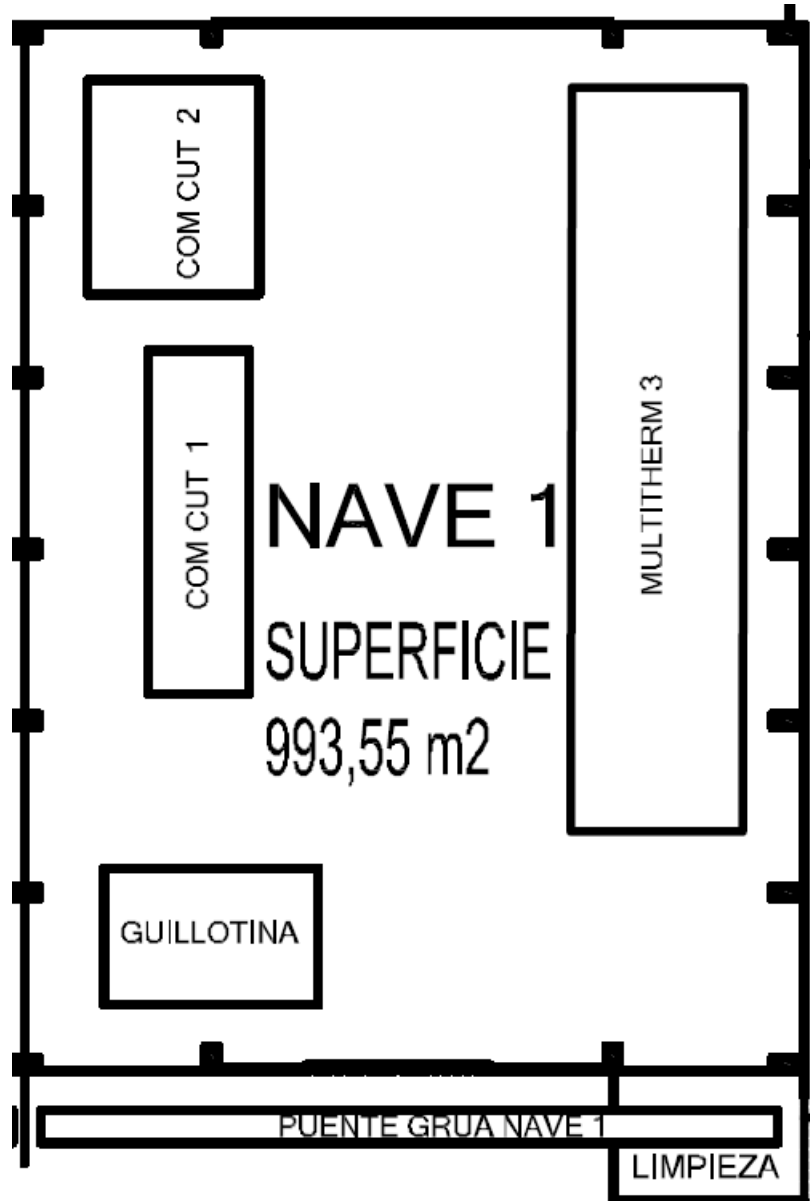


Figura 1.3: Lay Out Nave 1 Fuente: K pfer Hnos S.A.

Especificaciones de la máquina de corte.

El equipo que será estudiado corresponde a máquina de corte Multitherm de Messer , con el número 3 en el caso de Kúpfer.

- Máquina: Messer, fuente de poder HiFocus 360i (60-360 A).
- Proceso: Corte por plasma CNC.
- Materiales: Espesores de corte (efectivos): 3-25 mm.

- Se definirá la estación de trabajo como N1-M3.

Organigrama

A continuación, se presenta el Organigrama del equipo de trabajo de subgerencia:

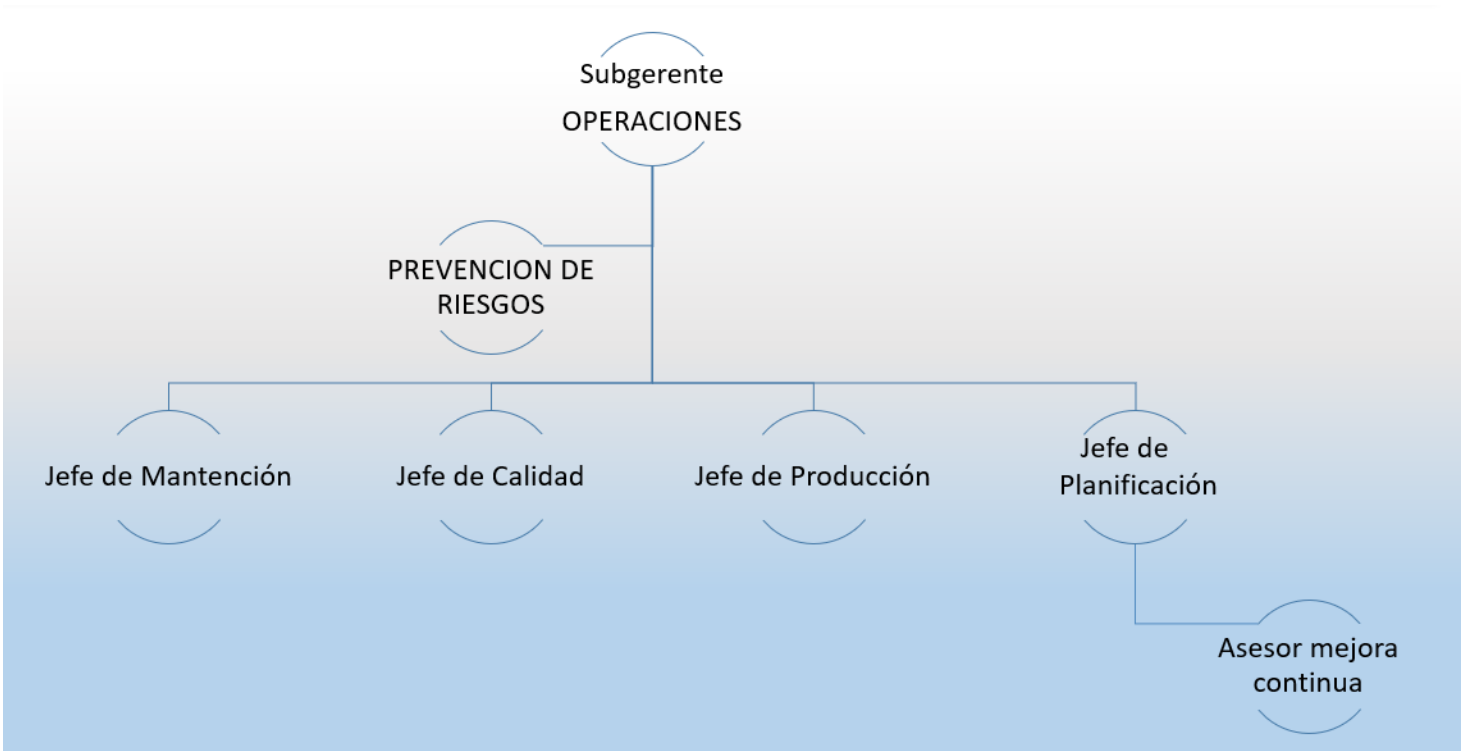


Figura 1.4: Organigrama del sector de subgerencia de aceros. Fuente: Küpfer Hnos S.A.

2 | Marco Teórico

En este capítulo se establecen los conocimientos base necesarios para el desarrollo del presente trabajo de título. Se definirán los fundamentos sobre el cual se basa el estudio, recopilando información existente en la bibliografía además de los conceptos estudiados y profundizados en el transcurso de la carrera académica.

2.1. Lean Management

Lean Management es una filosofía de mejoramiento continuo, que nació en Japón cerca de la mitad del siglo XX y está basada en el sistema productivo de Toyota (*TPS*). Este sistema se centra fundamentalmente en la motivación de los trabajadores, en mantener el inventario óptimo o estrictamente necesario para el funcionamiento continuo, además del ritmo al que debe funcionar la planta, entre otros (Womack y Jones, 2013).

2.1.1. Concepto de Lean Management

Lean Management es un modelo de gestión que logra obtener grandes impactos en el proceso a bajo coste, donde el proceso se realiza de una manera más “ajustada” o “esbelta” evitando gran cantidad de actividades innecesarias en el proceso, y logrando que el cliente obtenga su producto de la manera deseada y, al mismo tiempo, a un precio competitivo. Mediante el Lean Management, se logran obtener grandes servicios y/o servicios a bajo coste al disminuir las actividades que interrumpen la cadena de valor del producto (Cuatrecasas y Arbós, 2015).

Esta filosofía se basa en 2 ejes principales:

- Eliminación de desperdicios o Mudas.
- Una gran flexibilidad en el proceso productivo.

2.1.2. Concepto de agregar o quitar Valor

El concepto de valor corresponde a dar prioridad a aquello que le importa al cliente, aquello que él busca en su producto final y cuanto está el dispuesto a pagar. Por lo tanto, aquellos encargados del proceso productivo deben realizar un auto análisis preguntándose si cada sub proceso “ ¿aporta valor al cliente?”. Con esa simple pregunta, se puede realizar un estudio más profundo de cuán rápida es la respuesta a las exigencias externas, impactando positivamente al proceso y a la organización (Cuatrecasas y Arbós, 2015).

2.1.3. Concepto de desperdicio o MUDA

Cuando un proceso dentro de la cadena de producción no agrega valor, este puede ser considerado como un desperdicio, ya que solo retrasa y afecta la producción. Estos desperdicios tienen el nombre de *MUDAS* en la filosofía Lean, y son clasificados en 8 distintos tipos:

1. Muda por defectos o insuficiencia en la calidad: Este desperdicio corresponde a la falla en la calidad de los productos finales, ya que vienen con algún defecto en su funcionamiento o estética, lo que obligaría a su un reprocesamiento o eliminación, generando atrasos en la línea de producción o desajustes en la programación de la organización (Cuatrecasas y Arbós, 2015).
2. Muda por sobre producción: Este desperdicio es encontrado cuando se produce más de lo necesario por el o los clientes, provocando un stock de producto terminado que no será utilizado o vendido. Este desperdicio es peligroso, ya que al producir en gran cantidad se pueden ocultar otros tipos de desperdicios (Cuatrecasas y Arbós, 2015).
3. Muda por inventario: Este desperdicio se da cuando el proceso trabaja a un ritmo de sobre producción, lo cual produce un inventario en bodega, que termina como capital detenido. También se tiene el caso de tener inventario entre máquinas o procesos, este caso se produce cuando se ingresa más material del necesario a la producción o el sobrante no se retira (Cuatrecasas y Arbós, 2015).
4. Muda por espera: Este desperdicio ocurre cuando un operador, un supervisor, un cliente o un proveedor debe esperar al avance de un proceso, ya sea por la lentitud de producción o porque existen sobre procesos en un lugar que provocan demoras

(Cuatrecasas y Arbós, 2015).

5. Muda por transporte: Este desperdicio ocurre cuando un producto, o un material debe ser transportado de un lado a otro, ya sea porque entorpece el proceso o no se tiene claro donde se debe llevar, o porque el proceso está mal organizado (Cuatrecasas y Arbós, 2015).
6. Muda por movimiento: Este desperdicio corresponde a los movimientos de personal que no agregan valor a la producción. Los tiempos de movimientos excesivos son un desperdicio de tiempo y energía, que se pueden evitar al no utilizar a una misma persona para tareas distintas y que estén a gran distancia entre ellas (Cuatrecasas y Arbós, 2015).
7. Muda por procesamiento: Este desperdicio se encuentra en las organizaciones que tiene muchos procesos para poder realizar un trabajo, buscar una aprobación, o un cierto papel para continuar con la operación (Cuatrecasas y Arbós, 2015).
8. Muda por Talento sin utilizar: Este es un nuevo tipo de desperdicio, ya que muestra la ineficiente utilización, por parte de la organización, de sus trabajadores, ya que el personal es el recurso más significativo de la organización (Cuatrecasas y Arbós, 2015).

2.2. Herramientas del modelo

En esta sección se presentan las herramientas con las que se puede implementar la filosofía Lean:

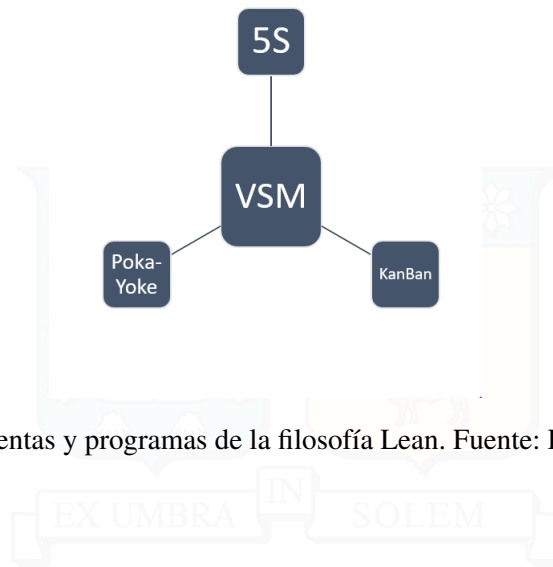


Figura 2.1: Herramientas y programas de la filosofía Lean. Fuente: Elaboración propia.

2.2.1. Value Stream Mapping (VSM)

Corresponde a una representación visual de las etapas que agregan o no valor al producto y/o servicio (Womack y Jones, 2013). Al utilizar el mapa de flujo de valor es posible:

- Demostrar la conexión o interacción que existe entre el material que se procesa, con el flujo de información que lo guía.
- Identificar los puntos de quiebre de la cadena productiva.
- Identificar las zonas de desperdicios o Mudas.

2.2.2. Lead Time o “Tiempo de ciclo”

El Lead-Time o tiempo de ciclo corresponde al tiempo en el que se llevan a cabo todas las actividades sobre el producto a obtener; es decir, el tiempo en el que entra a la línea

de producción y terminan todos sus procesos (Cuatrecasas y Arbós, 2015).

2.2.3. Técnica del ¿Por qué?

Esta técnica se utiliza para análisis simples y obtener aproximaciones bastante acertadas y de manera rápida sobre las posibles causas raíces a los problemas encontrados.. Este método tiene 5 fases o rondas de ¿Por qué?, donde se llevan registros de las respuestas y evidencias que respaldan aquellas respuestas y luego, se continúa a la siguiente ronda para realizar el mismo proceso (Pistarelli, 2010).

2.2.4. Diagrama de hilos

El diagrama de hilos corresponde al seguimiento de los operadores, observando el patrón que realizan dentro de un sector, para así identificar donde se encuentran los desperdicios de “movimientos” y “transporte” que están presentes en el lugar de trabajo. (Womack y Jones, 2013)

2.2.5. Brainstormig o “Tormenta de ideas”

Una Tormenta de ideas es una herramienta trabajada de manera grupal, la cual se nutre de los conocimientos o imaginación de cada integrante, para así tener una primera aproximación de los problemas o fallas y, de esa forma lograr la creación de un diagrama causa-efecto. Además, cabe el caso de proponer soluciones posibles para la etapa de mejora.

El grupo debe, dentro de un tiempo determinado, pensar y anotar ideas sobre la causa de

los problemas (Pistarelli, 2010).

2.2.6. 5S

Este programa fue desarrollado en Japón, con el objetivo de obtener una mayor seguridad, orden y eficiencia en los procesos. Su nombre son 5 conceptos en japonés, que comienzan con la letra "S" y, cada una es una etapa en el proceso de cambio del lugar y filosofía de trabajo. En esencia, es un proceso donde se elimina lo que no se utiliza en el área de trabajo, se asigna un lugar fijo para lo necesario, se hace y mantiene una limpieza excepcional del mismo lugar, se establecen las nuevas condiciones como la nueva realidad o estándar y, finalmente se sostiene este esfuerzo o se mantiene la filosofía (Womack y Jones, 2013).

Esto crea un lugar de trabajo más agradable, ya que, al tener orden es posible encontrar las herramientas o lo buscado más rápidamente, disminuyendo el estrés. Se reducen los desperdicios en el área de trabajo, se disminuye la posibilidad de tener accidentes, al tener una visión más clara y también se facilita la limpieza.

1. **SEIRI** (Simplificación): *"Sólo lo necesario para realizar el trabajo diario"*.

Se procede a separar y clasificar lo que es necesario para el trabajo diario:

- **Necesario:** Si es de uso constante en el trabajo diario, se debe mantener en el mismo lugar de trabajo, para no tener que perder tiempo de trabajo caminando a buscar la herramienta o equipo necesario para poder desarrollar la tarea. En el caso de que sea uso ocasional, la herramienta o el equipo necesario se debe mantener cerca del área de trabajo, para que no moleste dentro del proceso normal y, además, para no tener que perder tiempo

caminando muy lejos para encontrarlo.

- Inecesario: En este caso, lo que se encuentra en el área de trabajo y que se usa de manera ocasional debe ser retirado o eliminado, ya que solo aporta retrasos, o desordena el lugar.
- Duda: En el caso de tener alguna duda sobre en qué ocasión será utilizado el ítem encontrado, este debe ser guardado y, realizar algún análisis posterior, para así obtener cuán necesario es a lo largo del tiempo.

Como ayuda para realizar un trabajo más fácil y organizado, se pueden usar tarjetas de colores (verde, amarillo y rojo, siguiendo el uso de constante, ocasional, e infrecuente sucesivamente), donde se obtiene una visual mas clara de la clasificación.

2. SEITON (Organizar): *“Un lugar para cada cosa, y cada cosa en su lugar”*.

Se deben establecer lugares específicos para cada artículo que sobrevivió a la fase anterior. Las herramientas que tienen un uso constante deben estar a la mano:

- Arriba de las rodilla, abajo del pecho: Posicionar los artículos o herramientas de mayor uso dentro de este rango de alturas para que no se haga un esfuerzo mayor para alcanzarlos, lo que implica que se pueda llegar más rápido o con el menor movimiento posible.
- El mismo lugar: La herramienta o articulo buscado siempre se debe sacar y dejar del mismo lugar, ya que así se mantiene el estándar buscado, y no se crean desperdicios por procesos o espera, al no tener que buscar y buscar en otros lugares. Además, al estar siempre en un mismo lugar, las zonas de tránsito se mantienen limpias y sin ningún obstáculo.

3. **SEISO** (Limpiar): “*Siempre en perfectas condiciones*”.

Se debe mantener el área y los equipos limpios para tener una mayor visión y claridad del lugar de trabajo.

- Definir programa de limpieza: Se definen frecuencias y lugares que limpiar en ciertos días; días de gran limpieza periódicamente, para mantener la calidad del lugar. Además, se debe asignar a un responsable rotativo que debe llevar a cabo las acciones de limpiar.
- Mantenimiento de zonas: Se deben eliminar las fuentes de suciedad: para esto se deben determinar sus causas y determinar las mejoras.

4. **SEIKETSU** (Estandarizar): “*Reglas para mantener 3 primeras S*”.

Se deben crear los estándares para mantener las 3 primeras S del programa.

- Diseñar y comunicar estándares: Después de crear los estándares, estos deben ser publicados, para que cada persona pueda tenerlos al alcance y dentro de lo posible, aportar alguna mejora que se le pueda hacer al procedimiento. Para esto se pueden crear hojas de trabajo estándar, usar gestión visual (o visual management).

5. **SHITSUKE** (Disciplinar): “*Lograr el hábito*”.

En este último paso es donde se crea la disciplina de realizar este proceso de limpieza, orden y estandarización. Para esto se pueden seguir los siguientes pasos:

- Formar y acordar auditorias: Se crea un grupo de auditores, que planifican los procesos de evaluación, para poder ver los logros y los errores se van cometiendo.

- Seguimiento y premios: Se debe realizar un seguimiento de los pasos, y proponer un plan de premios para motivar al grupo de trabajo.

2.2.7. Diagrama de Ishikawa

El “diagrama de Ishikawa”, diagrama de “espina de pescado”, o “diagrama Causa-Efecto”, tiene el objetivo de orientar la identificación de las causas raíces de los problemas que se evidencian en los procesos o productos. Para el desarrollo de este proceso, se juntan a los implicados en el proceso productivo y, alguna otra persona de la empresa que pueda aportar. Se crea un dibujo con 6 espinas y en cada una se escribe un concepto general del proceso o de las propuestas de los involucrados aunque normalmente, para economizar tiempo o simplificar el desarrollo del análisis, se utilizan las *6M*:

- Material
- Mano de obra
- Método
- Maquinaria
- Medio ambiente
- Medición

Y en la “*cabeza del pescado*” se escribe el problema como se representa en la figura 2.2 (Pistarelli, 2010):

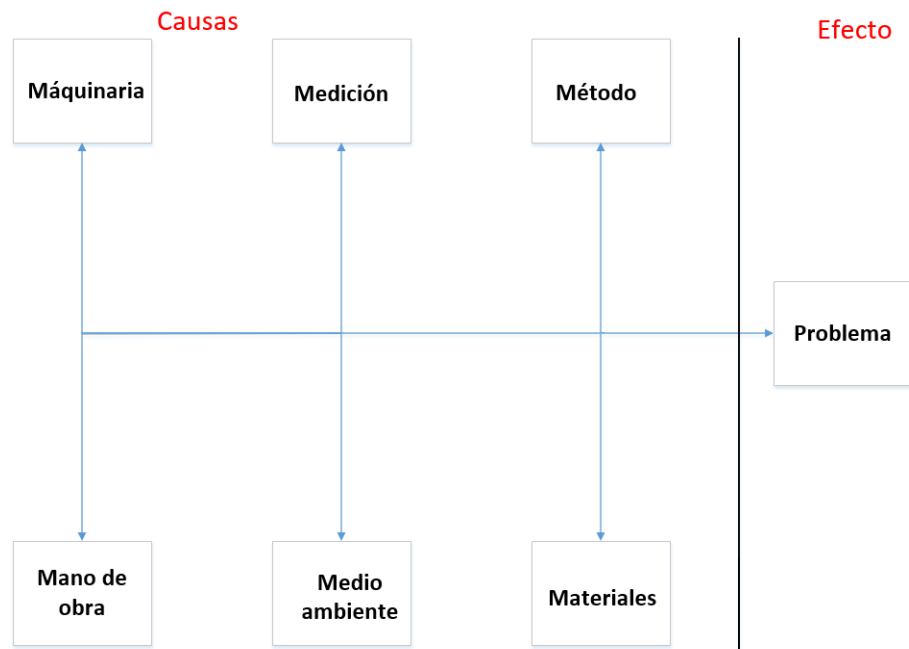


Figura 2.2: Diagrama de Ishikawa

2.2.8. Poka-Yoke o “A prueba de errores”

El Poka-Yoke es un método o un dispositivo, dependiendo del caso, que ayuda a los trabajadores a reducir los errores y, en consecuencia, a evitar también los posibles defectos. Para poder implementar uno, es necesario primero encontrar la causa raíz del problema, luego diseñar el Poka-Yoke, y probar su efectividad. Por último, al funcionar, se debe revisar toda la configuración necesaria y capacitar a la gente. Y como a toda herramienta, aplicar un período de control (Womack y Jones, 2013).

2.2.9. Kanban

El sistema “Kanban” o “Tarjeta” ayuda a sincronizar la producción a través del uso de tarjetas de información y además, impulsa el sistema “Pull” o Tirar, entre las operaciones. Así se lleva el registro del material o producto usado y, al mismo tiempo, es marcado como un retiro que se debe reemplazar o complementar. Otra versión existente de esta herramienta, es el “KanBan” de proyectos o tareas, donde se registran las tareas (Womack y Jones, 2013):

- Pendientes.
- En proceso.
- Terminadas.

de la manera siguiente:



Figura 2.3: Ejemplo de Kanban. Fuente: LeanKit.

2.3. Gestión del cambio

Un punto principal para poder guiar e instaurar la filosofía Lean en una organización, es estudiar cómo se encuentra esta para enfrentar el cambio, con el fin de encontrar la mejor manera de hacer que el personal tenga el mismo objetivo o, como se encuentra en la literatura, trabaje “*remando hacia el mismo lado*”. Como se puede ver, la existencia de una guía constante es muy importante para alcanzar este objetivo. Es por esto, que el seguir los 8 pasos de Kotter es una excelente manera de obtener un cambio en el personal y en el proceso. (Ver figura 2.4)

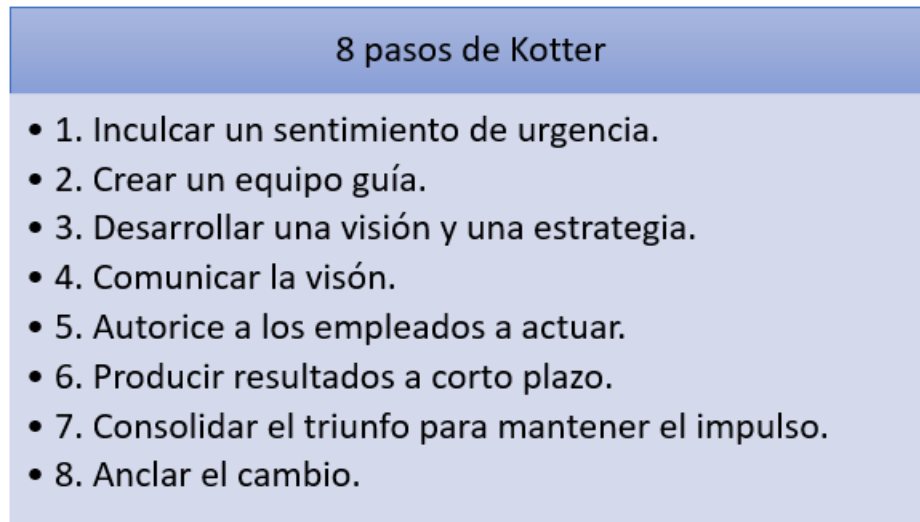


Figura 2.4: Los 8 pasos de Kotter

1. Inculcar un sentimiento de urgencia: El líder debe crear un sentimiento de urgencia en sus trabajadores, para así romper el “*Status Quo*” en el que se mantiene la organización. Luego se crea una estrategia visible, con objetivos claros, lo que ayuda a que el proyecto pueda tomar importancia y credibilidad. (Goldratt y Cox, 1992).
2. Crear un equipo guía: Como el objetivo es cambiar la filosofía de la organización,

esto se vuelve imposible para una sola persona, en este caso el líder. Por lo tanto, se debe crear un equipo consolidado, donde exista confianza entre los pares y todos busquen el mismo objetivo. Además, es de suma importancia, que los involucrados sean de varios sectores de la organización, para así tener una mejor visión del panorama global y poder así, transmitir la información más fácilmente a toda la organización (Goldratt y Cox, 1992).

3. Desarrollar una visión y una estrategia: Se debe visualizar cuál es el objetivo al que desea llegar y cuál es la forma llegar a ello. Aquí es donde nace la estrategia, la cual tiene que ser clara, concisa y objetiva (Goldratt y Cox, 1992).
4. Comunicar la visión: En este paso, como dice la filosofía Lean, se debe incluir a todos los participantes del proceso, por lo que se debe transmitir la visión a través de un boletín, donde cada uno se informará y podrá además, aportar en la modificación de esa visión (Goldratt y Cox, 1992).
5. Autorice a los empleados a actuar: Para poder lograr una transformación importante en la organización y se lleve todo en el mismo sentido y cada uno aporte, se debe capacitar a los trabajadores y eliminar los obstáculos, los que pueden ser hasta trabajadores que se rehúsan al cambio y limitan el progreso (Goldratt y Cox, 1992).
6. Producir resultados a corto plazo: El éxito del proyecto depende de pequeños pasos que se van ganando a la gente, razón por la cual se deben producir pequeños resultados a corto plazo, para que la gente tenga más confianza en el proyecto y los que son más reacios, terminen de convencerse. Todo esto logra mantener a cada uno de los participantes alineados, y a los superiores con convicción en el proyecto (Goldratt y Cox, 1992).

7. Consolidar el triunfo para mantener el impulso: Es necesario mantener el impulso con el que se viene trabajando, para mantener el ritmo con el que se viene trabajando ya que, retomarlo, implicaría más esfuerzo que el planeado inicialmente. No es malo celebrar los avances que se han logrado, pero se debe mantener la mentalidad de que el proceso sigue su camino y que seguirán existiendo cambios. Es necesario mostrar resultados para que la alta gerencia al ver estas mejoras, se involucre y allegue nuevos recursos (Goldratt y Cox, 1992).
8. Anclar el cambio: La clave para consolidar los logros alcanzados es hacerlos parte de la cultura corporativa, ya que si no logra ser parte de esta, se diluirá en el tiempo y quedará como tantos otros intentos hechos en el pasado (Goldratt y Cox, 1992).

Y para esto se debe considerar lo siguiente:

- No realizar cambios culturales al principio el proceso, sino al final.
- Entender la importancia de los resultados tangibles y el impacto que esto tiene sobre los participantes.
- Saber desde un comienzo que habrá gente que no cambiará, ya que son reacios al cambio o ya fueron formados con los valores antiguos.

2.4. Metodologías de la mejora continua

En esta sección se presentan las distintas metodologías existentes de la mejora continua.

- Ciclo PDCA: Se conoce además como el “Círculo de Deming”, es el proceso

clásico de la metodología Lean para solucionar problemas de tamaño mediano, y que consiste en 4 fases:

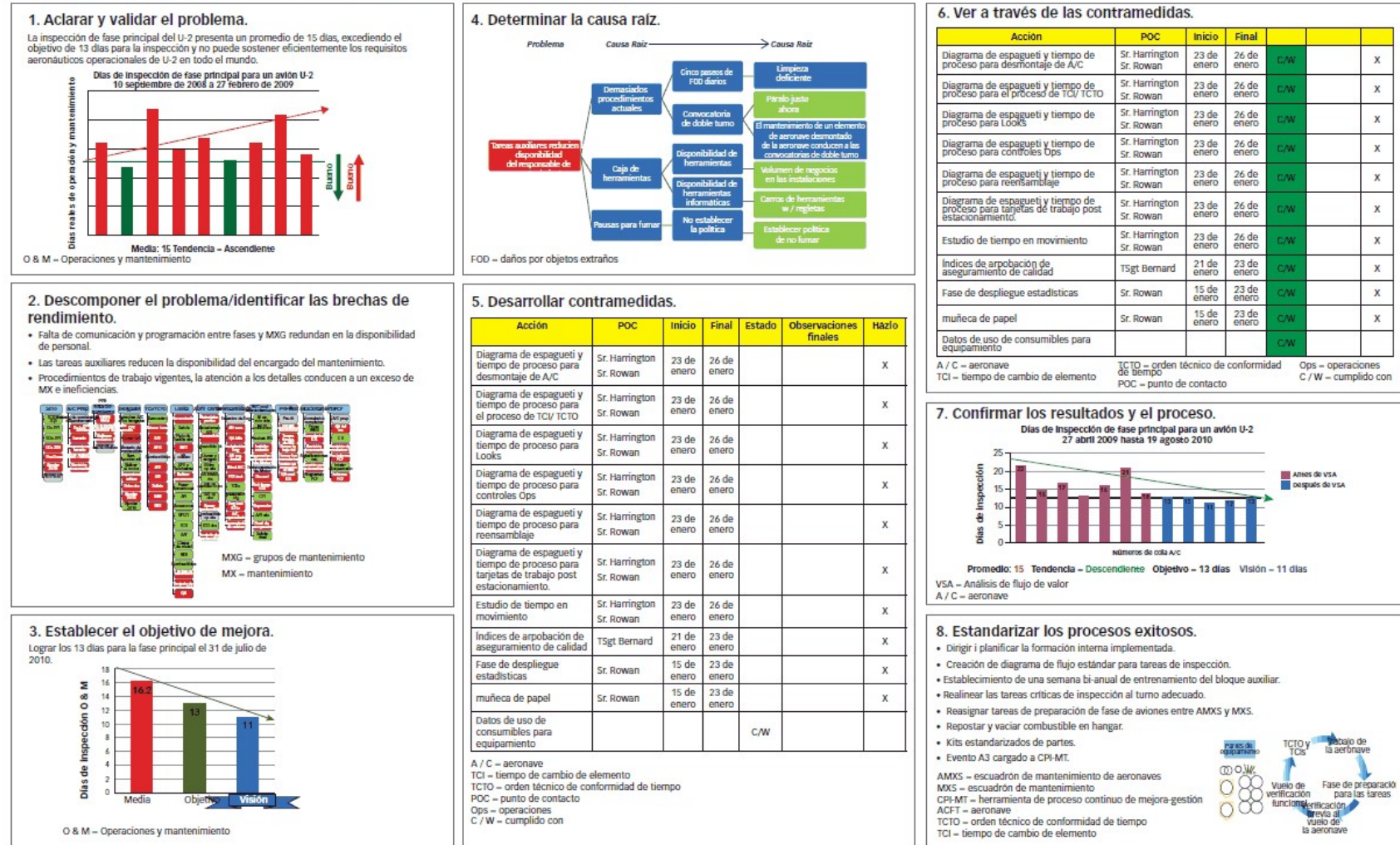
- Planificar (Plan):
 - Objetivo del problema.
 - Planificar el proceso de mejorar, donde se busca responder las preguntas: ¿Quién? ¿Qué? ¿Cuándo? ¿Dónde? ¿Por qué? ¿Cómo?
- Hacer (Do):
 - Realizar el plan.
 - Obtener los resultados o datos.
 - Analizar los datos obtenidos.
- Controlar (Check):
 - Comparar datos con predicciones realizadas.
 - Concluir análisis de datos.
- Actuar (Act)
 - Buscar mejoras para los resultados del primer ciclo.
 - Encontrar los pasos para el próximo ciclo.

Esta metodología corresponde a un conjunto de ciclos de los pasos anteriormente descritos, lo cual corresponde al círculo de Mejora Continua.

- DMAIC: El proceso de mejora DMAIC corresponde a la metodología “SixSigma”, donde se resuelven problemas de una envergadura mayor (mayor a 3 meses), ya que es una mejora de la metodología del Círculo de Deming, al agregar un quinto paso, el cual mantiene al proceso en el estado logrado para que el proceso no retroceda al estado original. Esto está relacionado a datos y estadísticas, pero no siempre debe serlo.
 - Definir: Se definen y comunican los objetivos, focos e indicadores del proyecto a la comunidad involucrada en este, lo que impacta positivamente con el resultado a futuro, ya que incita a las partes a involucrarse.
 - Medir: Conocer el desempeño y comportamiento del proceso y como se encuentra en la actualidad. Esto también corresponde al levantamiento del proceso. Se obtiene así:
 - El desempeño actual e histórico del proceso.
 - La localización del o los problemas en este.
 - La capacidad real del proceso.
 - Analizar: El objetivo de esta etapa es aumentar la comprensión y localización de las causas raíces de los problemas. Esto se logra a través de:
 - Diagramas causa-efecto.

- Reforzamiento de la comprensión del objetivo del proyecto.
 - Mejorar (Improve): Etapa donde se proponen, desarrollan y prueban mejoras, para llevar el proceso al estado deseado. Se logra así, propuestas con gran nivel de confiabilidad, junto a un plan de implementación de estas mejoras.
 - Controlar: Mantener los niveles logrados y, en caso de error, poder tomar medidas con el fin de obtener un estado base, habiendo así logrado un cambio desde el estado inicial.
- Informe A3: Este informe es un proceso de 8 pasos del sistema “PDCA”, el cual debe ser entregado dentro del formato de una hoja “A3”. Esta herramienta es colaborativa, además de visual, utilizada para problemas de tamaño mediano o proyectos de mediano plazo. Su estructura se define como:
- Situación o estado actual.
 - Metas u objetivos del proyecto.
 - Recomendaciones o auto medidas para la mejora.
 - Programación o duración.
 - Indicadores asignados.

A continuación, se presenta un ejemplo de un informe “A3”:

Ejemplo de informe A3 de resolución de problemas / FIGURA 1 EN LA RED

Figura 2.5: Ejemplo de informe A3. Fuente: asq.org

3 | Metodología de medición

En este capítulo se presenta la metodología de mejora continua que se utilizará para el desarrollo del trabajo de título, posteriormente el método de medición para el desarrollo del levantamiento del proceso. Presentando el documento con el cual se toman las medidas y, el desarrollo de la interpretación y análisis de la información que se pretende reunir.

3.1. Metodología a seguir durante el estudio

Para poder escoger la metodología de la mejora continua que se utilizará se presenta, a continuación, una tabla resumen de la sección de metodologías vistas en el capítulo 2, mostrando las distintas fases que componen a cada una de estas:

Tabla 3.1: Diferencias entre metodologías. Fuente: asq.org

PDCA	DMAIC	A3
Planificar	Definir	Poner en evidencia el problema.
	Medir	Resolver el problema.
		Establecer un objetivo.
	Analizar	Analizar la causa raíz.
		Desarrollar propuestas de mejora.
Hacer	Mejorar	Ejecutar las propuestas.
Controlar	Controlar	Evaluar resultados y procesos.
Actuar		Estandarizar Logros.

Por lo tanto, para el desarrollo de este trabajo de título se decide aplicar la metodología “DMAIC”, con la cual se podrá mostrar el estado actual del proceso, con base de estadísticas sobre el cumplimiento de la máquina, los incidentes de seguridad, además de buscar la estandarización del proceso.

3.2. Medición de tiempos de proceso

En el proceso de medición se busca encontrar los tiempos de proceso, de entre procesos y tiempos muertos. Para esto se pensó en trabajar con la metodología del trabajo estándar, por lo que se desarrolló una hoja especialmente para este proceso.

Para que este trabajo de título se desarrolle en su plenitud, se necesita tener el apoyo del equipo de operadores y ayudantes de la nave. Por lo tanto, para crear esta hoja de trabajo estándar, se comenzó con unas entrevistas a los operadores para saber cuáles son los pasos que se siguen para iniciar y desarrollar el corte. La primera hoja desarrollada se presenta a continuación:

Standard Job		Proyecto LEAN KUPFER HERMANOS S.A.		
PV N°		Fecha:	Localización:	Supervisor:
N°	Paso	Estatus:	Observaciones:	Tiempo:
1	Operador			
2	Máquina			
3	Prende Maquina			
4	Coincidencia hoja ruta			
5	Ver CNC cargado			
6	Ver Nesting			
7	Cargar Material			
8	Cortar			
9	Auto Control			
10	Descarga			

Figura 3.1: Primer Standard Job creado. Fuente: Elaboración propia.

Al observar la existencia de procesos que no han sido considerados, se decide ampliar la hoja de trabajo donde se estandariza aún más el proceso de medición, se consideran más pasos y, se anotan los datos que especifican a cada pedido de venta (PV).

Para especificar aún más cada dato, se anota el número de orden de fabricación (OF), para así separar cada posición de los pedidos en la mesa de corte. Por lo tanto, el seguimiento comenzó con el seguimiento de las hojas de ruta (6.2), junto a la hoja de trabajo estándar siguiente:

Standard Job		Proyecto LEAN KUPFER HERMANOS S.A.			
PV N°		Supervisor:	Localización:	Fecha:	Fecha Compromiso:
OF:		Cliente:	Prioridad:		
N°	Paso	Estatus:	Observaciones:	Tiempo Planificado:	Tiempo Medido:
1	Operador				Inicio: Fin:
2	Máquina				Inicio: Fin:
3	Prende Máquina				Inicio: Fin:
4	Entrega Material				Inicio: Fin:
5	Coincidencia Hoja Ruta				Inicio: Fin:
6	Coincidencia Material				Inicio: Fin:
7	Ver CNC Cargado				Inicio: Fin:
8	Ver Nesting				Inicio: Fin:
9	Cargar Material				Inicio: Fin:
10	Cuadrar Plancha				Inicio: Fin:
11	Cortar				Inicio: Fin:
12	Auto Control				Inicio: Fin:
13	Marcado de Pieza y Remanente				Inicio: Fin:
14	Despunte				Inicio: Fin:
15	Descarga sobrante				Inicio: Fin:
16	Descarga				Inicio: Fin:
17	Devolución				Inicio: Fin:
18	Limpieza Material				Inicio: Fin:
19	Control de Calidad				Inicio: Fin:
20	Entrega de Pedido				Inicio: Fin:
<u>Observaciones Generales:</u>					

Figura 3.2: Standard Job definitivo utilizado durante el proceso de medición. Fuente: Elaboración propia.

En esta hoja se anotan los tiempos de entrada y salida en cada proceso, facilitando y simplificando el levantamiento del estado actual del proceso de corte.

Durante la medición de datos y, buscando lograr pequeñas victorias en el corto plazo o “Quick Wins”, se decide realizar ciertas medidas, que aun siendo simples, tendrían un gran impacto a bajo costo. Las medidas consideradas son:

1. Ordenar el ingreso de material respecto a las prioridades.
2. Tener todos los CNC cargados en la máquina, para cada turno y el supervisor entregar los Nestings al comienzo de cada turno.

3.3. Medición de tiempos muertos

3.3.1. Tiempos muertos entre procesos

La medición de los tiempos muertos entre procesos es una derivada del primer punto. Esto se refiere a los tiempos de procesos medidos en la sección anterior con la ayuda de la hoja de trabajo estándar de la figura 3.2.

Para obtener los tiempos muertos del proceso, se utiliza el fin de una etapa y el inicio de la siguiente, dando como resultado las pérdidas de tiempo de una manera más detallada. Este proceso se realiza en cada pedido que se mide por día, donde finalmente son unidos en tiempos muertos por día.

Todos los tiempos calculados diariamente, a través de este método, son promediados y representados de forma gráfica, para tener una mayor claridad del desbalance existente entre los procesos que afectan, en mayor o menor medida, a la producción y provocando una variabilidad en la eficiencia. Los tiempos que son analizados y que pertenecen principalmente al proceso de corte son:

- Tiempo entre carga y cuadrar la máquina con la plancha en la mesa de corte.
- Tiempo entre cuadrar y cortar.
- Tiempo entre cortar y marcar las piezas cortadas y material sobrante.
- Tiempo entre el marcado de las piezas y la descarga de la mesa de corte.

3.3.2. Otros tiempos muertos externos al proceso de corte

Otro foco del proceso de medición de tiempos de procesos y pérdidas entre ellos, es la búsqueda de los tiempos muertos que son externos al mismo proceso de ingreso y egreso de material, además del corte. Estos tiempos corresponden a los tiempos perdidos por los supervisores, operadores y ayudantes. Se analizan los tiempos que detienen la producción o demoran su inicio:

- Inicio y fin de la charla de seguridad.
- Orden e identificación del material.
- Atraso en el ingreso del operador.
- Salida anticipada de la nave.
- Tiempo extra durante el almuerzo.
- Detenciones no programadas.
- Micro paradas por falta o confusión de información.

3.4. Levantamiento de riesgos en la operación

El objetivo de este tópico es llegar a uno de los objetivos de la filosofía Lean, la que busca incluir a los trabajadores en el proceso de cambio, ya que sin ellos no es posible

lograr ningún objetivo que sustentable. Por lo tanto, si existe la preocupación constante por las condiciones de trabajo de los operadores y ayudantes, la inclusión hacia el proceso por parte de ellos comenzará y si, además, se les asegura el tener las condiciones de seguridad necesarias y estandarizadas, los resultados mejorarán de manera sustancial.

Seguridad en la hoja de trabajo estándar

Debido a lo expuesto, realizar un levantamiento de los riesgos de seguridad en la nave y el proceso de producción, es sustancial para el proceso. Al realizar las mediciones de tiempos, es posible anotar todos los posibles incidentes de seguridad que suceden durante el turno de trabajo. Para poder dejar constancia sobre los incidentes que se observaban en el día a día, se utiliza la sección llamada “*Observaciones Generales*” ubicada en la misma hoja de medición mostrada anteriormente en la figura 3.2.

Como fue descrito en la metodología que será utilizada, durante el ciclo “DMAIC”, se busca la inclusión del equipo de trabajo sobre el cual impacta el proyecto de mejora continua. Por lo tanto, un análisis de los factores de seguridad que rodean a los trabajadores implica directamente un apoyo retrospectivo por parte de ellos.

Si se llegase a producir un accidente grave, esto impacta directamente en la disminución en el capital humano directo de la empresa, lo que sería un estrés mayor, para los compañeros del trabajador afectado siendo, además, una sobre exigencia para compensar el trabajador faltante, además de generar un sentimiento constante de inseguridad en el lugar y en el grupo de trabajo.

Circulación al interior de la nave

Para poder visualizar la circulación de los operadores y de las grúas horquillas a través de la nave, se utiliza el Lay-out de la imagen 1.3 y, se observa el movimiento de cada uno de los participantes de la cadena productiva, anotando y analizando los posibles riesgos.

Con el fin de tener un trazado gráfico de los movimientos dentro de la nave de producción, se utiliza el “Diagrama de hilos”, descrito en el capítulo 2, se obtiene la imagen 3.3. Donde los trazados muestran los ingresos y salidas de material con la ayuda de las grúas horquillas (con color azul y verde respectivamente) y, los movimientos de los operadores y ayudantes.

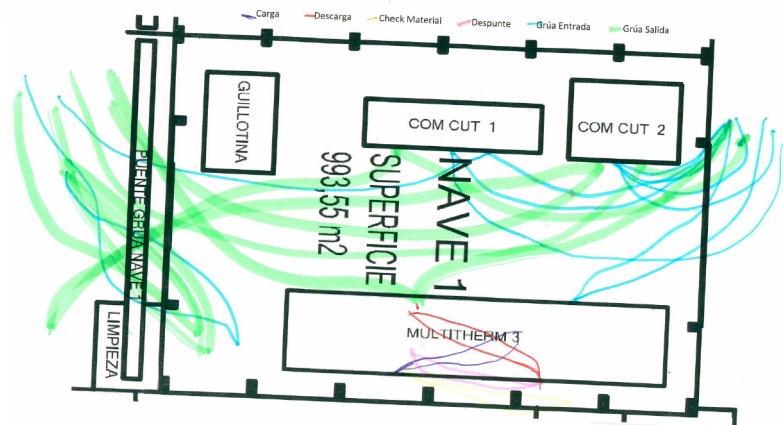


Figura 3.3: Circulación de los operadores y maquinaria. Fuente: Elaboración propia.

4 | Resultados del estudio

4.1. Estado del proceso y evaluación de cadena de valor.

4.1.1. Estudio de tiempos de proceso.

En el desarrollo de este capítulo, se procede a realizar un diagnóstico del proceso para así disponer de una visión transparente del proceso, donde se puede encontrar cada desperdicio y cuello de botella que generan una ralentización de la cadena productiva o de corte, además de impactar en el cumplimiento mismo. Es por esto que, al utilizar la hoja de trabajo estándar, vista en la figura 3.2 del capítulo 3, siguiendo el procedimiento allí también descrito, se obtienen los datos específicos de los pedidos procesados correspondientes al tiempo estimado.

Value Stream Mapping (VSM): Mapa de flujo de valor

Siguiendo el procedimiento de seguimiento descrito en el capítulo 3, se logran extraer los tiempos de los procesos, a través de la observación continua en la cadena productiva,

junto al estudio de los pedidos que se tienen registrados en el sistema de registro de la empresa.

De este modo se logra crear el VSM del proceso de corte en la máquina de la empresa “Küpfer Hnos S.A.” y así poder tener un claro estado del proceso. A continuación, se muestra el diagrama que ilustra lo realizado:

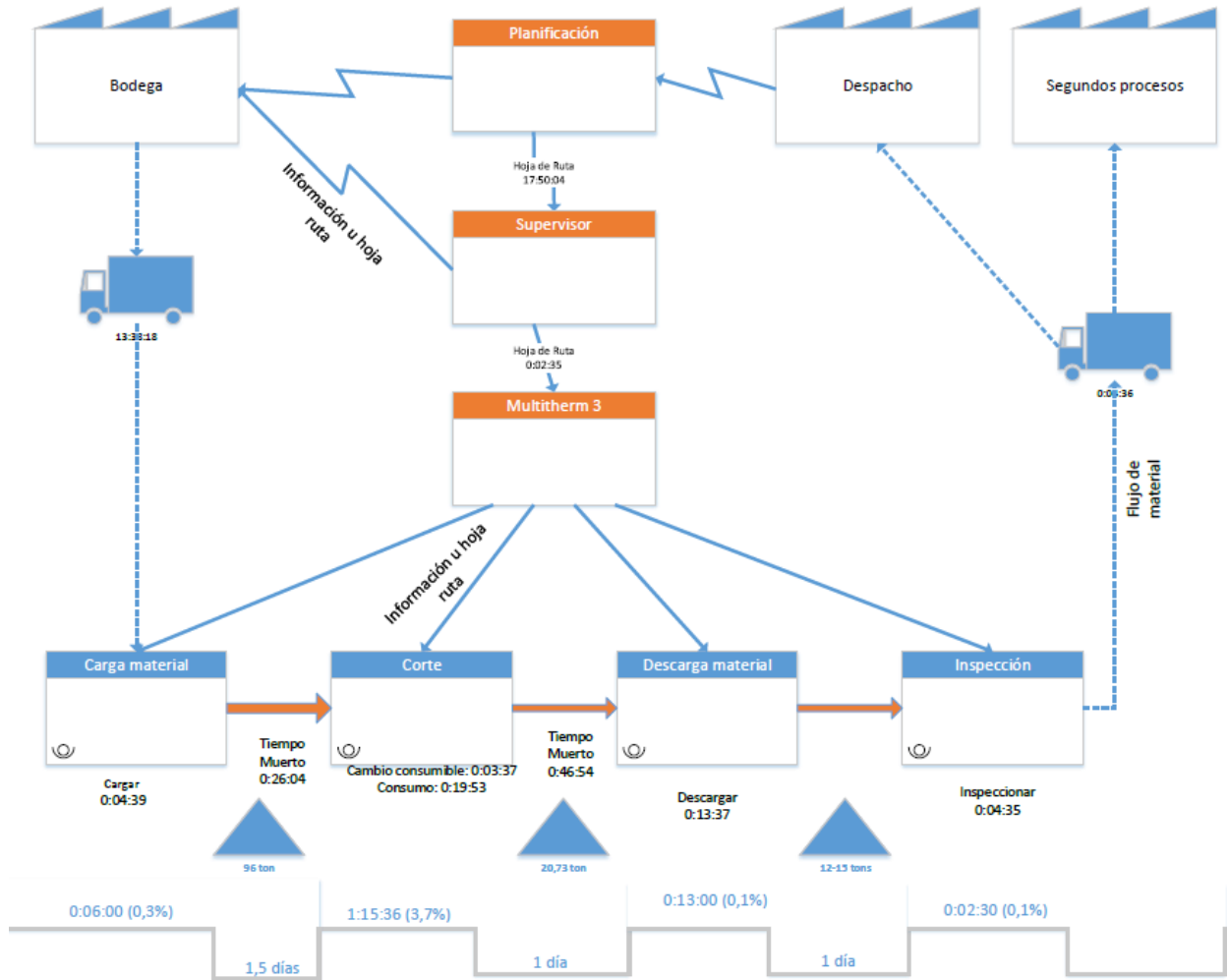


Figura 4.1: VSM actual del proceso. Fuente: Elaboración propia.

Tiempos entre procesos o tiempos muertos

Al utilizar la metodología descrita en el capítulo 3, se calculan los tiempos entre los procesos, para mostrar claramente el estado en el que se encuentra el proceso de corte. A continuación, se obtiene el promedio de los tiempos muertos entre procesos:

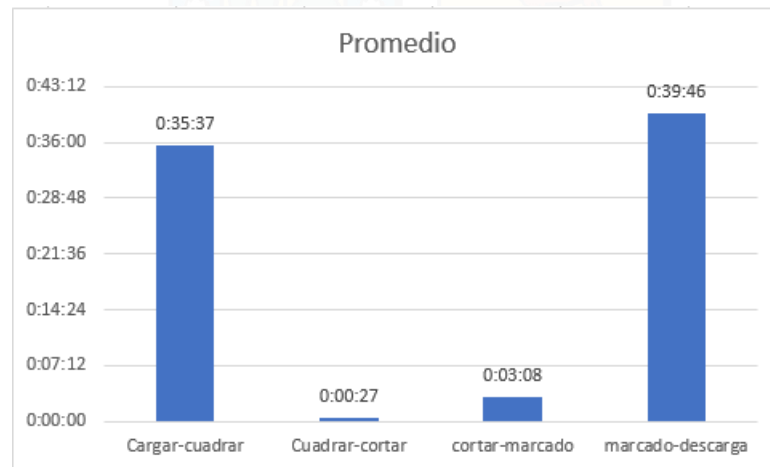


Figura 4.2: Ejemplo de representación de datos en promedio. Fuente: Elaboración propia.

En este gráfico, se pueden observar los tiempos entre procesos, o mejor dicho los tiempos muertos que existen entre los procesos. La tendencia de los datos centrales de la figura 4.2 se mantienen entre valores muy parecidos, como es visto en todo el estudio, pero los tiempos entre “carga y cuadrar” y “marcado y descarga” tienen mayor variación, siendo la segunda la que tiene mayor incidencia en los atrasos de pedidos.

Tiempos muertos externos al proceso

Se realiza un seguimiento sobre los tiempos externos a la producción, tales como, llegada a la planta, almuerzo, y salida. A continuación, se presenta una tabla de los tiempos:

Tabla 4.1: Tabla de tiempos muertos externos al proceso. Fuente: Elaboración propia.

	Hora	Tiempo muerto
Ingreso a nave	8:30	[-]
Fin charla de seguridad	8:50	[-]
Ordenamiento de material	[-]	0:10
Inicio Corte	9:00	[-]
Atraso Operador	[-]	0:15
Micro Paradas (Nestings, renesteo, Fumar)	[-]	0:30
Detención no programada	[-]	0:25
Limpieza	[-]	0:00
Tiempo extra almuerzo	[-]	0:20
Salida	17:50	[-]

Cabe destacar que los operadores generalmente llegaban más tarde, por lo que la charla de seguridad se debía alargar, para que todos pudieran escuchar las instrucciones sobre la seguridad y el trabajo que se realizaría. Además, se presenta la irregularidad de la salida antes de tiempo hacia las duchas, tiempos extras para almuerzo y detenciones no programadas.

Los tiempos de la tabla 4.1 fueron resumidos y mostrados en la tabla siguiente:

Tabla 4.2: Tabla de resumen y eficiencia de tiempos. Fuente: Elaboración propia.

	Tiempo teórico de trabajo	Tiempo real de trabajo
Salida	18:15	17:50
Ingreso	8:30	8:40
Almuerzo	0:45	1:00
Tiempo total a trabajar	9:00	6:35
	Eficiencia Tiempo	0,731481481

Observando la tabla 4.2, se tiene que el tiempo trabajado realmente es de 6:35:00 y, el tiempo que se tiene por contrato es 9:00:00, lo cual si se hace la relación de porcentaje se encuentra que en realidad se trabaja solamente un 73,1 % de la jornada y, el resto del tiempo, está siendo gastado de manera no productiva y que es necesario una mejora sustancial para eliminar ciertas costumbres y hábitos.

Línea base del proceso

La línea base del proceso representa la progresión del proceso estudiado. Los valores analizados son posicionados en un gráfico alrededor de la línea base y, se va analizando constantemente la progresión que estos tienen.

El indicador clave del proceso (KPI, (Gutierrez Pulido y Vara Salazar, 2013)) muestra la tendencia y evolución de los datos medidos a través del tiempo. Los cuales se pueden mantener estables o, si tienen alguna variación importante.

El indicador seleccionado para este proceso corresponde al “Cumplimiento de la máquina”, el cual es calculado al obtener la relación entre los pedidos procesados durante el día y los pedidos programados para ese día, mostrando así, otra visión del proceso, ya que el proceso es medido a través de toneladas de acero procesado. A continuación, se muestra la línea base creada a partir de los cumplimientos durante el periodo de toma de datos:

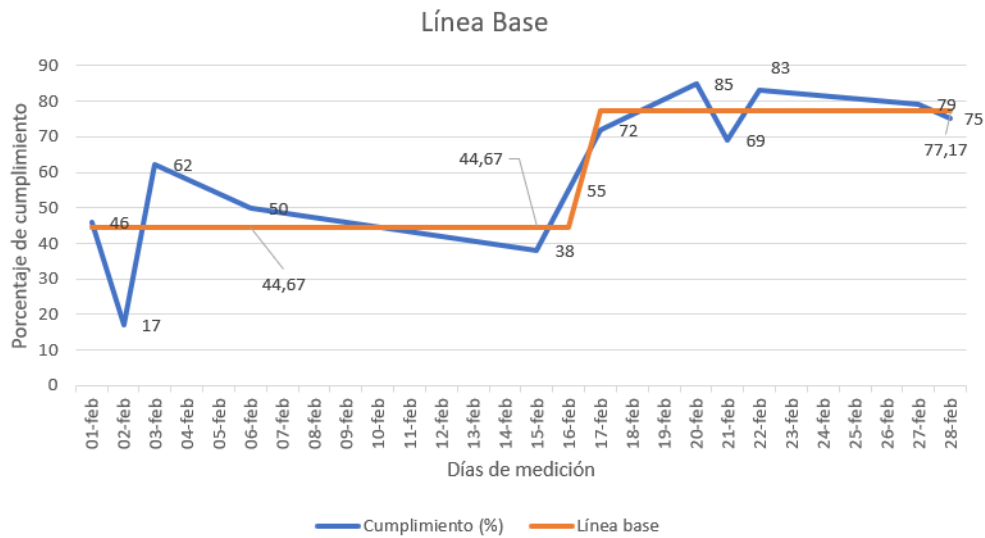


Figura 4.3: Línea base durante mediciones. Fuente: Elaboración propia.

Al observar el gráfico mostrado en la figura 4.3, durante el principio del proceso de levantamiento de datos, la máquina muestra una gran variabilidad, ya que el cumplimiento varía desde 17 %, como valor mínimo, hasta 62 % (línea azul), siendo este el máximo, teniendo un **15,79 %** de variabilidad respecto la línea base (línea naranja). Después de la primera mitad del periodo, se toma la decisión de aplicar mejoras pequeñas, para mostrar victorias rápidas, que se han logrado, y como se puede ver a partir del 17 de febrero, la línea base sube considerablemente y la variabilidad también disminuye, lo que implica que con unas simples medidas se obtienen grandes resultados en la eficiencia de la máquina llegando a un intervalo entre 69 % como mínimo y 85 %, siendo el máximo global del estudio, lo que implica una variabilidad de **6,27 %**.

No es posible calcular con una precisión mayor, para lograr obtener un intervalo de confianza más exacto, debido a la pequeña muestra de datos que se obtuvo a través de proceso medición.

4.1.2. Evaluación de cadena de valor.

Porcentaje de valor agregado

En el mapa de flujo de valor de la figura 4.1, se logran identificar los tiempos de cada sub-proceso (en promedio), junto a los tiempos entre cada sub-procesos y por último el inventario existente de un día promedio. Así se logra obtener el porcentaje de valor que agrega cada proceso. A continuación, se extraen los tiempos para así tener una mayor claridad de los resultados obtenidos:

- Carga con 0,3 %
- Corte con 3,7 %
- Descarga 0,1 %
- Control de Calidad con 0,1 %

Al sumar los porcentajes de valor agregado, se obtiene un total de 4,2 %, lo que muestra que el proceso está funcionando a su eficiencia muy baja. Es decir, como fue visto en el marco teórico, este valor está definido por la relación entre el tiempo de trabajo utilizado y el tiempo total que se tiene. Por lo tanto, no se está explotando el máximo potencial del proceso.

Tiempo de ciclo del proceso

El tiempo de ciclo del producto corresponde, como fue visto en el capítulo 2, a la suma del tiempo de todas las actividades que componen al proceso productivo para obtener el producto o lote. En el caso de este estudio, se midió el tiempo de 4 pedidos y se promedió la duración total, desde que el material fue ingresado a la nave de corte hasta que fue revisado por control de calidad, dando por resultado un tiempo de 5:45:45.

Desperdicios en la cadena de valor del proceso

Dentro del camino de levantamiento del proceso y usando lo visto en las secciones anteriores, es posible buscar e identificar los desperdicios principales que afectan al proceso. Reutilizando el VSM de la figura 4.1, las definiciones de los desperdicios en el capítulo 2, se construye el siguiente VSM:

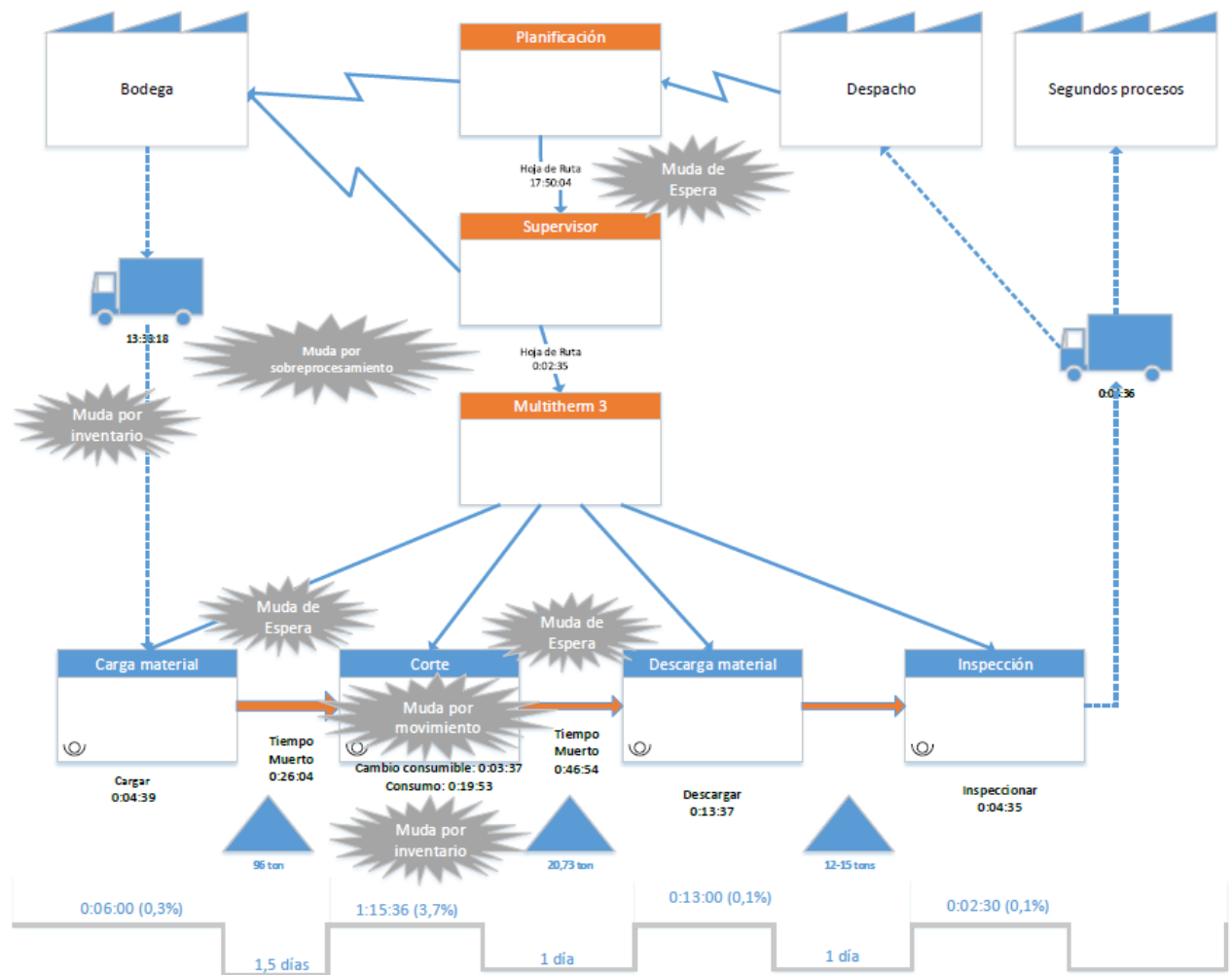


Figura 4.4: VSM del proceso incluyendo los desperdicios. Fuente: Elaboración propia.

En este diagrama se muestra cada desperdicio y en qué sector de la cadena se aplica. A continuación, se crea una lista de los desperdicios o “Mudas” para tener una mayor claridad y su descripción:

- Muda por desplazamiento:** Al ingresar el material en el orden incorrecto, el material de los pedidos que debían ser procesados como una prioridad en el día quedan debajo de los otros y, por lo tanto se debe estar moviendo constantemente el material para que sea procesado.

- **Muda por sobre procesamiento:** La falta o falla de los Nestings y planos de las piezas a cortar implican un sobre procesamiento de ordenes de trabajo.
- **Muda por inventario:** Tal como en el desperdicio de movimiento de material, al tener material que es mal ingresado, en este caso existen algunos casos de adelanto de material por parte de bodega lo que sumado a la presencia de material antiguo, impiden el correcto funcionamiento de la carga y descarga de las mesas de corte.
- **Muda por espera:** Al tener un ingreso en desorden de los materiales para ser procesados, se debe esperar el ingreso del material correcto o, en el caso que no se tenga más que cortar, se debe esperar para poder continuar con el corte.
- **Muda por movimiento:** Es aquel que se produce cuando el operador debe buscar cuales son los materiales correctos para ser cortados o cuando deba ir a buscar las herramientas de la máquina cuando esta utiliza todas sus partes para cortar o “consumibles”.

Diagrama de hilos

Además, de estar tomando datos de los tiempos de trabajo de operadores y del proceso en general, se tomó la medición de los movimientos de los operadores, para así poder encontrar el MUDA de desplazamiento, donde el trabajador pierde tiempo de trabajo en realizar desplazamientos innecesarios para el proceso. Como se puede ver en seguimientos de la figura 6.1, las líneas dibujadas en el Lay-Out de la Nave 1, representan las entregas y salidas de material, los movimientos de los operadores y de ayudantes.

El operador, no debiese abandonar su lugar de trabajo, es decir, que la línea que representa al operador de la máquina debe ser paralela a la máquina, salvo en aquellos casos que este tenga que ir al baño, o a almorzar. Este desplazamiento corresponde a descarga de

Tabla 4.3: Tabla de tiempos de seguimiento

	Día1	Día 2	Día 3
	0:03:20	0:06:15	0:02:35
	0:05:02	0:02:22	0:06:20
	0:03:55	0:00:56	0:02:15
	0:02:35	0:10:40	0:00:59
	0:02:06	0:02:00	0:02:28
	0:02:12		0:01:42
	0:01:58		
Total día	0:21:08	0:22:13	0:16:19
Suma de 3 días	0:59:40		
Promedio total	0:19:53		

Los tiempos medidos fueron cada traslado que se realiza, tal como se muestra en la lista siguiente:

- Traslado de nave de producción a oficina de producción.
- Tiempo de aprobación por el supervisor.
- Traslado hacia la oficina del sub-gerente de operaciones.
- Tiempo de aprobación por el sub-gerente de operaciones.
- Traslado hacia la bodega de insumos.
- Tiempo de reducción de piezas del sistema y entrega.

- Tiempo de traslado hacia nave de producción.

Estos tiempos fueron sumados por día, para luego obtener el promedio diario, que al observar la tabla 4.3, se tiene un promedio de 19 [min]: 53 [seg].

Posteriormente, se realizó una simulación de seguimiento, pero utilizando una aplicación de celular que utiliza GPS, para poder medir la distancia recorrida por el operador. Este seguimiento se muestra en la figura siguiente:



Figura 4.6: Distancia recorrida por un operador. Fuente: Elaboración propia.

El tiempo de recorrido no es el mismo, ya que en este caso no se midió el tiempo del proceso, sino la distancia. En la figura 4.6, se tiene una distancia aproximada de 470 [m], los que son recorridos en un sólo consumo, y este proceso se hace al menos 3 veces por semana, lo que implica que se recorre al mes 5640 [m], utilizando 3 [hr]: 22[min]: 36[s]. Esto implica, que este proceso es un cuello de botella, ya que la máquina se detiene un tiempo prolongado mensualmente, lo que lleva a atrasos en la producción y en compromisos.

Se pone en evidencia otro desperdicio en este proceso, al realizar un análisis más profundo de la figura 4.6 y la lista que describe este traslado. Este desperdicio corresponde al “MUDA de sobre procesamiento”, que cual ocurre al realizar un desplazamiento del operador que busca firmas para la aprobación y búsqueda de implementos y consumibles.

4.2. Estudio de riesgos del proceso

El fin de este tópico es llegar a uno de los objetivos de la filosofía Lean, el que busca incluir a los trabajadores en el proceso de cambio, ya que sin ellos no es posible llegar a la meta impuesta. Por tanto si se tiene preocupación por las condiciones de trabajo de los operadores y ayudantes, ellos se sentirán parte del proceso y, si además se garantiza tener condiciones de seguridad estandarizadas, obteniendo mejoras en los resultados de manera sustancial.

Por lo tanto, se realiza un levantamiento de los riesgos de seguridad que se encuentran en la nave de producción, y específicamente en la máquina de corte. Entonces, junto a las mediciones se anotan todos los posibles incidentes de seguridad que suceden durante el turno de trabajo. Para poder dejar constancia sobre los incidentes que se observaban día a día, se utilizó la sección llamada “*Observaciones Generales*” ubicada en la misma hoja de medición mostrada anteriormente en la figura 3.2.

Los riesgos o incidentes que lograron ser observados son:

- Operadores y ayudantes utilizando el teléfono celular mientras utilizaban la máquina de corte y puentes grúa, creando riesgos de atropello y aplastamiento respectivamente.
- Trabajadores no utilizan todos los implementos de seguridad, sean lentes, caretas faciales, máscaras para soldar o protectores auditivos.
- Mala utilización de los magnetos para levantar cargas, lo que puede provocar riesgo de aplastamiento.
- Desconcentración en el amarre de los cilindros de gas cercanos a la máquina.

A continuación, se posicionan los problemas de seguridad detectados en el proceso de levantamiento junto a los que son indicados por los mismos operadores y ayudantes:

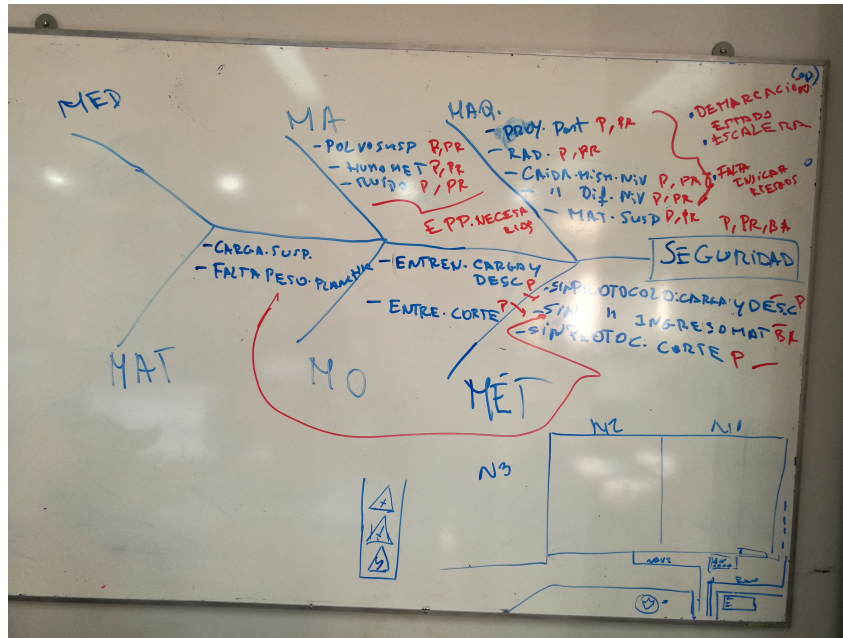


Figura 4.7: Diagrama de Ishikawa de Seguridad. Fuente: Elaboración propia.

A través del estudio del diagrama de hilos y, utilizando la imagen 6.1 se puede constatar que los operadores y ayudantes están en presencia de los siguientes riesgos:

- Riesgo de atropello por parte de las grúas horquilla.
- Caída de distinto nivel, desde la mesa de corte hacia el piso.

4.3. Estandarización del proceso

En esta sección, se plantean todos los pasos para llegar a la estandarización del proceso de corte. Se iniciará con el estudio de causa-raíz, para luego continuar con un análisis de

impacto de cada punto que tenga alguna incidencia importante en el proceso.

4.3.1. Análisis de problemas y riesgos.

Al analizar los datos entregados por la figura 4.1, se encuentran algunos problemas, los que son mostrados en la imagen 4.7, y la imagen siguiente:

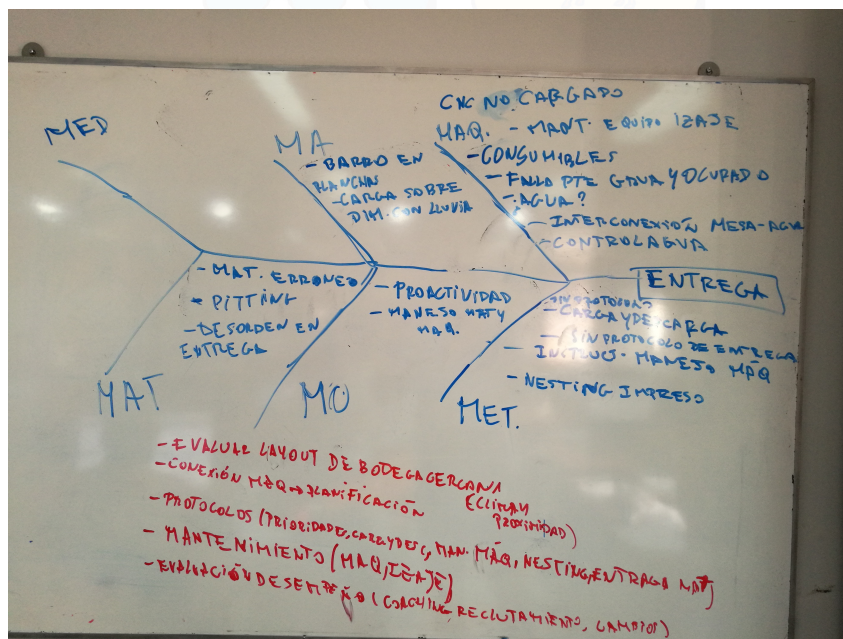


Figura 4.8: Diagrama de Ishikawa de entrega de material. Fuente: Elaboración propia.

En estos diagramas, se muestran los problemas encontrados a través de las reuniones con operadores y ayudantes, donde se utilizó la metodología de “Brainstorming” o “Lluvia de ideas” para encontrar los posibles problemas que afectan al proceso de corte y crean la variabilidad antes vista.

Para llegar a un análisis más profundo, se utiliza además, la metodología de los “5 ¿Por qué?” y se buscan las causas raíces dando como resultado lo mostrado en rojo en las imágenes 4.7 y 4.8. Para tener una mayor claridad de los resultados se presenta la lista

siguiente:

- Falta procedimiento de carga y descarga.
- Falta procedimiento de corte.
- Falta procedimiento de prioridades o entrega de material.
- Falta procedimiento de entrega de Nesting y CNC.
- Falta procedimiento de prioridades, por parte de planificación, producción y bodega.
- Falta evaluación de desempeño.
- Falta plan de mantenimiento.

Para entender las relaciones que tienen estos problemas entre unos y otros y, para reducir los esfuerzos de atacar problemas que no tienen un gran impacto en el proceso, o que sean dependientes de otro, se realiza una matriz de impacto y dependencia:

Tabla 4.4: Matriz de impacto. Fuente: Elaboración propia.

	Procedimiento carga y descarga	Procedimiento de corte	Procedimiento de prioridades	Procedimiento de Nesting y CNC	Procedimiento de ingreso de material	Demarcar zonas	Evaluación desempeño	Plan de mantenimiento	Impacto
Procedimiento carga y descarga		3	1	1	1	1	2	2	11
Procedimiento de corte	2		2	2	2	0	1	3	12
Procedimiento de prioridades	3	2		3	3	1	2	1	15
Procedimiento de Nesting y CNC	3	3	1		1	0	0	0	8
Procedimiento de ingreso de material	3	3	1	2		3	1	0	13
Demarcar zonas	2	1	3	0	3		1	0	10
Evaluación desempeño	2	2	3	0	0	0		1	8
Plan de mantenimiento	1	3	1	0	1	1	0		7
Dependencia	16	17	12	8	11	6	7	7	84

El siguiente paso es posicionar cada una de las soluciones en el gráfico siguiente, donde las coordenadas son la dependencia y el impacto. La primera se refiere a la relación de dependencia, que es, cuánto esta se ve afectada por los movimientos de las otras propuestas y la segunda al nivel de efectos que tiene en el proceso. Para esto, cada propuesta se clasifica en la tabla siguiente:

Tabla 4.5: Tabla de clasificación. Fuente: Elaboración propia.

		Dependencia	Impacto
A	Procedimiento carga y descarga	16	11
B	Procedimiento de corte	17	12
C	Procedimiento de prioridades	12	15
D	Procedimiento de Nesting y CNC	8	8
E	Procedimiento de ingreso de material	11	13
F	Demarcar zonas	6	10
G	Evaluación desempeño	7	8
H	Plan de mantenimiento	7	7

Para tener una visión más simple de la posición de impacto y dependencia, se crea el siguiente gráfico:

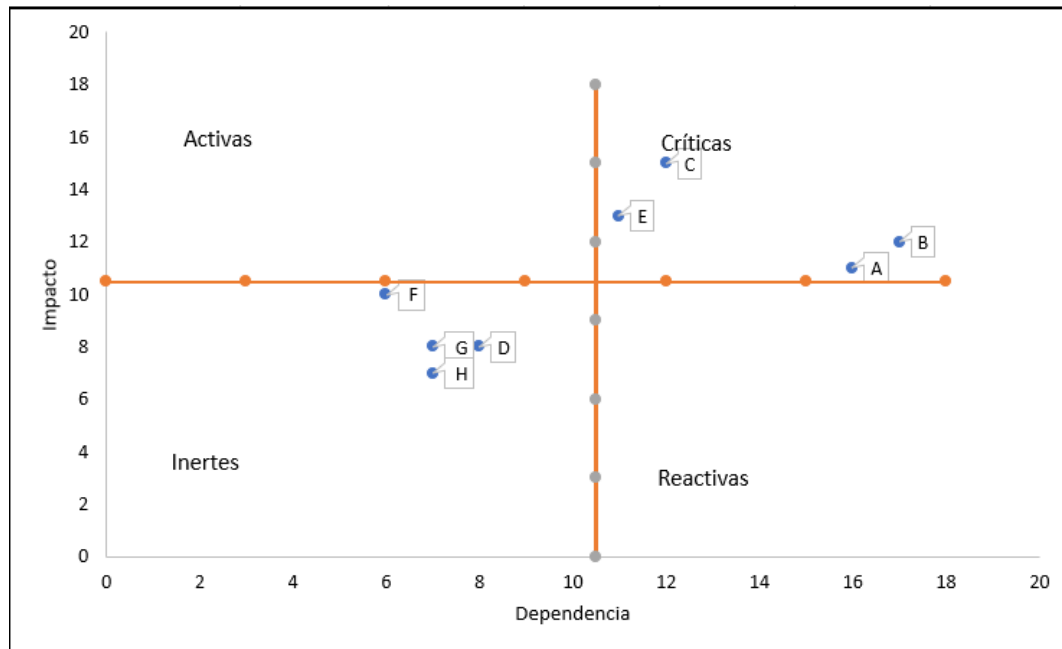


Figura 4.9: Representación de la matriz de impacto. Fuente: Elaboración propia.

Observando la figura 4.9, se obtiene que las soluciones que son críticas para el proceso, es decir que tienen un mayor impacto y, que al mismo tiempo pueden ser susceptibles a los cambios que llegasen a ser realizados por un proceso externo o por el mismo personal, son:

- Procedimiento de carga y descarga.
- Procedimiento de corte.
- Procedimiento de prioridades.
- Procedimiento de ingreso de material.

Cada procedimiento debe estar enfocado en atacar el problema de una manera directa,

es decir, que se debe estandarizar paso a paso cada uno de los procesos, para obtener así un control mayor, y en caso de que se detecte alguna anomalía, esta pueda ser estudiada y solucionada de manera oportuna. Además, como el proceso de corte de la máquina es una cadena de las funciones descritas en cada uno de los procedimientos, estos deben funcionar de tal manera que la cadena de producción no se vea afectada e incluso sea mejorada, para así disminuir los tiempos muertos entre proceso, y el porcentaje de valor agregado suba a valores aceptables.

4.3.2. Creación y mejora de procedimientos.

A través de la información entregada por la matriz de la figura 4.9, se necesitan crear procedimientos para lograr así un proceso estándar, para así disminuir lo máximo posible los problemas existentes.

Por lo tanto, se busca en la bibliografía de la empresa, la existencia de los procedimientos ya nombrados, encontrando solo los de “Ingreso de material” y “Corte”. Es por esto que se toma la decisión de mejorar los ya existentes y crear un tercero, que corresponda a la situación de “carga y descarga”.

Al revisar la sección 6, se encuentran los 3 procedimientos ya nombrados, pero además, se decide no realizar un procedimiento sobre “Prioridades de ingreso”, ya que este es una mezcla entre el ingreso de material y corte.

4.3.3. Demarcación de las zonas de trabajo y tránsito.

Para cumplir con el objetivo propuesto de mejorar el estado de la seguridad en el proceso, siendo este además de ser uno de los principios de Lean, se realiza la demarcación de zonas de tránsito alrededor de la máquina y las estaciones de trabajo, como se muestran

en las imágenes siguientes:



Figura 4.10: Tránsito entre la máquina y borde nave. Fuente: Elaboración propia.

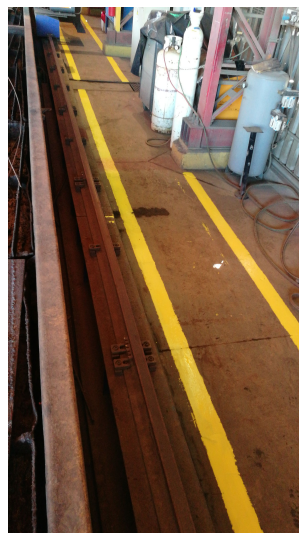


Figura 4.11: Continuación tránsito alrededor de máquina. Fuente: Elaboración propia.



Figura 4.12: Zona de acopio de material. Fuente: Elaboración propia.

La zona de tránsito alrededor de la máquina es un pasillo, según el artículo 7 del Decreto Supremo N° 594, donde se tiene 2 líneas de 100 [mm] separadas por más de 500 [mm]. En el caso de estudio, y como se ve en las imágenes 4.10 y 4.11, estas líneas están separadas por 800 [mm]. Además, se sugirió trabajar con el estándar de colores y moldes de la misma empresa.

En el caso de la imagen 4.12, se demarcan las 2 zonas de acopio de material, donde las grúas horquilla encargadas de ingresar y retirar el material puedan tener una mayor claridad del lugar, reduciendo los riesgos de aplastamiento, estandarizando así mismo el tránsito de la maquinaria.

La demarcación del sector de acopio corresponde a 2 rectángulos con 12000 [mm] de largo y 3000 [mm] de ancho, las que corresponden a las medidas máximas del material que podría ingresar a la nave de corte.

Para demarcar estaciones de trabajo y por seguridad se crearon letreros para demarcar la ubicación de las mangueras que son utilizadas para el recorte de piezas sobrantes utilizando el método de “oxicorte”. Estas mejoras encuentran en las siguientes imágenes:



Figura 4.13: Letrero de demarcación para mangueras. Fuente: Elaboración propia.

Para no obstruir el tránsito de personas en los pasillos marcados de las imágenes 4.10 y 4.11 se fabrican ganchos metálicos para mantener las mangueras suspendidas, eliminando así el riesgo de tropiezo con estas y caídas de mismo o distinto nivel, si se diese el caso de encontrar las mangueras sobre alguna de las mesas de corte.

Otras mejoras en señalización

Acorde a la demarcación de los sectores de trabajo y de tránsito y, con la ayuda de los estándares creados por el mismo personal (operadores, ayudantes y supervisor), se crea el panel siguiente:

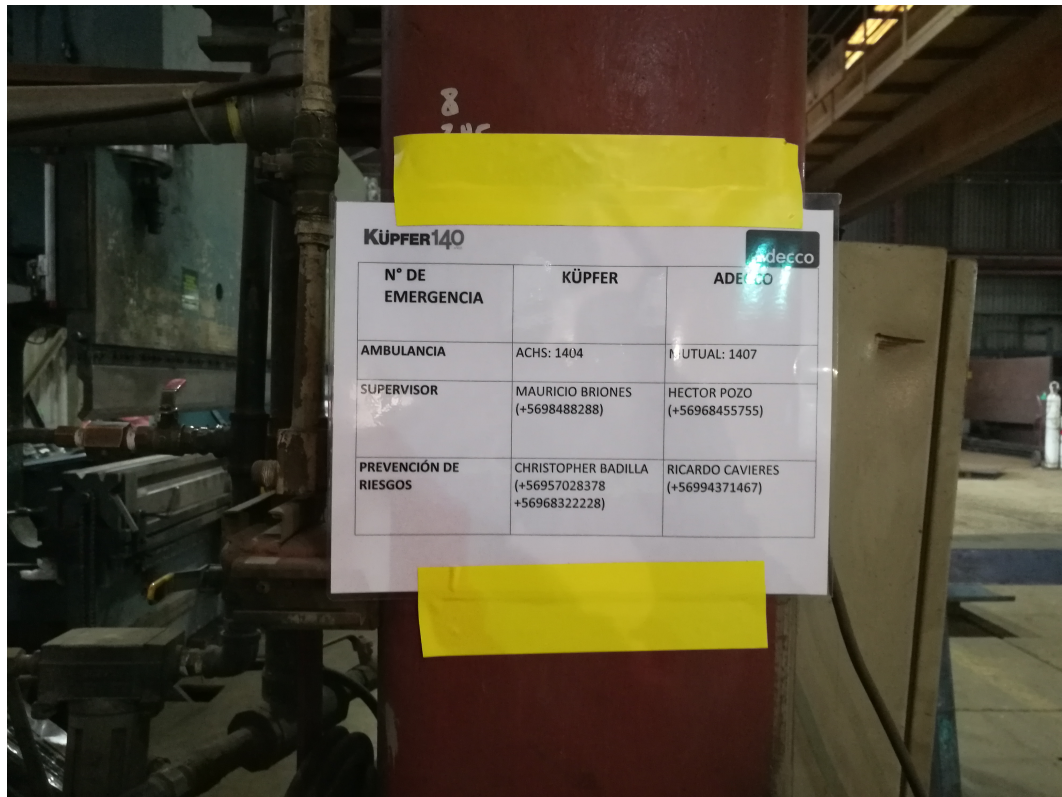


Figura 4.14: Panel de números de emergencia. Fuente: Elaboración propia.

El cual contiene los números de emergencia del supervisor de la nave de producción, junto a los de cada encargado de prevención de riesgos. Este pequeño cartel es creado para poder tener contacto directo en el caso de una emergencia y, ningún encargado de área este presente en la nave de producción. Los carteles fueron posicionados en los pilares de las nave 1 y 2 de producción, los cuáles están a la vista de todos y cercanos a los puestos de trabajo por lo general, como se puede observar en la imagen siguiente:



Figura 4.15: Posicionamiento de los carteles de seguridad. Fuente: Elaboración propia.

4.4. Modelo de producción y de trabajo

En esta sección se presenta el plan propuesto, el cual corresponde a la suma de las secciones anteriores, para así obtener un conjunto de aplicación de herramientas y propuestas de mejoras para obtener avances, tal como fueron planteadas en los objetivos.

4.4.1. Aplicación de herramientas de mejora

Para realizar una introducción más simplificada del proyecto para los operadores de la línea de producción, se deben realizar los pasos presentados, a continuación:

Presentar y aplicar los procedimientos

Se comienza con la aplicación de los procedimientos creados, para llegar a tener una variabilidad menor de los procesos. Es por esto, que, en el caso del protocolo de ingreso de material, se realiza una reunión entre el jefe de bodega junto a planificación, para discutir sobre los puntos expuestos y orden en los procesos, tal como son descritos en el procedimiento (ver Anexo), para luego poder darle una marcha blanca de una semana y, luego ser aplicado permanentemente.

En el caso de los procedimientos de corte, estos fueron desarrollados y entregados a los operadores y ayudantes, para tener una retroalimentación completa y así poder cubrir la mayor cantidad de posibles fallas.

Crear un panel de gestión visual

Con el objetivo de facilitar la comprensión del proyecto, junto a sus objetivos, y así simplificar la medición de los indicadores, se crea un panel visualmente atractivo, para llamar la atención de los operadores, tanto así de cualquier persona que circule por la nave de producción siguiendo un orden lógico y al mismo tiempo estandariza el proceso en sí. A continuación, se presenta el panel fabricado e instalado:

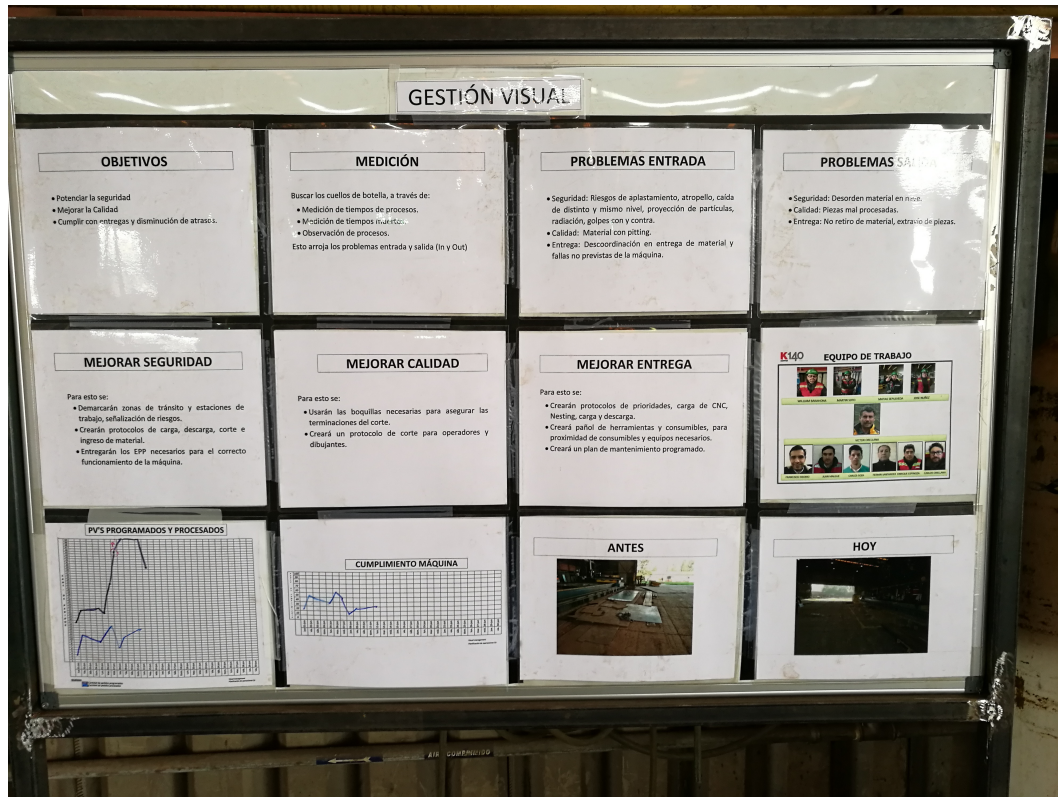


Figura 4.16: Panel de gestión visual M3. Fuente: Elaboración propia.

En la primera línea de este panel, se tienen los objetivos del proyecto siendo una mezcla entre los objetivos de la metodología Lean y los objetivos de este trabajo de título. Inicia con la mejora en la seguridad, continuando con la calidad y finalizando con la entrega. Se continúa con el proceso seguido para el estudio del proceso, finalizando con los problemas de entrada y salida del proceso de corte.

En la segunda fila, se encuentran las mejoras que son propuestas y desarrolladas siguiendo un plan de acción, para atacar los problemas anteriormente mencionados. Como Lean busca integrar a los operadores, se crea una sección dedicada a ellos, iniciando con los principales actores del proceso: los operadores y ayudantes de la máquina. La segunda fila corresponde el dueño del proceso: el supervisor de la máquina y nave, y así mismo

compartiendo el cargo de dueño con el jefe de producción ubicado en la última fila con los jefes de cada área. Cada una de estas personas compone el equipo de trabajo del proceso y proyecto.

Por último, en la última fila se ubican los indicadores, con los que se lleva a cabo la visualización de la variación del proceso, siendo al mismo tiempo el control Finalmente, al costado, la evolución del lugar de trabajo.

Aplicar las herramientas del modelo

Como fue mostrado en el capítulo 2, la aplicación de 5S es necesaria, ya que es una base de la filosofía Lean. Además de eliminar los desperdicios también mostrados en el mismo capítulo, hace que el lugar de trabajo se ve más pulcro y ordenado y así se tiene una visión más simple de la estación de trabajo.

Para poder instaurar la filosofía 5S en la máquina, se realizan reuniones cortas con los operadores y el jefe de producción, donde se les explica que es este método y cuáles son los beneficios para ellos y el proceso. Junto a esto, se proponen ideas de ambos lados, para llegar a un estándar común, entre lo necesario por la empresa y aquello que acomoda al operador. A continuación, se presentan el antes y después de la implementación:



Figura 4.17: Mueble antes de aplicar 5S. Fuente: Elaboración propia.



Figura 4.18: Mueble después de aplicar 3 primeras S. Fuente: Elaboración propia.

Para poder pasar de la imagen 4.17 a la 4.18, se aplicaron las 3 primeras S descritas en el capítulo 2, donde se elimina lo que es innecesario para el trabajo diario, se ordena y se

estandariza. En el mueble mostrado en estas imágenes, se tienen todos los consumibles para realizar el corte, desde los electrodos de cada torcha, hasta cada sello. Por lo tanto, se botaron los envases sobrantes, además de eliminar lo que no correspondía a ese espacio, y se organizaron cada uno en cada lugar. Además, se organiza el exterior del cajón, para tener una mayor claridad de las herramientas que se deben tener, y así obtener más espacio como se ve en la imagen siguiente:



Figura 4.19: Organización de mesa. Fuente: Elaboración propia.

En la imagen 4.19 se muestra la torcha más grande que utiliza la máquina, y al costado las herramientas con las que se separan las partes internas, para realizar el reemplazo del consumible que falló durante su funcionamiento. Luego de aplicar 5S dentro del cajón, se realiza el mismo procedimiento en el exterior, y se separan las herramientas de las piezas, además se organizan en archivadores, para así tener una mejor visualización de los Nestings y CNC's del día, junto a ellos las hojas ruta del día y anteriores, con un plazo máximo de 3 días.

- Para poder aplicar la herramienta “5S”, se deben realizar varias reuniones con los distintos operadores y ayudantes que componen el equipo completo de la máquina de corte. Para esto se imprimen folletos explicativos sobre cada paso del proceso, además de mostrar las ventajas y desventajas de estos, como se muestra en la siguiente figura:



Figura 4.20: Folleto explicativo 5S para los operadores y cualquier involucrado. Fuente: Elaboración propia.

El resultado de esta explicación y aplicación de herramientas se explicadas en una sección anterior de este capítulo, observando las imágenes 4.17, 4.18 y 4.19, además de la demarcación de las estaciones de trabajo y zonas de tránsito vistas en las imágenes 4.10, 4.11, y 4.12. El objetivo de esta herramienta es la eliminación del desorden visual y del proceso, para así poder eliminar los desperdicios de transportes y movimientos innecesarios (ver capítulo 2), impactando directamente sobre la seguridad de los operadores, ayudantes, supervisores y visitantes externos de la planta.

- **Poka Yoke:** Al aplicar la herramienta de “5S”, de manera paralela se aplica la herramienta Poka Yoke, donde se identifican los espacios de cada implemento de la máquina, para así disminuir los tiempos perdidos por buscarlos, además, de reflejar transparencia hacia el supervisor y superiores.

Estado deseado del proceso

El estado deseado del proceso corresponde a la unión entre la voz del cliente, o como fue visto en el capítulo 2, los procesos que agregan valor, y la correcta aplicación de las secciones anteriores de este capítulo.

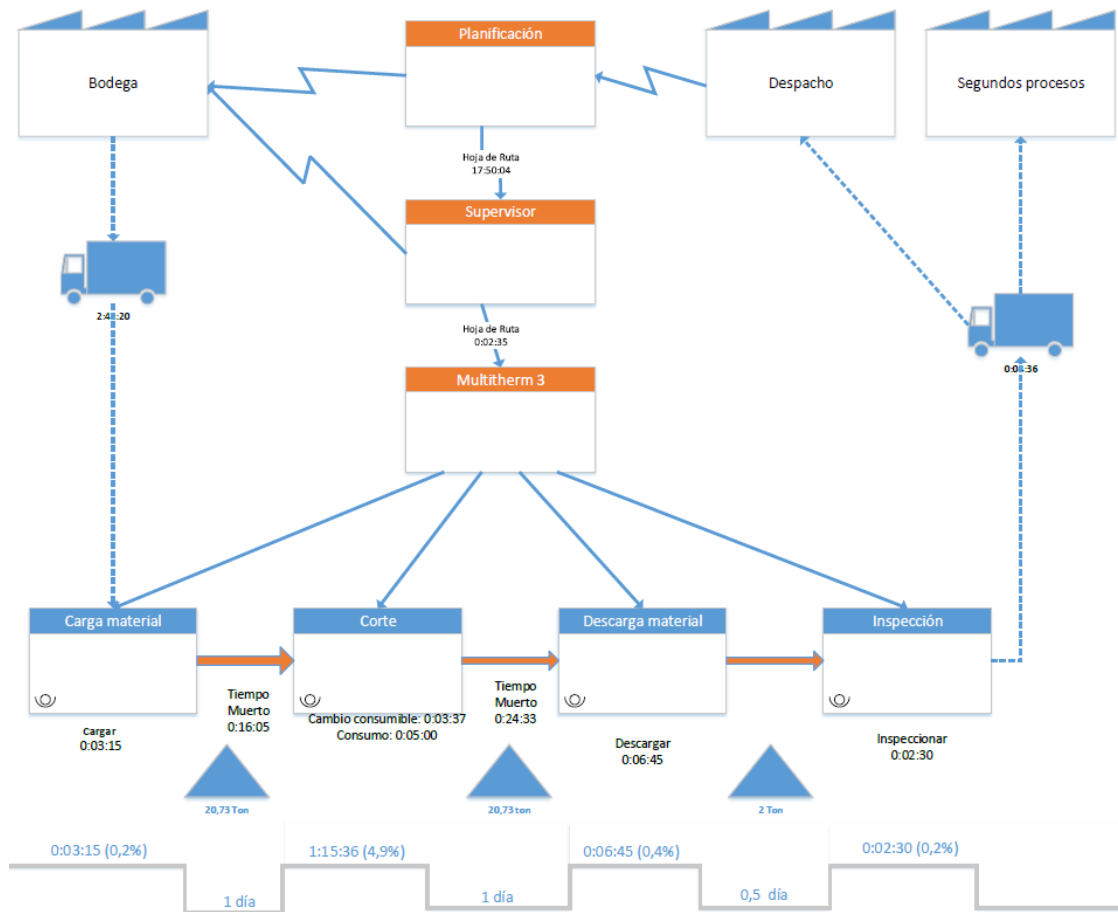


Figura 4.21: VSM deseado con las mejoras. Fuente: Elaboración propia.

Se realiza una comparación respecto de la mejora que se ha logrado a través de todas las propuestas y cambios desarrollados a través de este trabajo de título Para ellos se comparan las figuras 4.1 y 4.21, las que muestran el antes y el estado deseado. Los cambios que se han logrado a simple vista son:

- La diferencia de las toneladas presentes en el proceso de corte, ya que en la figura 4.1, se tenía presente un exceso de material, que corresponden a pedidos atrasados, residuos que se podrían utilizar en otros casos, y pedidos de días posteriores que fueron adelantados.
- Los tiempos muertos entre procesos son disminuidos:
 - El tiempo de ingreso de material, desde que es solicitado a bodega hasta ser entregado en la nave de corte.
 - Los tiempos entre carga y corte; corte y descarga, disminuyen un 15,4 % y 7,4 % respectivamente.
- Una mejora del porcentaje de valor agregado desde 4,1 % a 5,7 %, lo que se logra controlando los ingresos de material, es decir que los materiales que estén presentes en la nave y los que ingresen durante el día correspondan a la programación entregada por el departamento de *Planificación*, y a la correcta aplicación de los procedimientos entregados a los distintos sectores de la línea de producción.

Controlar el proceso

Con el fin de obtener un seguimiento continuo de la producción de corte, se debe crear el indicador clave del proceso. Es por esto que en la última fila de la imagen como se muestra en la última fila de la imagen 4.16 existe el control de la producción a través de los indicadores de “pedidos programados” vs “pedidos procesados”, siendo la relación de ellos la “eficiencia” del proceso de corte.

A modo de ejemplo, se presenta el seguimiento de los resultados del mes de Junio:

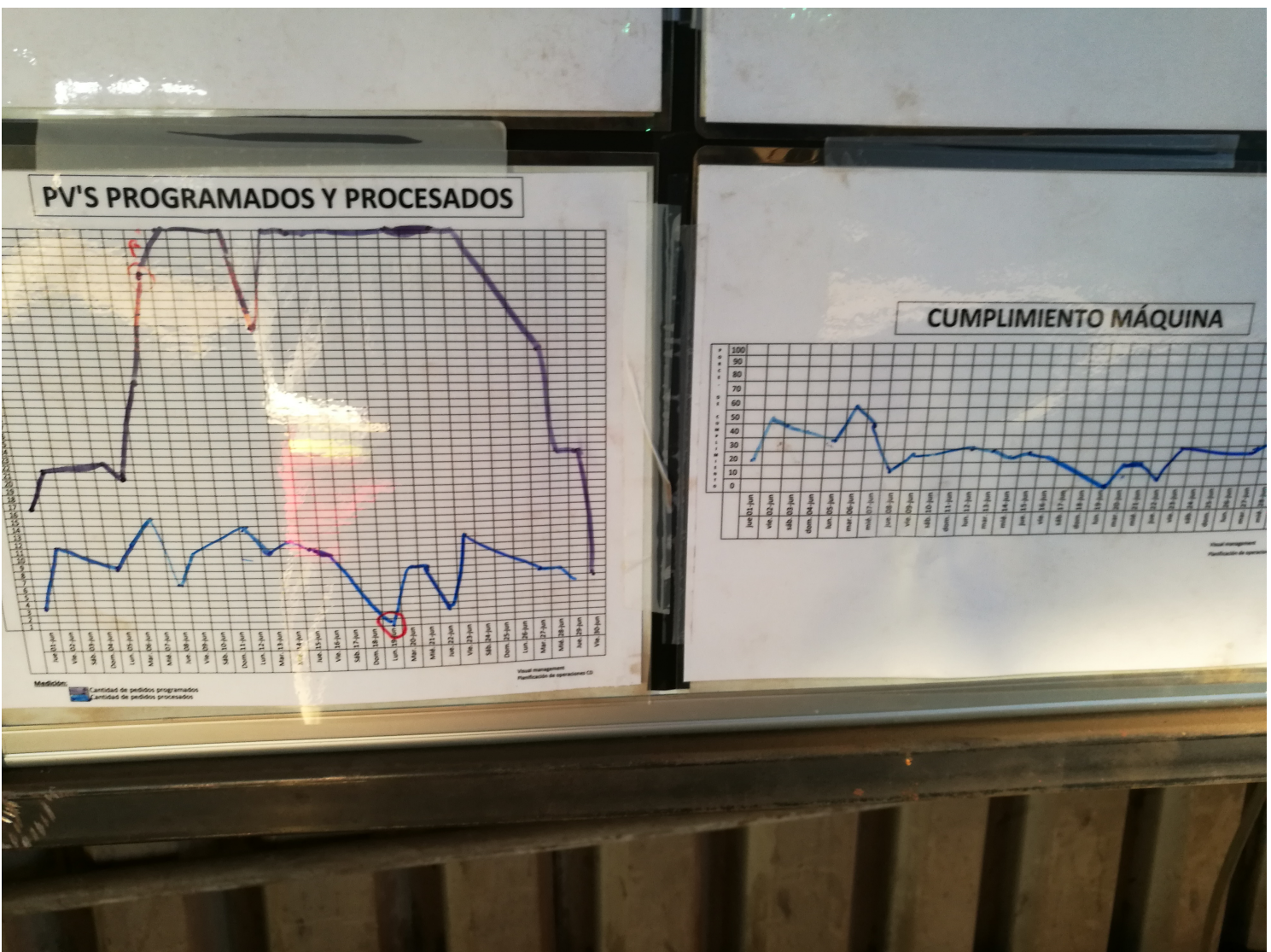


Figura 4.22: Indicadores de pedidos y eficiencia. Fuente: Elaboración propia.

En este indicador se muestran los pedidos programados para cada día medido (línea color negro), considerando los pedidos atrasados, además de los pedidos planificados para el mismo día y los pedidos procesados (línea color azul). En el gráfico al costado, se muestra la eficiencia de la producción de la máquina, es decir la relación entre los pedidos procesados con los pedidos programados.

La aplicación de los procedimientos y de herramientas de la metodología muestran una estabilización de la producción en la mitad y fines del periodo de estudio, donde existe una producción en promedio de 25,83 %, logrando una reducción en la variabilidad mostrada en la imagen 4.3, desde los valores iniciales de 15,79 % y 6,27 % hasta un 3,71 %.

5 | Conclusiones

5.1. Conclusión General

Al observar, el trabajo realizado en relación a la creación y aplicación de mejoras, dadas las condiciones iniciales del proceso, se tiene un resultado conforme a la reducción esperada de la variabilidad del proceso, la que inicialmente era **15,79 %**. Con las primeras mejoras se logró reducir a un **6,27 %**, como se observa y explica en la imagen 4.3. Luego con la aplicación de acciones adicionales la imagen, se logra obtener una estabilización del proceso a mediados y fines del periodo de medición con una variabilidad de **3,71 %**, como se observa en la imagen 4.22.

La primera variación de la eficiencia (ver figura 4.22) corresponde a la adaptación de los operadores, ayudantes, encargados de bodega y proceso, a los procedimientos creados y mejorados. Esto sucede al iniciar el verdadero proceso de cambio respecto al estado anterior, pues la cultura Lean ya fue introducida de manera temprana, con reuniones sobre la aplicación de “5S” en el proceso y lugares de trabajo y, las lluvias de ideas para crear los diagramas causa-efecto de “Ishikawa”.

La segunda variación de la eficiencia corresponde a factores externos de la planta, como fallas en el sistema eléctrico por problemas meteorológicos o la constante sobrecarga por parte del mercado sobre la planta, lo que así revela un punto que no se ha estudiado,

es decir, la poca flexibilidad de la producción en el caso de tener una mayor exigencia de la demanda, lo que se traduce en excesos de horas extra para lograr así, el cumplimiento deseado en el día a día.

Para llegar hasta una variabilidad de **3,71 %**, se estudian las causas raíces de los problemas encontrados a través de la medición de tiempos de proceso, análisis de los “diagramas de Ishikawa” y, la búsqueda de acciones que tendrían un mayor impacto sobre el proceso, creando procedimientos de trabajo y seguridad para trabajadores y procesos, impactando muy positivamente en la estabilización de la producción.

5.2. Conclusiones específicas

- Con la metodología existente en la literatura y, la que fue creada para el caso estudiado en este trabajo de título, fue posible lograr un levantamiento de estado del proceso bastante completo. Como se puede observar en la figura 4.1, la información sobre los tiempos de los procesos y, la relación que se tiene entre ellos refleja una gran necesidad de coordinación en los ingresos de material y orden dentro de la nave de producción. Al mejorar los procedimientos de “Ingreso de material” y de “Carga y descarga de mesas de corte” se obtiene un resultado muy satisfactorio a lo observado en el inicio del estudio.
- Con la ayuda del estudio de levantamiento del estado del proceso es posible identificar cuáles son los procesos que agregan o quitan valor a la cadena productiva y, por consecuencia, al producto que debe ser entregado.

La evaluación de la cadena de valor revela la presencia material en la nave de producción que no corresponde al día de producción, lo que revela los desperdicios del proceso: demasiados desplazamientos de material, movimientos innecesarios de los operadores y ayudantes para obtener la información correcta o para buscar

las herramientas necesarias, para que la máquina de corte pueda operar.

- Al observar de manera continua el trabajo y desplazamientos realizados por los operadores, junto a la constante circulación de grúas horquilla por la nave, se constatan varios riesgos en la seguridad del proceso y sobre todo para los trabajadores. Los riesgos en la operación tienen tanto origen interno como externo para los trabajadores como fue analizado en la el capítulo 4. Estos riesgos se deben a la falta de prevención de los operadores y ayudantes, al no utilizar los implementos de seguridad necesarios, o la mala utilización de ciertas herramientas (como magnetos o muelas).

- La estandarización del proceso es un trabajo en conjunto entre operadores, ayudantes, supervisores, que utilizan los procedimientos creados con los estándares de trabajo y, la bibliografía existente sobre la cultura de Lean Management, para así asegurar una producción constante sin poner en riesgo a los operadores y los equipos.

La mejora constante proveniente de la opinión de los trabajadores y el análisis de los estándares creados por la empresa resulta en una mejora en la seguridad del proceso y en las inmediaciones de la máquina de corte, además de controlar la variabilidad de la producción. Por lo tanto, se ordena el sector de trabajo, de acuerdo a la opinión y visión del trabajador, no sólo sin impactar en la producción, sino que impulsandola está a un nivel mayor.

- La conjunción de la estandarización y las mejoras propuestas demuestran un control sobre la producción, limitando al mismo tiempo la variabilidad, la que, al lograr ser estabilizada en el tiempo, llega a ser un peldaño para elevar un nuevo nivel que a su vez, atrae nuevos estándares y mejoras.

5.3. Recomendaciones

Al iniciar un proceso de mejora continua, el Centro de Distribución comenzó el desafío de llevar su proceso productivo hasta un nivel estable, donde se puedan obtener nuevas mejoras que además, de mantener el estado actual, puedan llevar el proceso a un nuevo nivel, más estable y controlado, además de generar mejores condiciones para los funcionarios y, el proceso en si. Para esto se recomienda:

- Controlar más el ingreso de material, donde se debe prevenir el error de tipos y calidad del material, y no impactar en atrasos de producción.
- Incluir a los operadores y ayudantes en la toma de decisiones, sobre sus estándares y lugares de trabajo.
- Realizar un marcado de las piezas cortadas con un estándar de colores y, así lograr un seguimiento riguroso y preciso, evitando las pérdidas de piezas.

Bibliografía

- Cuatrecasas, L. y Arbós, L.C. (2015). *Lean management: La gestión competitiva por excelencia*. Profit Editorial.
- Goldratt, E.M. y Cox, J. (1992). *The Goal: A Process of Ongoing Improvement*. North River Press.
- Gutierrez Pulido, Humberto y Vara Salazar, Roman de (2013). *Control estadístico de la producción y seis sigma*.
- Pistarelli, A.J. (2010). *Manual de mantenimiento: ingeniería, gestión y organización*. Pistarelli.
- Womack, J.P. y Jones, D.T. (2013). *Lean Thinking: Banish Waste And Create Wealth In Your Corporation*. Simon & Schuster UK.

6 | Anexo

6.1. Anexo 1: Procedimientos del proceso

6.1.1. Procedimiento de entrega de material

1. Objetivo

Este protocolo tiene como objetivo realizar una entrega de material eficiente, eficaz y puntual, a través de la entrega de material en sentido inverso de la hoja de ruta y orden en el almacenamiento, buscando cumplir con el programa de producción, y, por lo tanto, mejorar la entrega a cliente.

2. Alcance

Aplica para el área de bodega de acero Steeltek y Sabimet del centro de distribución (CD), reposición de Stock (PDT) de sucursales, pedidos simples y producción.

3. Responsabilidades

Es responsabilidad de todo el personal mencionado cumplir con este instructivo, además del uso correcto de los EPP que se requieran para dicha labor y cumpliendo con las normas de seguridad, calidad y medio ambiente.

- a) Jefe de Bodega: Tiene la responsabilidad de asegurar la visibilidad del material en bodega. Mantener el inventario: garantizar la totalidad de las existencias encontradas en el sistema de bodega. Administrar las funciones de personal de bodega y prestar apoyo área de Servicios logísticos. Además, es responsable de la custodia de los registros de existencias en bodega y su periodo de retención es de un año. Por último, notificar semanalmente el estado de los pedidos sin material (“S/M”), a través de un informe.
- b) Encargado 1 (asignador de material): Imprime solicitud y asigna material a SAP, en concordancia con las fechas y prioridades entregadas por planificación.
- c) Encargado 2 (ingreso de material a producción): Preparación de pedidos, recepción física, almacenamiento de materiales, orden, limpieza y mantención de bodegas.
- d) Encargado 3 (devolución desde producción): Recepción de sobrantes de producción para devoluciones en OF.

4. Descripción del procedimiento

Una vez que el material se encuentra en las bodegas del centro de distribución a libre disposición de producción o ventas. Se generan solicitudes de materiales:

- a) Recibir formulario de solicitud de material: El encargado 1 por medio del sistema de producción Küpfer (SPK), recibe el formulario de solicitud de

material (hoja de solicitud de material), se imprime, se confirma por sistema SAP la disponibilidad del material solicitado y se encarga de revisar la correcta emisión de la solicitud, es decir:

- Que no haya sido solicitada con anterioridad.
- Que la solicitud concuerde con el Nesting o cantidad de piezas para corte.
- Encargado 2 debe registrar la información en la solicitud de material impresa de SPK.

b) Asignar material a OF: Encargado 1 asigna por sistema el material a la OF correspondiente, de acuerdo a la solicitud. En caso de no haber material se solicitará a Ferro, si este tampoco tuviera material, queda en status como “sin material” en SPK.

c) Entregar material: Encargado 2 recibe la solicitud de material, a través de la hoja de solicitud de material, para entregar físicamente el material. El encargado 2 realiza la entrega de las 2 primeras prioridades en la hoja de ruta de cada máquina, para luego entregar el resto, en sentido contrario a lo indicado por la hoja de ruta. Por último, el encargado 2 hace firmar el formulario de entrega de material a la persona responsable, luego de confirmar la presencia del material dentro de la nave.

d) Devoluciones de producción: Encargado 3 revisa las devoluciones de producción en los patios designados y para esto utiliza el listado de toma de devoluciones. Con un sello se verifica la calidad, el espesor, el tamaño en base a lo especificado por la OF y crea en sistema SAP nuevos lotes de

acuerdo a ciertos criterios de descripción de remanentes, luego clasifica este material de acuerdo a tabla de colores (ver anexo) del catálogo de aceros, en este nuevo remanente se registra el N° de lote, la calidad, el espesor y las dimensiones, se almacena en las bodegas según layout. Con ello finaliza el proceso de bodega.

- e) Se debe considerar como chatarra el material que cumpla con las siguientes características:
- El material con dimensiones menores a 200x200 mm (en sucursales a nivel nacional), exceptuando al centro de distribución, donde las dimensiones no deben ser menores a 300x300 mm .
 - Cualquier sobrante de aceros laminados en caliente.
 - Materiales registrados como PNC (producto no conforme), y tengan un documento emitido por Control de Calidad, el cual debe ser aprobado por el Gerente de negocio.
- f) Cambios de material por falta de stock: cuando la solicitud es notificada en SPK como (proceso sin material), saldrá de esa categoría solo por instrucción del área de planificación, quién vía, única y exclusiva, por correo, formalizará el cambio de material a utilizar. El responsable de este proceso será encargado 1, quién notificará en SPK (Reversado proceso estado sin material).
- g) Compras de materiales en plaza: Se debe asignar inmediatamente al pedido para el cual fue comprado. Si la información formalizada mediante correo, no está clara respecto al destino, se debe consultar con la persona responsable de dicha compra de material.

h) Bodega GET: Los productos de esta bodega no pasan por SPK, debido a que son materiales sin proceso, el encargado de esta bodega debe listar sus pedidos en la transacción SAP ZSD0076, preparar embalaje y dejar a disposición de despacho.

6.1.2. Procedimiento de carga y descarga de material

1. Responsabilidades: Supervisor y ayudante

Es responsabilidad del supervisor de nave y ayudante el cumplir, ejecutar y controlar los procesos expuestos en este instructivo, además, de la tarea del supervisor de nave de entregar los EPP necesarios para las tareas propuestas, y hacer cumplir a los ayudantes, las normas de seguridad, salud, higiene y medio ambiente.

2. Objetivos: Cargar y descargar, apoyar al operador al cumplimiento de la programación.

3. Alcance:

Aplica para los ayudantes de la nave de producción N°1: mesas de corte por plasma, oxicorte y plasma; del centro de distribución (CD).

4. Descripción del proceso:

Una vez que los operadores de grúa horquilla han entregado el material correspondiente a las prioridades del día, los ayudantes deben revisar las hojas de rutas del día para poder programar los procesos de carga y descarga de material de las mesas de corte.

a) Verificación de equipos

Antes de comenzar con la carga de material sobre las mesas de corte, el ayudante debe revisar el estado en el que se encuentran los elementos que el utilizará, para así tener una mayor seguridad en su trabajo. Estos equipos son:

- Equipos de izaje (muelas, manos, magnetos).
- Puente grúa.
- Ramal y grilletes.

b) Carga de material:

- El ayudante en conjunto con el operador y supervisor, deben programar, a través de la hoja de ruta, el orden de los pedidos que serán procesados debe observar la hoja de ruta, para así seguir las prioridades señaladas en ella. Se debe comenzar por el material que está localizado más arriba en la pila de planchas ingresadas, ya que este debiese estar ordenado por orden de prioridades y seguir el proceso UEPS (Ultimo en entrar, primero en salir). Para poder asegurar las condiciones de seguridad de los operadores y ayudantes, además de asegurar la calidad de los materiales que serán cortados.
- Se debe estar cargando la mesa continua mientras la máquina está en proceso de corte, de descarga, o de despunte.
- En el caso de tener varios materiales de dimensiones menores (remanentes) a una plancha entera (de material anti abrasivo, estructural o

inoxidable), que están en la pila, siguen el orden de la hoja de ruta, y pueden entrar toda en una mesa de corte, se deben cargar para poder procesarlas de manera más continua.

c) Descarga de material:

- Cuando el proceso de corte haya terminado, el ayudante debe abrir el paso de los gases para poder comenzar con el despunte, para poder separar las piezas que hayan quedado unidas al sobrante.
- El otro ayudante debe comenzar con la descarga del pedido, mientras el otro ayudante se encuentra terminando el despunte, para luego unirse a la descarga. El material del pedido que está siendo descargado, debe ser puesto sobre un pallet de manera que no llegue a caerse, y la pieza que esta por sobre todas, marcada con el proceso que viene a continuación, junto al Nesting de seguimiento, para que los procesos tengan la información necesaria para funcionar.

6.1.3. Procedimiento de corte

1. Responsabilidades

Es responsabilidad del supervisor de nave, operador y ayudante el cumplir, ejecutar y controlar los procesos expuestos en este instructivo, además, de la tarea del supervisor de nave, de entregar los EPP necesarios, y hacer cumplir a los operadores y ayudantes, con las normas de seguridad, higiene, salud y medio ambiente.

2. Descripción del proceso

a) Recepción del material e información

El operador de la máquina recibirá el “Formulario de solicitud de material” por parte de bodega a través de su encargado de área, para el ó los productos, que demanden algún servicio en la máquina de corte. Cada trabajo realizado en la máquina de corte debe ser respaldado con planos, CNC, Nesting y hoja de ruta, donde se especifican medidas del corte, y calidad del material.

b) Verificación del estado de la máquina.

En general se debe verificar que la máquina esté en condiciones óptimas para ejecutar el requerimiento del cliente, en caso contrario, se debe informar al SUPERVISOR DE NAVE para solucionar el problema lo antes posible, dejando registro de esta verificación en el registro de mantención. Con esto se asegura la correcta ejecución de la tarea asignada, una vez ejecutado este punto se procede de la siguiente manera:

- 1) Antes de realizar el trabajo de carga de la mesa de corte, el ayudante debe verificar el estado de los elementos de izaje.
- 2) Asegurar que la calidad del material (pitting y tipo de material), y de las dimensiones entregadas por bodega sean las correctas. En caso contrario, el operador debe informar al supervisor para rechazar el material.
- 3) Importante asegurar que no exista contacto con los materiales en proceso con grasas y aceites.
- 4) Asegurarse del nivel correcto de agua en la piscina de la máquina.

- 5) Verificar el buen estado de mangueras y conectores (por parte del ayudante).
 - 6) La superficie de apoyo debe estar plana y pareja.
- c) Operación del equipo y material.
- 1) Posicionar el material en el área de trabajo con ayuda del puente grúa.
 - 2) Verificar el estado del consumible, y realizar cambio de esta, si el espesor lo necesita.
 - 3) Verificar presión de gases, y niveles de parámetros de corte.
 - 4) Ajustar velocidad de corte, de manera que se produzca la menor cantidad de escoria posible, y no produzca deformación en el corte.
 - 5) Realizar el corte de acuerdo a los requerimientos del cliente, los cuales se tienen en el CNC, Nesting y hoja de ruta.
 - 6) El operador debe realizar el proceso de autocontrol, donde verifica las medidas el material procesado y las contrasta con lo indicado por el cliente en el Nesting, y registrarlas en la misma hoja, con nombre y firma. En el material procesado se debe marcar el número de pedido de venta (PV), cantidad de piezas con un lápiz de tinta blanca indeleble, y colocar una marca de color el cual indica el proceso posterior (cilindrado, armado, plegado, arco sumergido, o centro de mecanizado), antes de ser bajado de la mesa de corte.

Tabla 6.1: Cantidad de muestras según cantidad de piezas del pedido.

Cantidad	Muestra	Primera	Central (s)	Última
1 a 10	3	x	x	x
11 a 20	5	x	x	x
21 a 50	13	x	x	x
51 a 75	19	x	x	x
76 a 100	25	x	x	x
100 a 200	50	x	x	x

- 7) El proceso de autocontrol, será la evidencia para comprobar que se validó el trabajo realizado, respecto a lo solicitado por el cliente. El operador debe seguir las indicaciones de la tabla siguiente para realizar un autocontrol según la norma:
- 8) El material procesado debe ser colocado sobre un pallet y llevado, en caso de ser necesario, a limpieza con ayuda de los puentes grúa o grúa horquilla.
- 9) El supervisor debe cerciorarse que el operador haya realizado el proceso de autocontrol y de limpieza, antes de liberar el pedido del proceso de corte.

d) Condiciones de mantenimiento.

- 1) Cambio de consumible:
Se deberá efectuar un cambio de consumible de acuerdo al espesor y calidad del material que será procesado, o en el caso que se vea un deterioro a simple vista, o el corte tenga defectos.
- 2) En el caso de no tener consumibles en la máquina, el operador se debe dirigir hacia el supervisor de la nave, para buscar la llave del pañol y así

poder sacar la cantidad necesaria. El supervisor debe estar verificando constantemente la cantidad de repuestos que se encuentran dentro de este pañol y reemplazar en caso de ser necesario.

e) EPP

El operador debe utilizar los siguientes EPP en su estación de trabajo:

- Lentes de seguridad o careta facial oscuras.
- Zapatos de seguridad.
- Casco.
- Guantes.
- Mascarilla para polvo metálico y polvo de medio ambiente.

6.2. Anexo 2: Diagrama de hilos

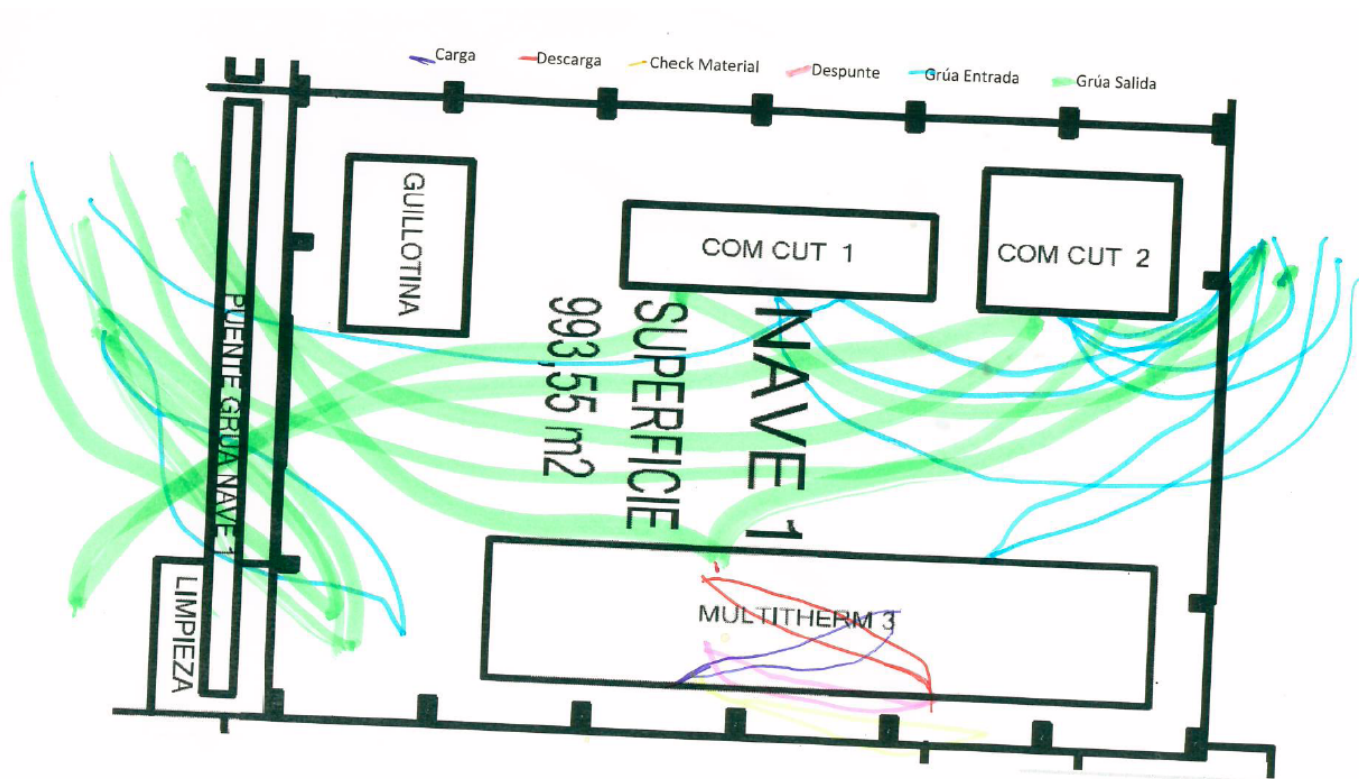


Figura 6.1: Diagrama de hilos de la circulación de los operadores y maquinaria. Fuente: Elaboración propia.

