

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

ESCUELA DE POSGRADO



**PROPUESTA DE MEJORA DEL PROCESO DE UNA LÍNEA DE
PRODUCCIÓN DE PARABRISAS PARA AUTOS USANDO
HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA ESBELTA.**

Tesis para optar el grado de Magister en Ingeniería Industrial con mención en
Gestión de Operaciones

AUTOR

Romel Alexander Sandivar Anaya

ASESOR

Corrales Riveros, Cesar Augusto

JURADO

Stoll Quevedo, Cesar Augusto

Corrales Riveros, Cesar Augusto

Rau Alvarez, José Alan

San Miguel, 2016

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo principal presentar propuestas de uso de herramientas de los sistemas esbeltos aplicado en la producción de parabrisas para autos, la cual es un proceso complejo y no tan conocido en el Perú. Sin embargo, al ser la empresa reconocida a nivel mundial viene teniendo un incremento en la demanda, por lo cual es importante realizar las mejoras necesarias para poder abastecer el mercado internacional de parabrisas.

Un punto importante por lo cual se eligió la empresa es que el diagnóstico y las propuestas se realizaron para una nueva planta industrial que la empresa recientemente terminó de construir e implementar hace un año, en ese sentido hay muchas herramientas que se pueden implementar para poder ayudar a mejorar la productividad en la empresa analizada.

Asimismo en la tesis se describe el análisis, diagnóstico de todos los procesos y se presentan las propuestas de mejora en los procesos más críticos. Iniciamos la investigación con el marco teórico describiendo las diferentes herramientas de sistemas esbeltos aprendidas durante los cursos de la maestría, luego se hace una descripción de la empresa, entendiendo las etapas del proceso productivo y también realizando el diagnóstico donde se colocan fotografías del orden y limpieza en las áreas del proceso e indicadores de rendimiento, productividad, reclamos y fallas de máquinas en el último año.

Seguidamente se presentan las propuestas de mejora para poder solucionar los problemas encontrados en el diagnóstico.

Las presentes propuestas tienen como objetivo principal mejorar los procesos en las áreas productivas de la empresa, cumplir con la demanda pactada con el cliente, generar un stock de seguridad, asegurar la calidad del producto final y con ello satisfacer las necesidades del cliente trabajando de manera ordenada, eficiente y eficaz; comprendiendo también que el apoyo del recurso humano es vital para el cumplimiento de los objetivos principales de las propuestas.

Finalmente se presenta la evaluación económica donde se cuantifica las ganancias a largo plazo que obtendrá la empresa luego de aplicar las herramientas de sistemas esbeltos de producción.

En la evaluación económica presentada se demuestra que el proyecto de implementar las herramientas de sistema esbelto es viable. En la proyección realizada a 5 años se obtiene un TIR de 145% y la relación B/C es de ganar 2.8 soles por cada sol invertido. Todo ello genera ganancias de 904890 soles luego del año 0 que es el de inversión.



DEDICATORIA

A Dios, por ayudarme y darme la fuerza para lograr alcanzar todas las metas. Asimismo por todas las bendiciones recibidas en toda mi vida

A mis padres Alexander y Margarita por la formación inculcada que me dieron desde pequeño.

A mis hermanos y novia por ser parte importante de mi vida y por todo su apoyo para seguir desarrollándome como persona y profesional.

A mi tía Lidia; a quien sin su apoyo incondicional no hubiera logrado muchas metas trazadas.

Un agradecimiento especial al Ingeniero Cesar Corrales por su apoyo en el desarrollo de la presente tesis.

INDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO.....	3
1.1 PROCESO	3
1.2 TIPOS DE PROCESOS.....	3
1.2.1 Procesos Industriales.....	3
1.2.2 Proceso de servicio.....	3
1.3 MEJORA DE PROCESO	4
1.3.1 Herramientas de mejora	4
1.4 MANUFACTURA ESBELTA - LEAN MANUFACTURING.....	9
1.4.1 Historia	9
1.4.2 ¿Qué es la Manufactura Esbelta?.....	9
1.4.3 Objetivos de la Manufactura Esbelta	10
1.4.4 Característica de la Manufactura Esbelta	10
1.4.5 Beneficios de la Manufactura Esbelta.....	10
1.4.6 Reducción de Desperdicios	11
1.5 HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA ESBELTA.....	11
1.5.1 Las 5’S.....	12
1.5.2 Kanban.....	15
1.5.3 Just in time – JIT	20
1.5.4 Mantenimiento Productivo Total – TPM.....	21
1.5.5 Mapeo de flujo de valor – VSM.....	22
1.5.6 Cambios rápidos – SMED	23
1.5.7 Poka – Yoke	24
CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA A EVALUAR.....	26
2.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	26
2.2 PRODUCTOS	28
2.3 CLIENTES.....	28
2.4 PROCESO PRODUCTIVO	28
CAPÍTULO III. DIAGNÓSTICO Y ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA PRODUCCIÓN DE PARABRISAS.....	40
3.1 DIAGNÓSTICO DEL ORDEN Y LIMPIEZA EN LAS ÁREAS DE PRODUCCIÓN	40
3.2 DIAGNÓSTICO DE MERMAS Y REPROCESOS DURANTE EL PROCESO PRODUCTIVO	45
3.2.1 Cumplimiento del programa de producción	45
3.2.2 Reclamos de clientes.....	47

3.2.3 Cantidad de mermas por área de producción	49
3.2.4 Cantidad de reprocesos por área de producción	49
3.3 DIAGNÓSTICO DE PARADAS DE MÁQUINAS DURANTE EL PROCESO PRODUCTIVO	53
3.3.1 Identificación de paradas de máquinas	53
3.3.2 Clasificación de Paradas de máquinas	54
CAPÍTULO IV. PLANTEAMIENTO DE PROPUESTA DE LAS HERRAMIENTAS DE MEJORA	56
4.1 CREAR UN PROGRAMA DE COMUNICACIÓN	57
4.1.1 Garantizar el compromiso de la alta dirección	57
4.1.2 Capacitación sobre herramientas de manufactura esbelta	57
4.2 5'S	57
4.3 KANBAN	64
4.4 TPM	73
4.4.1 Problemas	74
4.4.2 Causas	74
4.4.3 Propuesta para implementar y desarrollar TPM	75
CAPÍTULO V. EVALUACIÓN ECONÓMICA	85
5.1 COSTOS DE INVERSIÓN	85
5.2 GANANCIAS Y AHORROS	86
5.3 FLUJO DE CAJA	87
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	89
6.1 CONCLUSIONES	89
6.2 RECOMENDACIONES	90
ANEXO	91
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	94

INDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Tipos de Mejora del Proceso.....	5
Tabla N° 2: 10 Puntos clave del espíritu Kaizen.....	8
Tabla N° 3: Origen y evolución de los principios LEAN.....	9
Tabla N° 4: Beneficios de Ordenar (Seiton).....	14
Tabla N° 5: Tipos de Kanban.....	17
Tabla N° 6: Tipos de Inventarios.....	21
Tabla N° 7: Objetivos del TPM.....	22
Tabla N° 8: Funciones Reguladoras.....	24
Tabla N° 9: Rendimiento de la producción de parabrisas por área.....	46
Tabla N° 10: Porcentaje de reclamos por áreas en el año 2015.....	47
Tabla N° 11: Porcentaje de mermas mensual 2015 por área productiva.....	50
Tabla N° 12: Porcentaje de reprocesos mensual 2015 por área productiva.....	51
Tabla N° 13: Causas raíz de merma y reproceso en las áreas con mayor incidencia.....	52
Tabla N° 14: Paradas de máquina, clasificación y tiempo de parada.....	54
Tabla N° 15: Matriz de justificación de las herramientas Lean propuestas.....	56
Tabla N° 16: Registro de asistencia a capacitaciones.....	58
Tabla N° 17: Cuestionario de descarte de materiales.....	60
Tabla N° 18: Formato de registro de auditoría 5'S.....	63
Tabla N° 19: Medición del cumplimiento de implementación 5'S.....	64
Tabla N° 20: Takt time promedio.....	65
Tabla N° 21: Tiempo de balanceo de línea Heijunka.....	65
Tabla N° 22: Tiempo actual y mejorado del proceso de curvado.....	67
Tabla N° 23: Tiempo actual y mejorado del proceso de ensamble.....	70
Tabla N° 24: Formato de registro de auditoría TPM.....	76
Tabla N° 25: Formato de registro de datos TPM.....	78
Tabla N° 26: Efectividad actual de la pulidora CNC y el horno de curvado.....	80
Tabla N° 27: Formato de paradas de máquinas.....	80
Tabla N° 28: Indicadores TPM de la pulidora CNC y del horno de curvado.....	81
Tabla N° 29: Comparación de la OEE actual y mejorado.....	84
Tabla N° 30: Costos de inversión para implementar sistemas esbeltos.....	85
Tabla N° 31: Costos de inversión en los 4 años siguientes.....	86
Tabla N° 32: Cantidad de parabrisas producidos anualmente.....	87
Tabla N° 33: Ganancia y ahorro proyectado con las mejoras.....	87
Tabla N° 34: Flujo de caja.....	88

INDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Diagrama de Pareto.	6
Figura N° 2: Ciclo PDCA.	7
Figura N° 3: Flujo de Kanban.	19
Figura N° 4: Sistema Justo a Tiempo.	20
Figura N° 5: Mapa de Procesos de la empresa.	27
Figura N° 6: Diagrama de flujo del proceso productivo.	39
Figura N° 7: Estándar de trabajo ubicado en el techo en el área de corte y pulido.	40
Figura N° 8: Mallas de serigrafía ubicadas y almacenadas sin identificación.	41
Figura N° 9: Resistencias del horno de vitrificado ubicados en el suelo.	41
Figura N° 10: Aspiradora ubicada en el cuarto de empalme.	42
Figura N° 11: Techo del horno de curvado abierta sin letrero de advertencia.	42
Figura N° 12: Área de ensamble desordenado.	43
Figura N° 13: Zona de autoclave desordenada.	43
Figura N° 14: Área de inspección final.	44
Figura N° 15: Área de valor agregado.	44
Figura N° 16: Pareto de defectos de reclamos, área curvado.	48
Figura N° 17: Pareto de defectos de reclamos, área ensamble.	48
Figura N° 18: Diagrama de flujo para la clasificación de los objetos.	59
Figura N° 19: Etiquetas de identificación de producto en proceso.	61
Figura N° 20: Tiempo de balanceo Heijunka.	66
Figura N° 21: Diagrama del estado actual de trabajo en el horno.	68
Figura N° 22: Diagrama de propuesta Kanban para el horno de curvado.	69
Figura N° 23: Tarjeta de identificación Kanban.	69
Figura N° 24: Diagrama del estado actual del trabajo en ensamble.	71
Figura N° 25: Diagrama de propuesta Kanban para el área de ensamble.	72
Figura N° 26: Disponibilidad, rendimiento y calidad de la pulidora CNC.	82
Figura N° 27: Eficiencia global de la pulidora CNC.	82
Figura N° 28: Disponibilidad, rendimiento y calidad del horno de curvado.	83
Figura N° 29: Eficiencia global del horno de curvado.	83

INDICE DE ANEXOS

Anexo A: Diagramas de Pareto de mermas y reproceso del área de corte – pulido. ..	91
Anexo B: Diagramas de Pareto de mermas y reproceso del área de curvado.	92
Anexo C: Diagramas de Pareto de mermas y reproceso del área de ensamble.	93



INTRODUCCIÓN

La industria automotriz se divide en varios procesos de manufactura, una de ellas es la industria de producción de parabrisas originales para autos, cuya actividad es desconocida en el Perú ya que sólo existe una empresa dedicada a ello. Es por ello que los principales competidores se encuentran en países extranjeros.

La demanda actual de parabrisas ha venido incrementándose por lo cual la empresa ha extendido su portafolio de clientes para ganar mercado a nivel mundial; innovando y desarrollando parabrisas para diferentes marcas de autos, siendo un nuevo mercado el de parabrisas ecológicos que ayudan a los nuevos autos híbridos a recargar energía.

La empresa ha construido una nueva planta, la cual ya tiene 1 año de funcionamiento produciendo parabrisas en menor cantidad, y como todo inicio siempre hay alta cantidad de producto mermado debido a que aún no se han implementado las herramientas adecuadas para trabajar a la máxima capacidad.

Es por eso que este trabajo tiene como objetivo incrementar la productividad y la calidad de trabajo de los procesos en la fabricación de parabrisas utilizando herramientas de manufactura esbelta para cumplir la demanda de los clientes, y con ello reducir también los tiempos de entrega al cliente. Asimismo tiene como objetivo mejorar la calidad de trabajo y espacio de los colaboradores de las áreas productivas y administrativas.

En el capítulo 1 se plasman los conceptos teóricos que servirán de soporte para el desarrollo de la tesis, como son los conceptos de procesos, los tipos de procesos y las herramientas de manufactura esbelta

Luego en el capítulo 2 se describe a la empresa, mencionando la misión, visión, valores, el rubro del negocio, el portafolio de clientes que atiende. También se describe su proceso productivo mostrando un diagrama de flujo completo donde se observa a detalle cómo se conectan todas las áreas de producción y soporte al sistema productivo

En el capítulo 3 se presenta el diagnóstico del proceso productivo de parabrisas de la empresa, mostrando los indicadores de mermas, reclamos de cliente, el estado actual de las áreas productivas, identificando los problemas principales con ayuda de los datos obtenidos en los indicadores mostrados.

Seguidamente en el capítulo 4 se presentan las propuestas para mejorar las áreas productivas determinadas en el diagnóstico, mediante la aplicación de herramientas de manufactura esbelta, para eliminar las variables que afectan a la productividad y reducir la cantidad de reprocesos y mermas generados durante el proceso productivo.

En el capítulo 5 se detalla el impacto económico que se tendría de aplicar las propuestas de mejora, indicando las ganancias que se obtendrían utilizando indicadores financieros para sustentar la viabilidad de aplicar las herramientas de manufactura esbelta propuestas.

Finalmente en el capítulo 6 se redactan las conclusiones y recomendaciones del estudio realizado y de las propuestas descritas.



CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

En el presente marco teórico se describen los conceptos de procesos, los tipos de procesos, manufactura esbelta y las herramientas de manufactura esbelta.

1.1 PROCESO

De acuerdo a Bustamante y Valencia (2008), un proceso es el conjunto de elementos mutuamente relacionados o que interactúan, para obtener resultados que cumplan con ciertos requisitos previamente establecidos, a partir de la transformación de elementos de entrada.

El proceso utiliza los recursos de la empresa para obtener resultados satisfactorios y lograr el cumplimiento de los objetivos de la organización.

1.2 TIPOS DE PROCESOS

Se describen los siguientes principales tipos de procesos:

1.2.1 Procesos Industriales

El Proceso industrial es la sucesión de tareas, las cuales pueden ser desarrolladas de dos formas; simultáneamente o de manera paralela con la finalidad de llegar a un resultado preciso.

Según Salazar y Morales (2012), el proceso industrial se relaciona al conjunto de operaciones diseñadas para obtener, transformar o transportar productos primarios.

Salazar y Morales (2012), clasifican de la siguiente manera los tipos de procesos industriales:

- Procesos de Conformado.
- Procesos de Fundición.
- Procesamiento de Polímeros.
- Procesos de Maquinado y Acabado.
- Procesos de Unión.

1.2.2 Proceso de servicio

Según Lovelock (2011), los procesos de servicios van desde procedimientos simples que implican solo algunos pasos (como llenar el tanque de un automóvil con gasolina) hasta actividades muy complejas, como el transporte de pasajeros en un vuelo internacional.

Establece dos categorías amplias en los procesos de servicios: las personas; en muchos casos desde el transporte de pasajeros hasta la educación y los objetos; como una

computadora descompuesta que necesita reparación o un dato financiero que se debe de relacionar con cuenta particular.

1.3 MEJORA DE PROCESO

Evans y Lindsay (2008) sostienen que la mejora de procesos es una estrategia por las siguientes razones:

- La lealtad de los clientes se basa en el valor entregado.
- El valor entregado se crea mediante los procesos de negocios.
- El éxito continuo en los mercados competitivos requiere que una empresa mejore en forma consistente el valor entregado.

Para mejorar en forma consistente la capacidad de crear valor, una empresa debe mejorar de manera continua sus procesos de creación de valor.

De acuerdo a Schroeder, Meyer y Rungtusanatham (2011), para mejorar un proceso se puede aplicar el ciclo PDCA (planear, hacer, comprobar y actuar) los cuales se describen a continuación:

- Planificar las actividades de mejora y crear los procedimientos de trabajo.
- Ejecutar las actividades del proceso, según las instrucciones anteriormente establecidas.
- Comprobar que el proceso se ha desarrollado según lo previsto.
- Actuar con las mejoras ya ejecutadas que hayan demostrado su efectividad.

Este ciclo de actividades garantiza que existe una forma definida o estandarizada de hacer las cosas y que efectivamente el proceso se ajusta a esta forma estandarizada.

Por otro lado a pesar de realizar correctamente las actividades definidas para el proceso siguen existiendo problemas. La gestión según los principios de Calidad Total utiliza un sinnúmero de técnicas y herramientas para provocar la mejora de los procesos de la organización. Algunas son creativas y basadas en la imaginación, otras se basan en técnicas estadísticas o en metodologías concretas, sin embargo todas tienen en común el propósito de mejorar los procesos sobre los que se aplican:

En la Tabla N°1 se detallan cuáles son los tipos de mejoras del Proceso y que herramientas usar de acuerdo a sus características.

1.3.1 Herramientas de mejora

Las principales herramientas de mejora para la gestión de procesos se describen a continuación:

a) Diagrama de Pareto

Teruel (2014), señala que el diagrama de Pareto se basa en el principio “el 80% de los problemas se pueden solucionar, si se eliminan el 20% de las causas que los originan”. El diagrama de Pareto ayuda a tomar decisiones en función a las prioridades; trabajando con pocas acciones correctivas se solucionan un gran número de deficiencias.

Se procede al uso del Diagrama de Pareto cuando:

- Se necesita saber cuál es el factor o factores más importante en un problema.
- Determinar la causa raíz del problema.
- Decidir el objetivo de mejora y los elementos que se deben mejorar.
- Comprobar si se ha conseguido el efecto deseado; por comparación con los Paretos iniciales.

Tabla N° 1: Tipos de Mejora del Proceso.

MEJORAS ESTRUCTURALES	MEJORAS EN EL FUNCIONAMIENTO	
<p>Se puede mejorar un proceso a base de aportaciones creativas, imaginación y sentido crítico. Por ejemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La redefinición de destinatarios. • La redefinición de expectativas. • La redefinición de los resultados generados por el proceso. • La redefinición de las personas que intervienen en la mejora. • La redefinición de la secuencia de actividades 	<p>Se puede mejorar la forma en que funciona un proceso intentando que sea más eficaz. Por ejemplo: Aumentar el % de tornillos que están dentro de tolerancia.</p>	<p>O bien que sea más eficiente. Por ejemplo: Disminuir el despilfarro del componente eléctrico “X”</p>
<p>Debido a que son conceptuales las herramientas y técnicas que se emplean para este tipo de mejoras son de tipo creativo o conceptual, como por ejemplo: las Nuevas Herramientas para la Gestión de la Calidad, las Encuestas a Clientes, la reingeniería, el Análisis del Valor, el QFD y otras.</p>	<p>Para este tipo de mejoras son útiles las Herramientas clásicas de resolución de problemas, los Sistemas de sugerencias, el Diseño de Experimentos y otras basadas en datos.</p>	<p>Para este tipo de mejoras se pueden utilizar también las herramientas descritas para la mejora de la eficacia, complementadas con otras herramientas muy sencillas orientadas a la eliminación de despilfarros, como 5S o 5W-2H. También este tipo de mejoras se basa en el trabajo con datos.</p>

Fuente: Schroeder, Meyer y Rungtusanatham (2011).

La figura N°1 muestra el grafico de barras que representa los factores correspondientes a una magnitud cualquiera y están ordenados de mayor a menor y de izquierda a derecha.

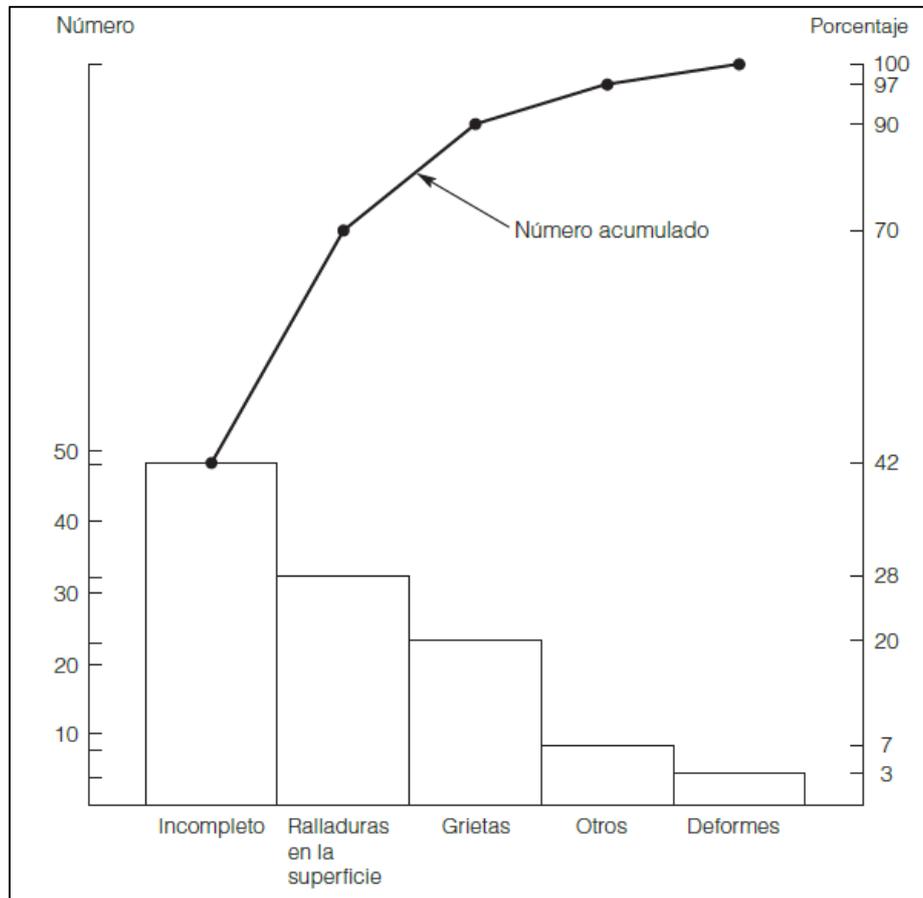


Figura N° 1: Diagrama de Pareto.
Fuente: Evans y Lindsay (2008).

b) Diagrama de causa y efecto

El diagrama de causa – efecto es una herramienta importante en esta tarea; ayuda a la generación de ideas sobre las causas de los problemas y esto, a su vez, sirve como base para encontrar las soluciones. (Evans y Lindsay, 2008).

Teruel (2014), expone que el diagrama de causa y efecto es una herramienta de análisis que permite obtener un cuadro detallado y de fácil visualización de los diversos motivos que pueden originar un determinado efecto o problema.

Cuando el objetivo es detectar un efecto indeseable y descubrir las causas del problema se procede a utilizar esta herramienta; mediante la incorporación de opiniones del grupo de personas directa o indirectamente relacionadas con el mismo.

Al diagrama causa – efecto lo denominan también como diagrama de Ishikawa, en referencia a su creador, el profesor japonés Kaoru Ishikawa; en la actualidad este

diagrama es considerado como una de las principales herramientas de mejora por su sencillez y eficacia.

c) PDCA

Según Evans y Lindsay (2008), el ciclo Deming está integrado por cuatro etapas: planear, hacer, estudiar y actuar; asimismo el ciclo Deming se enfoca tanto hacia la mejora continua a corto plazo como hacia el aprendizaje organizacional a largo plazo.

El ciclo PDCA se compone de cuatro procesos:

- Etapa de planeación: se recopila información del momento actual y con ello se describe el proceso.
- Etapa de hacer: se crea un plan piloto, todos los datos obtenidos se registran.
- Etapa de revisar: se procede a realizar la evaluación del plan piloto.
- Etapa de actuar: Se establece como procedimiento nuevo a lo que un inicio fue el plan piloto.

En la Figura N°2 se representa el Ciclo PDCA y cómo interactúan cada etapa del ciclo.

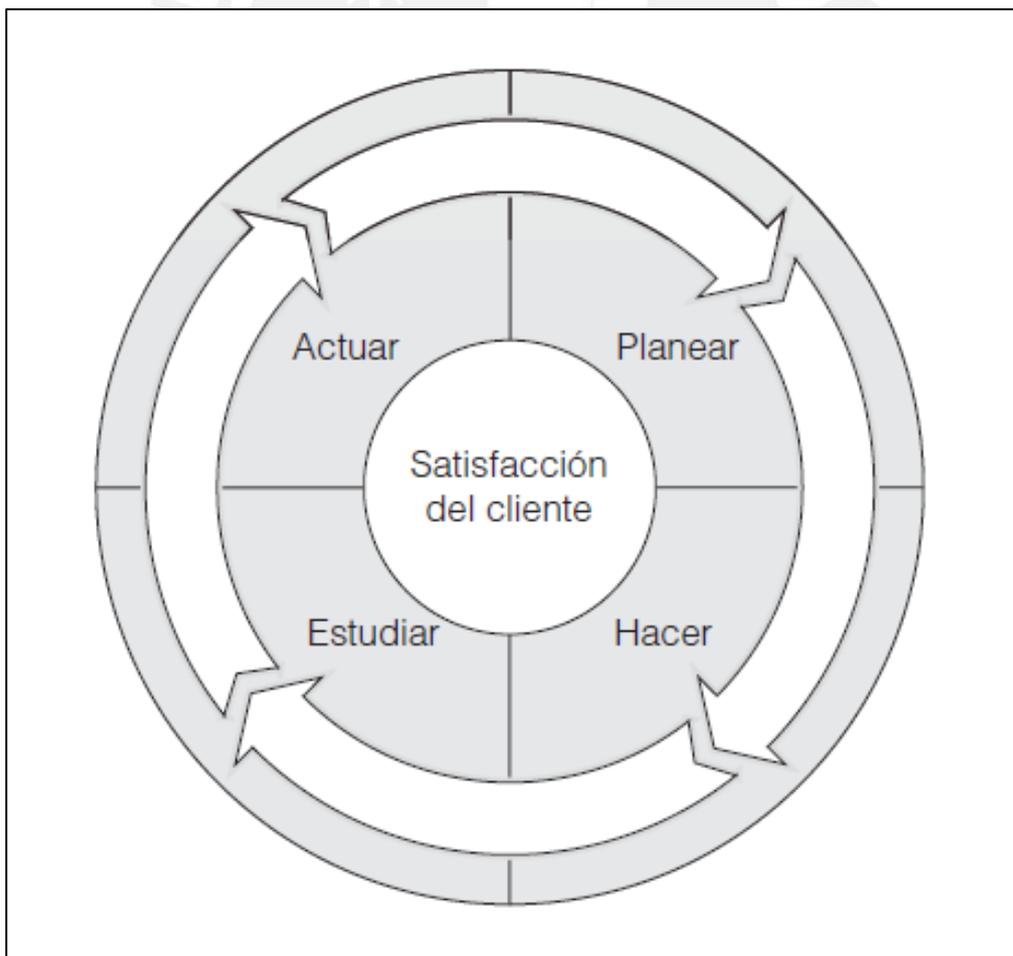


Figura N° 2: Ciclo PDCA.
Fuente: Evans y Lindsay (2008).

d) Kaizen – Mejora Continua

La mejora continua se basa en la lucha persistente contra el desperdicio. El pilar fundamental para ganar esta batalla es el trabajo en equipo bajo lo que se denomina espíritu Kaizen, quien es un impulsor del éxito del sistema Lean en Japón. (Hernández y Vizán, 2013).

Asimismo, Evans y Lindsay (2008), expresan que el Kaizen se enfoca hacia las mejoras pequeñas, graduales y frecuentes a largo plazo, con una inversión financiera mínima y la participación de todos en la organización.

Por lo expuesto anteriormente Kaizen se definiría como la actitud de los individuos de una organización orientada a la mejora continua.

La actitud hacia la mejora de las personas determina el éxito de la herramienta Kaizen. Cabe mencionar que en el entorno empresarial su aplicación es complicada, si es que no hay un apoyo desde la alta dirección y no se dé un cambio radical en el pensamiento y organización de la empresa.

Hay que estar mentalizados en que siempre hay un método mejor lo cual ayudará a innovar siempre en nuevos procedimientos de trabajo así sea un cambio mínimo.

En la tabla N°2 se describen los puntos clave del espíritu Kaizen.

Tabla N° 2: 10 Puntos clave del espíritu Kaizen.

EXCELENCIA EN LAS OPERACIONES: LA MEJORA CONTINUA
1. Abandonar las ideas fijas, rechazar el estado actual de las cosas.
2. En lugar de explicar lo que no se puede hacer, reflexionar sobre cómo hacerlo.
3. Realizar inmediatamente las buenas propuestas de mejora.
4. No buscar la perfección, ganar el 60% desde ahora.
5. Corregir un error inmediatamente e in situ.
6. Encontrar las ideas en la dificultad.
7. Buscar la causa real, plantearse los 5 porqués y buscar la solución.
8. Tener en cuenta las ideas de diez personas en lugar de esperar la idea genial de una sola.
9. Probar y después validar.
10. La mejora es infinita.

Fuente: Hernández y Vizán (2013).

1.4 MANUFACTURA ESBELTA - LEAN MANUFACTURING

Lean consiste en aplicar de forma continua un conjunto de herramientas de manufactura que buscan la mejora de los procesos productivos a través de la reducción de todo tipo de desperdicios; definidos éstos como los procesos o actividades que usan más recursos de los estrictamente necesarios.

1.4.1 Historia

Según Niño y Olave (2004), durante la primera mitad del siglo XX, la producción en masa fue la pauta a seguir por las empresas manufactureras. La producción en grandes volúmenes requería contar con extensas bodegas para almacenar enormes existencias de materia prima y componentes. Dichas interrupciones eran debidas a la falta de sistemas logísticos, a las entregas retrasadas de los proveedores, a los materiales, productos de baja calidad y a la ineficiencia dentro del propio proceso de producción. Asimismo para Hernández y Vizán (2013), Lean Manufacturing tiene su origen en el sistema de producción Just in Time (JIT) el cual fue desarrollado en los años 50 por la empresa Toyota.

En la Tabla N° 3 se muestra un resumen de los principios esenciales que se han ido sumando al modelo Lean. En la primera columna se nombran los principios JIT, en la segunda columna se nombran los principios JWO que utiliza el potencial de los trabajadores y en la última columna se nombra los principios de manufactura esbelta.

Tabla N° 3: Origen y evolución de los principios LEAN.

ORIGEN Y EVOLUCIÓN DE LOS PRINCIPIOS LEAN		
JIT	JWO	LEAN
Reducción producto en curso.	Trabajadores multidisciplinares.	Jidoka.
Flujo constante.	Calidad en el puesto de trabajo	Calidad Total.
Reducción tiempos de entrega.	Mantenimiento en el puesto de trabajo	Mejora continua.
Reducción tiempo de fabricación.	Mejoras del puesto de trabajo.	Compromiso de la alta dirección y empleados.

Fuente: Hernández y Vizán (2013).

1.4.2 ¿Qué es la Manufactura Esbelta?

Rajadell y Sánchez (2010), definen Lean Manufacturing como la persecución de una mejora del sistema de fabricación mediante la eliminación del desperdicio entendiendo

como desperdicio o despilfarro todas aquellas acciones que no aportan valor al producto y por las cuales el cliente no está dispuesto a pagar.

Manufactura Esbelta son varias herramientas que ayudan a eliminar todas las operaciones que no le agregan valor al producto, servicio y a los procesos, aumentando el valor de cada actividad realizada y eliminando lo que no se requiere. (Castillo, 2009). De acuerdo a Hernández y Vizán (2004), Lean Manufacturing es una filosofía de trabajo basada en las personas, que define la forma de mejora y optimización de un sistema de producción. Identifica varios tipos de desperdicios que se observan en la producción tales como; sobreproducción, tiempo de espera, transporte, exceso de procesado, inventario, movimiento y defectos

1.4.3 Objetivos de la Manufactura Esbelta

El objetivo de la manufactura esbelta es generar una nueva cultura de la mejora basada en la comunicación y trabajo en equipo; para ello es indispensable adaptar el método a cada caso correctamente. La filosofía Lean no da nada por sentado y busca continuamente nuevas formas de hacer las cosas de manera más ágil, flexible y económica (Hernández y Vizán, 2013)

Pineda (2004), señala que los principales objetivos de la manufactura esbelta son implantar una filosofía de mejora continua que le permita a las compañías reducir sus costos, mejorar los procesos y eliminar los desperdicios para aumentar la satisfacción de los clientes y mantener el margen de utilidad.

1.4.4 Característica de la Manufactura Esbelta

Según Niño y Olave (2004), establece las siguientes características:

- Define el valor e identifica la cadena de valor para su producto.
- Elimina todos los pasos innecesarios en toda cadena de valor.
- Crea flujo de valor para que todo el proceso fluya suave y directamente de un paso que agregue valor a otro, desde la materia prima hasta el consumidor.
- Una vez hecho el flujo, serán capaces de producir por órdenes de los clientes en vez de producir basado en pronósticos de ventas a largo plazo.
- Persigue la perfección continuamente.

1.4.5 Beneficios de la Manufactura Esbelta

Los beneficios que obtienen las empresas que implementan la manufactura esbelta son: reducción de costos de producción, reducción de inventarios, reducción del tiempo de entrega (lead time), mejor calidad del producto y/o servicio, mayor eficiencia y eficacia, reducción de los desperdicios.

1.4.6 Reducción de Desperdicios

En todos los procesos y áreas van a existir desperdicios, por ello se debe de trabajar para promover la mejora continua, dirigiendo a la identificación y eliminación de desperdicios.

De acuerdo a Taiichi (1978), existen siete desperdicios identificados que se deben reducir y/o eliminar.

- a) **Sobreproducción:** Significa realizar más de lo requerido por el siguiente proceso y/o hacer las cosas más rápido de lo requerido por el siguiente proceso. Con ello se genera inventarios y cuellos de botella.
- b) **Tiempo de espera:** Son los tiempos muertos entre operaciones y/o estaciones de trabajo. Es el tiempo que se espera para recibir soporte por problemas de equipo, información y/o materiales.
- c) **Transporte innecesario:** Se presenta cuando existe excesivo movimiento en el transporte de material, entre estaciones de trabajo, áreas de producción y bodegas.
- d) **Sobre procesamiento:** Es realizar más de lo requerido por los estándares aprobados y/o programación de la producción.
- e) **Inventarios:** Es la abundancia de materiales en el proceso y en el almacén de producto terminado.
- f) **Movimientos innecesarios:** Se presenta cuando en los procesos de producción y áreas de servicio los trabajadores tienen que realizar movimientos excesivos para tomar las herramientas o realizar desplazamientos excesivos para poder efectuar su operación.
- g) **Productos defectuosos y retrabajos:** Describe a la reparación o corrección realizada al producto por problemas de calidad; esto es originado en primer lugar por la no estandarización del trabajo realizado.

1.5 HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA ESBELTA

Entre las principales herramientas de manufactura esbelta se tienen:

1.5.1 Las 5'S

Se refiere a la creación y mantenimiento de áreas de trabajo más limpias, más organizadas y más seguras; es decir, se trata de imprimirle mayor "calidad de vida" al trabajo. Las 5'S provienen de términos japoneses que diariamente ponemos en práctica en nuestra vida cotidiana y no son parte exclusiva de una "cultura japonesa" ajena a nosotros. (Pineda, 2004).

1.5.1.1 Objetivos de las 5'S

El objetivo central de las 5'S es lograr hacer del orden una disciplina eficiente y uniforme de las personas en los centros de trabajo.

1.5.1.2 Beneficios de las 5'S

Entre los beneficios que se obtienen de la implementación y aplicación de las 5'S se tienen los siguientes:

- Mayores niveles de seguridad que redundan en una mayor motivación de los empleados.
- Mayor calidad de los productos
- Tiempos de respuesta más cortos.
- Aumenta la vida útil de los equipos.

1.5.1.3 Definición de las 5'S

A continuación se va a definir el significado de cada S.

a) Seiri (Clasificar)

Clasificar consiste en retirar del área o estación de trabajo todos aquellos elementos que no son necesarios para realizar la labor, ya sea en áreas de producción o en áreas administrativas. Una forma efectiva de identificar estos elementos que habrán de ser eliminados es utilizando etiquetas rojas. Una tarjeta roja o de expulsión es colocada a cada artículo que se considera no necesario para la operación. Luego, estos artículos son llevados a un área de almacenamiento transitorio y más tarde si se confirma que son innecesarios, estos se dividirán en dos clases, los que son utilizables para otra operación y los inútiles que serán descartados. Este paso de ordenamiento es una manera excelente de liberar espacios de piso. Este paso ayuda a eliminar la mentalidad de "Por Si Acaso".

Los beneficios que se obtienen de la aplicación de Seiri son:

- Liberar espacio útil en planta y oficinas.

- Reducir los tiempos de acceso al material, documentos, herramientas y otros elementos.
- Mejorar el control visual de stocks (inventarios) de repuesto y elementos de producción, carpetas con información, planos, etc.
- Eliminar las pérdidas de productos o elementos que se deterioran por permanecer un largo tiempo expuestos en un ambiente no adecuado para ellos.

b) Seiton (Ordenar)

Consiste en organizar los elementos que hemos clasificado como necesarios de modo que se puedan encontrar con facilidad. Ordenar tiene que ver con la mejora de la visualización de los materiales, máquinas e instalaciones industriales.

Entre las estrategias de aplicación de este proceso son el delimitar claramente las áreas de trabajo y ubicaciones, armarios para tener en su lugar cosas como un bote de basura, una escoba, trapeador, cubeta; es decir, "Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar."

En la tabla N°4 se detallan los beneficios para el trabajador y los beneficios para la empresa de aplicar Seiton.

c) Seiso (Limpieza)

Limpieza significa eliminar el polvo y suciedad de todos los elementos de una fábrica. Desde el punto de vista del TPM implica inspeccionar el equipo durante el proceso de limpieza. Se identifican problemas de escapes, averías, fallas o cualquier tipo de defecto. La limpieza incluye, además de la actividad de limpiar las áreas de trabajo y los equipos, el diseño de aplicaciones que permitan evitar o al menos disminuir la suciedad y hacer más seguros los ambientes de trabajo. Se debe elevar la acción de limpieza a la búsqueda de las fuentes de contaminación con el objeto de eliminar sus causas primarias.

Los beneficios de la aplicación de Seiso son:

- Reduce el riesgo potencial de que ocurran accidentes.
- Mejora el bienestar físico y mental del trabajador.
- Se incrementa la vida útil del equipo al evitar su deterioro por contaminación y suciedad.
- Las averías se pueden identificar más fácilmente cuando el equipo se encuentra en estado óptimo de limpieza y se logra un aumento significativo de la Efectividad Global del Equipo (OEE).

- Se reducen los despilfarros de materiales y energía debido a la eliminación de fugas y escapes.
- La calidad del producto se mejora y se reducen las pérdidas por suciedad y contaminación del producto y empaque.

Tabla N° 4: Beneficios de Ordenar (Seiton).

BENEFICIOS PARA EL TRABAJADOR	BENEFICIOS ORGANIZATIVOS
Facilita el acceso rápido a elementos que se requieren para el trabajo.	La empresa puede contar con sistemas simples de control visual de materiales y materias primas en stock de proceso.
Se mejora la información en el sitio de trabajo para evitar errores y acciones de riesgo potencial.	Eliminación de pérdidas por errores.
El aseo y limpieza se pueden realizar con mayor facilidad y seguridad.	Mayor cumplimiento de las órdenes de trabajo.
La presentación y estética de la planta se mejora, comunica orden, responsabilidad y compromiso con el trabajo.	El estado de los equipos se mejora y se evitan averías.
Se libera espacio	Se conserva y utiliza el conocimiento que posee la empresa.
El ambiente de trabajo es más agradable	Mejora de la productividad global de la planta.
La seguridad se incrementa debido a la demarcación de todos los sitios de la planta y a la utilización de protecciones transparentes especialmente los de alto riesgo.	

Fuente: Pineda (2004).

d) Seiketsu (Estandarizar)

El estandarizar pretende mantener el estado de limpieza y organización alcanzado con la aplicación de las primeras 3'S. El estandarizar sólo se obtiene cuando se trabajan continuamente los tres principios anteriores. Esta etapa o fase de aplicación debe ser permanente, son los trabajadores quienes adelantan programas y diseñan mecanismos que les permitan beneficiarse a sí mismos. Para generar esta cultura se pueden utilizar diferentes herramientas, una de ellas es

la localización de fotografías del sitio de trabajo en condiciones óptimas para que pueda ser visto por todos los empleados y así recordarles que ese es el estado en el que debería permanecer, otra es el desarrollo de unas normas en las cuales se especifique lo que debe hacer cada empleado con respecto a su área de trabajo. Los beneficios de la aplicación de Seiketsu son:

- Se guarda el conocimiento producido durante años de trabajo.
- Se mejora el bienestar del personal al crear un hábito de conservar impecable el sitio de trabajo en forma permanente.
- Se evitan errores en la limpieza que puedan conducir a accidentes o riesgos laborales innecesarios.
- Se prepara el personal para asumir mayores responsabilidades en la gestión del puesto de trabajo.
- Los tiempos de intervención se mejoran y se incrementa la productividad de la planta.

e) Shitsuke (Disciplina)

Significa evitar que se rompan los procedimientos ya establecidos. Solo si se mantiene la disciplina y el cumplimiento de las normas y procedimientos ya adoptados se podrá disfrutar de los beneficios que ellos brindan. La disciplina es el canal entre las 5'S y el mejoramiento continuo. Implica control periódico, visitas sorpresa, autocontrol de los empleados, respeto por sí mismo y por los demás; y mejor calidad de vida laboral. Los beneficios de la aplicación de Shitsuke son:

- Se crea una cultura de sensibilidad, respeto y cuidado de los recursos de la empresa.
- La disciplina es una cultura en el centro de trabajo.
- Se siguen los estándares establecidos y existe una mayor sensibilización y respeto entre personas.
- La moral de los trabajadores se incrementa.
- El sitio de trabajo será un lugar donde realmente sea atractivo llegar cada día.

1.5.2 Kanban

Kanban es una herramienta la cual se fundamenta en la manera de funcionar de los supermercados. La palabra Kanban tiene un significado japonés que es etiqueta de instrucción. La etiqueta Kanban contiene información que sirve como orden de trabajo; en otras palabras, es un dispositivo de dirección automático que brinda información

acerca de que es lo que se va a producir, en que cantidad, mediante qué medios y como transportarlo. (Pineda, 2004)

Su objetivo principal es gestionar de manera general que cada proceso produzca sólo lo necesario, tomando el material requerido de la operación anterior. Una orden es cumplida solamente por la necesidad de la siguiente estación de trabajo y no se procesa material sin ser necesario

Asimismo, se deberán tomar en cuenta las siguientes consideraciones antes de implantar Kanban:

- Determinar un sistema de programación de producción para ensambles finales y desarrollar un sistema de producción mixto y etiquetado.
- Establecer una ruta de Kanban que refleje el flujo de materiales, esto involucra designar lugares para que no se produzca confusión en el manejo de materiales; esto se realiza cuando el material se encuentra fuera de su lugar.
- El uso de Kanban, se encuentra relacionado a sistemas de producción de lotes pequeños.
- Los artículos de valor especial deberán ser tratados diferentes.
- El departamento de ventas debe establecer adecuada comunicación con el área de producción, indicando sobre aquellos artículos cíclicos a temporada que requieren incremento de producción, el aviso debe ser anticipado.
- El sistema Kanban debe de ser actualizado constantemente y mejorado continuamente.

1.5.2.1 Funciones de Kanban

Pineda (2004), propone dos funciones principales: Control de la Producción y la Mejora de los Procesos.

a) Control de la Producción:

Se define como la integración de los diferentes procesos y el desarrollo de un sistema Justo a Tiempo, en donde los materiales llegarán en el tiempo y cantidad requerida en las distintas etapas de la fábrica, y en la medida también se incluye a los proveedores.

b) Mejora de los procesos.

Proporciona la mejora en las diferentes actividades de la empresa mediante el uso de Kanban mediante técnicas ingenieriles; por ejemplo eliminación de desperdicio, organización del área de trabajo, reducción de cambios de modelo, manejo de

multiprocesos, mecanismos a prueba de error, mantenimiento preventivo, mantenimiento productivo total (TPM), reducción de los niveles de inventario.

Una función adicional de Kanban es la de movimiento de material, la etiqueta Kanban se debe mover junto con el material, si esto se realiza correctamente se logran los siguientes puntos:

- Eliminación de la sobreproducción
- Prioridad en la producción, el Kanban con más importancia se pone primero que los demás.

Tabla N° 5: Tipos de Kanban.

PRODUCCIÓN	TRANSPORTE	
Contiene la Orden de Producción e indica cuanto se va a producir. La tarjeta Kanban regresa del proceso posterior indicando cuanto material se requiere en el proceso siguiente.	Usado cuando se realiza el traslado de un producto. Indica la cantidad a recoger por el proceso posterior. Las tarjetas de transporte se utilizan para desencadenar la producción, y es a través de ellas que se da la orden de producir.	
URGENTE	EMERGENCIA	PROVEEDOR
Realizado en el caso de la escasez de un componente.	Cuando se producen situaciones inusuales causadas por componentes defectuosos: averías en la máquina, trabajos especiales o trabajo extraordinarios los fines de semana.	Se utiliza cuando la distancia de la planta al proveedor es considerable, por ello el plazo de transporte es un aspecto importante a tener en cuenta.

Fuente: Pineda (2004).

1.5.2.2. Tipos de Kanban

Para Pineda (2004), existen cinco tipos de Kanban, de las cuales los Kanban de producción y transporte son las más comunes al momento de implementar un Kanban. Cada tipo de Kanban implica el uso de un tipo de tarjeta diferente las cuales se escogerán de acuerdo al proceso a mejorar. En la tabla N°5 se describen los 5 tipos de Kanban.

1.5.2.3 Las 4 fases del Kanban

Evans y Lindsay (2008) describen 4 fases para la implementación del Kanban.

- Fase 1: En esta etapa el personal recibe el entrenamiento acerca de los principios y beneficios de Kanban.
- Fase 2: Se debe establecer Kanban en los componentes que presenten más problemas de producción y tiempos más largos de producción, para poder facilitar su manufactura y de esta manera resaltar los problemas escondidos. Asimismo se debe mantener el entrenamiento del personal en la línea de producción.
- Fase 3: Introducir Kanban en los demás componentes; en esta fase no deberían presentarse dificultades debido a que los operadores ya tienen conocimientos de las ventajas de Kanban.
- Fase 4: Esta fase consiste en la revisión del sistema Kanban, los puntos y niveles de orden. Asimismo se debe verificar si el Kanban aplicado está siendo eficiente y observar que otras mejoras se pueden realizar para mejorar la implementación del Kanban.

1.5.2.4 Reglas de Kanban

De acuerdo a Machuca (1995), existen 6 reglas que se deben seguir al aplicar Kanban.

- Regla 1: No se debe mandar producto defectuoso a los procesos subsecuentes.
A los procesos subsecuentes se debe evitar enviar productos defectuosos, porque ello implica costos; la inversión en materiales, equipo y mano de obra que no va a poder ser vendida.
- Regla 2: Los procesos subsecuentes requerirán sólo lo necesario
Significa que el proceso subsecuente pedirá el material que necesita al proceso anterior, en la cantidad necesaria y momento adecuado. Se crea una pérdida si el proceso anterior sustituye de partes y materiales al proceso subsecuente en el momento que este no los requiera o en una cantidad mayor a la que este necesita.
- Regla 3. Producir solamente la cantidad exacta requerida por el proceso subsecuente
Esta regla se creó con la condición de que el mismo proceso debe restringir su inventario al mínimo, por esa razón se deben considerar las siguientes observaciones:
- Regla 4. Se debe balancear la producción en cada proceso, de esta manera si se produce la cantidad necesaria requerida por los procesos subsecuentes, es necesario para todos los procesos, mantener al equipo y a los trabajadores de tal manera que cuando se solicite puedan producir materiales necesarios en la cantidad solicitada.

- Regla 5. Kanban es un medio para evitar especulaciones.
Para los trabajadores, Kanban se convierte en su fuente de información para producción y transportación y ya que los trabajadores dependerán de Kanban para llevar a cabo su trabajo; el balance del sistema de producción se convierte en gran importancia.
- Regla 6. Estabilizar y racionalizar el proceso, quiere decir que si el trabajo no se encuentra estandarizado y racionalizado, se dará paso a que se presente el trabajo defectuoso y por ello seguirán existiendo partes defectuosas.

1.5.2.5 Flujo Kanban

En 1998, Pascal detalló los flujos que presenta Kanban. En la Figura N° 3 se describe el flujo del Kanban.

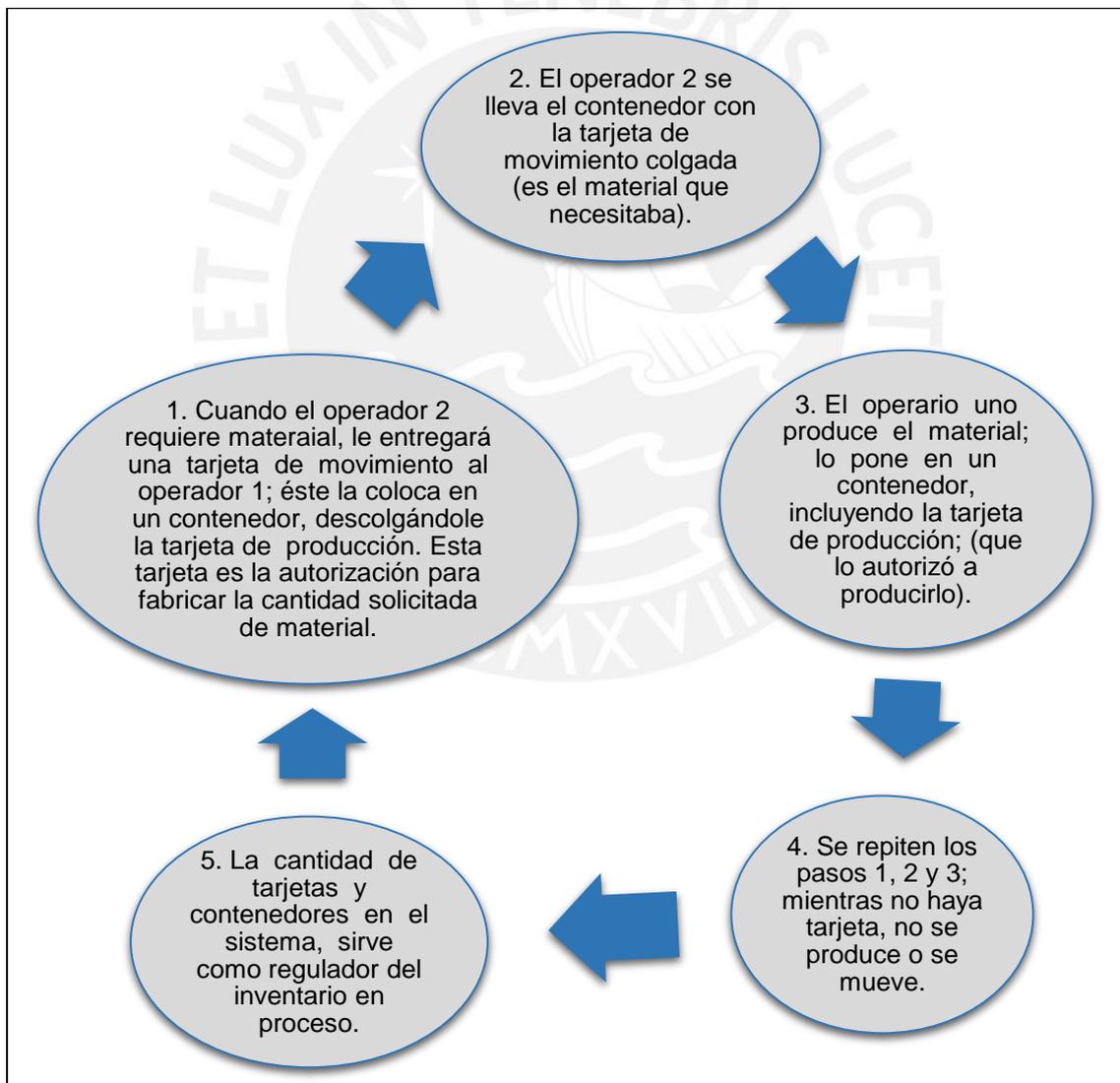


Figura N° 3: Flujo de Kanban.
Fuente: Pascal (1998).

1.5.3 Just in time – JIT

Según Pineda (2004), la herramienta Justo a Tiempo es una filosofía industrial la cual consiste en reducir el inventario, su utilización va desde compras hasta producción.

El JIT es una metodología de organización de la producción que tiene implicaciones en todo el sistema productivo. Además de proporcionar métodos para la planificación y el control de la producción, incide en muchos otros aspectos de los sistemas de fabricación, como son; el diseño de producto, los recursos humanos, el sistema de mantenimiento o la calidad.

Existen diversas formas de disminuir el inventario, sin embargo el Justo a Tiempo se basa en el control físico del material para ubicar el desperdicio y finalmente forzar su eliminación. El objetivo del Justo a Tiempo es producir un artículo en el momento que es requerido para que este sea vendido o utilizado por la siguiente estación de trabajo en un proceso de manufactura.

El concepto de eliminación del despilfarro conlleva dos aspectos fundamentales de la filosofía JIT:

- El enfoque proactivo, que consiste en la búsqueda de problemas antes de que sus consecuencias se manifiesten espontáneamente. Dicho enfoque se refuerza mediante las iniciativas de mejora continua en todas las áreas del sistema productivo.
- La desagregación del objetivo general de la filosofía JIT en objetivos que afectan a todos los aspectos de la producción, y que dan lugar a diversas formas de actuación recogidas en las técnicas de producción JIT.

La Figura N°4 indica cómo funciona el Sistema Justo a Tiempo.

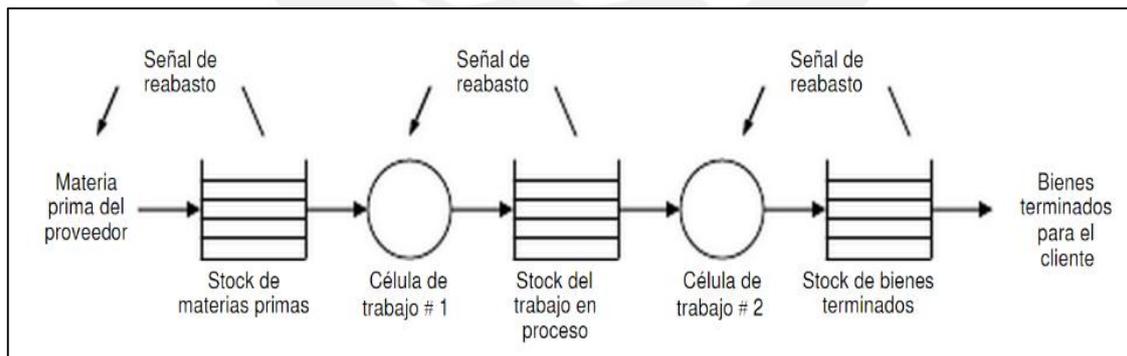


Figura N° 4: Sistema Justo a Tiempo.
Fuente: Pineda (2004).

De los conceptos mencionados se deduce que sólo se debe producir las unidades necesarias en las cantidades necesarias, en el tiempo necesario.

Para lograrlo se tiene dos métodos:

- a) Tener los tiempos de entrega muy cortos; es decir, que la velocidad de producción sea igual a la velocidad de consumo y que se tenga flexibilidad en la línea de producción para cambiar de un modelo a otro rápidamente.
- b) Eliminar los inventarios innecesarios, esto debe realizarse poco a poco.

En la tabla N° 6 se describe los tipos de inventarios y su forma de reducción.

Tabla N° 6: Tipos de Inventarios.

TIPO DE INVENTARIO	TRABAJO EN PROCESO	MATERIAS PRIMAS	PRODUCTO TERMINADO	A LA FUNCIÓN
FORMA DE REDUCCIÓN	Disminuir el tamaño del lote. Eliminar todas las colas de producción. Todos los procesos que son cuello de botella deben ser mejorados.	Recibos directos, pequeños y frecuentes al lugar de trabajo. No debe haber acumulación de materiales en las zonas de trabajo. Solocitar en base al forecast anual de demanda.	Producir lo que se vende. Embalar y embarcar frecuentemente y en cantidades menores. Una exceso de producción es un costo de inventario en almacén.	Disminuir el tiempo de preparación. Reducir la incertidumbre sobre la calidad y cantidad de material. Eliminar las colas, dar fluidez al plan de producción. Tener en lo posible una programación nivelada.

Fuente: Pineda (2004).

1.5.4 Mantenimiento Productivo Total – TPM

En el 2004, Pineda mencionó que el TPM se enfoca en crear un Sistema Corporativo que maximice la eficiencia de todo el sistema productivo, por eso establece un sistema el cual previene las pérdidas en todas las operaciones de la empresa. Esto incluye “cero accidentes, cero defectos y cero fallos” en todo el ciclo de vida del sistema productivo. Es aplicable en todos los sectores, incluyendo producción, desarrollo y departamentos administrativos; además se debe contar con la participación de todos los integrantes de la empresa.

El TPM se encuentra en la búsqueda constante de:

- Maximizar la eficacia del equipo
- Desarrollar un sistema de mantenimiento productivo por toda la vida del equipo.
- Involucrar a todos los departamentos que planean, diseñan, usan, o mantienen equipo, en la implementación de TPM.

- Activamente involucrar a todos los empleados, desde la alta dirección hasta los trabajadores de piso.
- Promover el TPM a través de motivación con actividades autónomas de pequeños grupos.
- Cero accidentes.
- Cero defectos.
- Cero averías.

1.5.4.1 Objetivos del TPM

Los tres objetivos principales de la aplicación del TPM son: Estratégicos, Operativos y Organizativos. En la tabla N° 7 se describen los objetivos del TPM

Tabla N° 7: Objetivos del TPM.

ESTRATÉGICOS	OPERATIVOS	ORGANIZATIVOS
<p>El proceso TPM ayuda a construir capacidades competitivas desde las operaciones de la empresa, gracias a su contribución a la mejora de la efectividad de los sistemas productivos, flexibilidad y capacidad de respuesta y reducción de costos operativos.</p>	<p>Tiene como propósito en las actividades cotidianas que los equipos operen sin averías y fallos, para ello se debe eliminar toda clase de pérdidas, mejorar la fiabilidad de los equipos y emplear la capacidad industrial instalada.</p>	<p>Busca fortalecer el trabajo en equipo, incrementar la moral en el trabajador, crear un espacio donde cada persona pueda aportar lo mejor de sí, todo esto, con el propósito de hacer del sitio de trabajo un entorno creativo, seguro, productivo y donde trabajar sea realmente grato.</p>

Fuente: Pineda (2004).

1.5.5 Mapeo de flujo de valor – VSM

Según Rother y Shook (2003), el mapeado de flujo de valor o value stream mapping es un recurso valioso basado en una técnica gráfica que mediante el uso de iconos normalizados, continúe una misma figura de flujos logísticos de materiales e información.

El propósito de la herramienta es mapear las actividades con o sin valor añadido necesarias para llevar productos determinados desde materia prima hasta producto terminado con el único objetivo de ubicar oportunidades de mejora mediante modelos

basados en conceptos de producción, para posteriormente graficar un posible estado futuro y lanzar proyectos de mejora. (Rother y Shook, 2003).

1.5.5.1 Importancia del VSM

A continuación se detalla la importancia del VSM:

- Permite visualizar el proceso.
- Crea el estado actual del proceso.
- Permite entender el mapa general del proceso por cualquier persona en la compañía.
- Resalta la interrelación entre los flujos de información y materiales.
- Ayuda a identificar las oportunidades de mejoramiento, actividades que agregan y no agregan valor y por ende puntos de reducción de desperdicios.

1.5.6 Cambios rápidos – SMED

Para Pineda (2004), el significado SMED es “Cambio de modelo en minutos de un sólo dígito”. SMED es un conjunto de teorías y técnicas para realizar las operaciones de cambio de modelo en menos de 10 minutos. Surge por la necesidad de lograr la producción Justo a Tiempo. Este sistema fue desarrollado para acortar los tiempos de la preparación de máquinas, facilitando hacer lotes más pequeños. Los procedimientos de cambio de modelo se simplificaron usando los elementos más comunes o similares usados habitualmente.

1.5.6.1 Objetivos de SMED

Los principales objetivos de la aplicación de SMED son:

- Facilitar los pequeños lotes de producción.
- Rechazar la fórmula de lote económico.
- Hacer la primera pieza bien cada vez.
- Cambio de modelo en menos de 10 minutos.
- Eliminar los ajustes: esto quiere decir que los mejores ajustes son los que no se necesitan por eso se suele fijar a las personas.

1.5.6.2 Beneficios de SMED

Los principales beneficios que se obtienen de la correcta aplicación del SMED son:

- Reducir los inventarios.
- Procesar productos de alta calidad.
- Reducir los costos de producción.
- Lograr tiempos de cambio más confiables.

- Obtener una carga más equilibrada en la producción diaria

1.5.7 Poka – Yoke

La palabra Poka es de origen japonés cuyo significado es error inadvertido y la palabra Yoke significa prevención; por tal motivo permite detectar situaciones problemáticas antes de que se desarrollen, o si se han presentado se debe tratar de manejarlas evitando incrementar la generación de defectos. (Niño y Olave, 2004)

Pineda (2004) señala que el Poka – Yoke tiene dos funciones:

- Hacer la inspección del 100% de las partes producidas.
- Si ocurren anomalías puede dar retroalimentación y dar alguna acción correctiva.

1.5.7.1 Funciones reguladoras del Poka - Yoke

Se tienen 2 funciones reguladoras del Poka - Yoke. En la tabla N°8 se describen las funciones reguladoras del Poka - Yoke.

Tabla N° 8: Funciones Reguladoras.

MÉTODOS DE CONTROL	MÉTODOS DE ADVERTENCIA
<p>La manera de controlar las anomalías son apagando las máquinas o bloqueando los sistemas de operación, de esa manera se evita que continúe el desperfecto.</p> <p>Los métodos que utilizan son más intensos que los de tipo preventivo, por ello este tipo de sistemas de control maximizarán la eficiencia para alcanzar cero defectos.</p>	<p>Son las que advierten al colaborador de las anomalías que se presentan, mediante la activación de una luz o sonido; sin embargo si el trabajador no se percatara del aviso los desperfectos se seguirán presentando.</p>

Fuente: Niño y Olave (2004).

1.5.7.2 Clasificación de los métodos de POKA - YOKE

Entre los métodos Poka - Yoke se tienen los siguientes:

- Método de Contacto: Dispositivo sensitivo que detecta los desperfectos en el acabado de la pieza, puede existir contacto entre el dispositivo y el producto.
- Método de Valor Fijo: Las anomalías se detectan, a través de la inspección de un número específico de movimientos, en este caso las operaciones deben de repetirse un número establecido de veces.

- Método del Paso – Movimiento: Las anomalías son detectadas inspeccionando los errores en movimientos estándares donde las operaciones son realizadas con movimientos predeterminados.

1.5.7.3 Características del sistema POKA - YOKE:

Entre las características principales del sistema Poka - Yoke se tienen las siguientes:

- Son simples, baratos y fáciles de entender.
- Son parte del proceso, se lleva a cabo el 100% de la inspección.
- Son ubicados en el lugar donde ocurre el error, proporcionan el feedback rápidamente para que los errores puedan corregirse.



CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA A EVALUAR

En este capítulo se realizará la descripción de la empresa, productos, clientes y su proceso productivo.

2.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

La empresa hace más de 45 años es el líder mundial en la producción e innovación de cristales de seguridad con tecnología de punta y exigentes estándares de calidad. La empresa cuenta con presencia en los 5 continentes y con oficinas comerciales ubicadas estratégicamente alrededor del mundo.

MISIÓN

Salvar vida a través de productos con diseños innovadores siempre pensando en su bienestar.

VISIÓN

Ser una empresa de clase mundial en el sector del vidrio, enfocada en productos con alto valor agregado, soportados por un recurso humano comprometido y de primer nivel.

VALORES

La empresa se distingue por la búsqueda constante de la satisfacción de sus clientes. Esta es la filosofía bajo la cual siempre busca crear y ejecutar más y mejores ideas y procesos innovadores por los clientes, imprimiendo transparencia y claridad en el trabajo.

POLÍTICA DE CALIDAD

Mediante el uso eficiente de sus recursos la empresa proporciona a nivel mundial vidrios para uso vehicular y arquitectónico con el compromiso de lograr la satisfacción de nuestros clientes a través de la mejora continua de nuestros productos y procesos.

POLÍTICA DE SEGURIDAD, SALUD OCUPACIONAL Y MEDIO AMBIENTE

Proporcionar una relación favorable con nuestro medio ambiente gestionando eficientemente nuestros aspectos ambientales y controlando los impactos asociados a los mismos, mediante la optimización del desempeño medioambiental en nuestra organización. Prevenir los daños y el deterioro de la salud de nuestros colaboradores mediante una gestión adecuada de los riesgos y mejorando continuamente nuestro desempeño en seguridad y salud ocupacional.

En la figura N° 5 se detalla el mapa de procesos de la empresa.

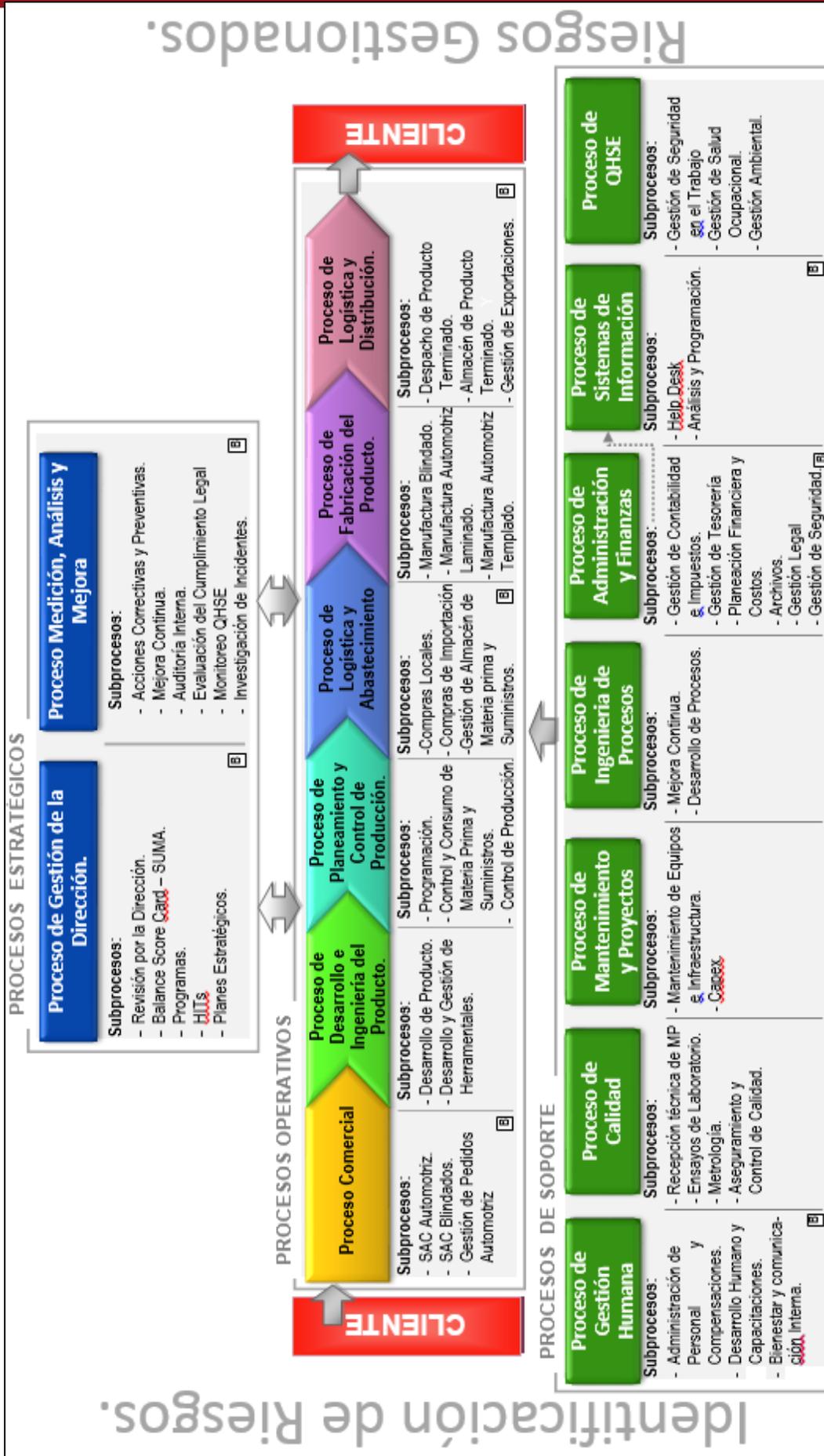


Figura N° 5: Mapa de Procesos de la empresa.
Fuente: Empresa analizada (2015).

2.2 PRODUCTOS

La empresa tiene una diversidad de productos desde los vidrios blindados hasta los parabrisas estándar; asociados a una línea de producto donde AGP tenga una solución; AGP cristales blindados, vidrios de seguridad laminado, vidrios laminados complejos, Cristales templados, Espejos solares.

Cuenta con un extenso rango de productos para aplicaciones en la industria automotriz (Templado y laminado con curvas complejas, antirrobo y atraco además de su especialidad: Vidrio Blindado) arquitectónica, aplicaciones en barcos y botes, trenes, además de vidrios blindados para instalaciones y vehículos militares.

2.3 CLIENTES

La empresa es orgullosamente proveedor oficial de Ensambladoras de equipo original (OEM) en Europa, América, e India; tales como Mercedes Benz, AUDI AG, Volkswagen, Toyota, TATA India, Tesla, Lotus y Jeep, así mismo, es proveedor de series de acristalamiento BRG para vehículos Hummer usados en conflictos bélicos.

2.4 PROCESO PRODUCTIVO

El proceso de fabricación de parabrisas consta de 12 etapas definidas las cuales se explican a continuación.

a) Recepción de materia prima

Este empieza con el ingreso de las cajas de vidrio y plástico los cuales son revisados para determinar la calidad de la materia prima recibida y ubicarlos en los almacenes de materia prima.

b) Corte y pulido del vidrio

En este proceso se corta el vidrio al diseño del producto que se desea producir utilizando una máquina Bystronic y luego es pulido en la CNC Bavelloni. Cada parabrisas tiene un tiempo total de corte y pulido de 2 minutos. Cabe mencionar que un parabrisas tiene 2 caras: la cara interna y la cara externa, lo cual significa que por cada parabrisas se utiliza dos capas de vidrio de diferente o igual espesor.

c) Serigrafiado

Este proceso inicia con la recepción del vidrio cortado en forma del parabrisas. Estos vidrios son colocados sobre una mesa plana y encima se coloca unas mallas con el diseño de la serigrafía. Sobre la malla se vierte la pintura vitrificable y luego con el uso

de la rasqueta se arrastra la pintura por toda la superficie de la malla; se retira la malla y el vidrio ya tiene la pintura con el diseño impreso; luego se lleva el vidrio al horno de secado a 120° C por 30 minutos. En esta etapa se realiza el serigrafiado tanto de la cara interna y cara externa del parabrisas.

d) Vitrificado

El proceso de vitrificado sólo aplica para la cara externa del parabrisas, este proceso se lleva a cabo por 60 segundos a una temperatura de 580°C por cada vidrio que entra al horno de vitrificado. La importancia de este proceso es debido a que ayuda a vitrificar la cara externa del parabrisas ya que en el horno de curvado esta cara va debajo del vidrio interno y muchas veces no alcanza el calor necesario para que la pintura llegue a tener la tonalidad negra que se requiere.

e) Empalme

En esta etapa del proceso productivo con el uso de un pulverizador se echa sobre el vidrio una mezcla de alcohol y talco industrial, luego se juntan el vidrio interno y externo y se colocan unas cintas en los costados para que no se separen los vidrios empalmados.

f) Curvado

En este proceso los vidrios ya empalmados se colocan sobre unos moldes que tienen la forma curva del parabrisas, luego ingresan al horno de curvado a una temperatura de 650°C por un tiempo de 15 minutos, la temperatura y tiempos a utilizar va a depender de la geometría del parabrisas. Luego que el vidrio ya curvado sale del horno es revisado sobre una galga e comprobación donde se analiza la geometría del parabrisas para para observar que cumpla con las tolerancia y especificaciones ya establecidas.

g) Ensamble

Los vidrios ya curvados son separados y colocados en una lavadora de donde salen limpios para ingresar a la cámara de ensamble, luego sobre una lámina de vidrio se coloca una capa de polivinil butiral PVB y sobre el plástico se coloca la otra capa de vidrio. Luego pasa a ser embolsado y con unas mangueras de vacío se saca todo el aire del interior del parabrisas.

h) Autoclave

En este proceso se lleva el proceso de laminación del parabrisas, quiere decir que los vidrios y el plástico se adhieren y ya no se podrán separar. Este proceso se lleva a cabo

mediante un control de temperatura, presión y tiempo. La temperatura llega hasta 130°C, la presión a 100Bar y el tiempo a 300 minutos.

i) Inspección final - IF

En este proceso se revisan todos los parabrisas laminados observando que cumplan con las especificaciones técnicas de apariencia y curvatura establecidas; asimismo se observa que el parabrisas no tenga distorsión ya que podría causar un accidente al conductor del auto donde sea instalado el parabrisas.

j) Operación de valor agregado - AVO

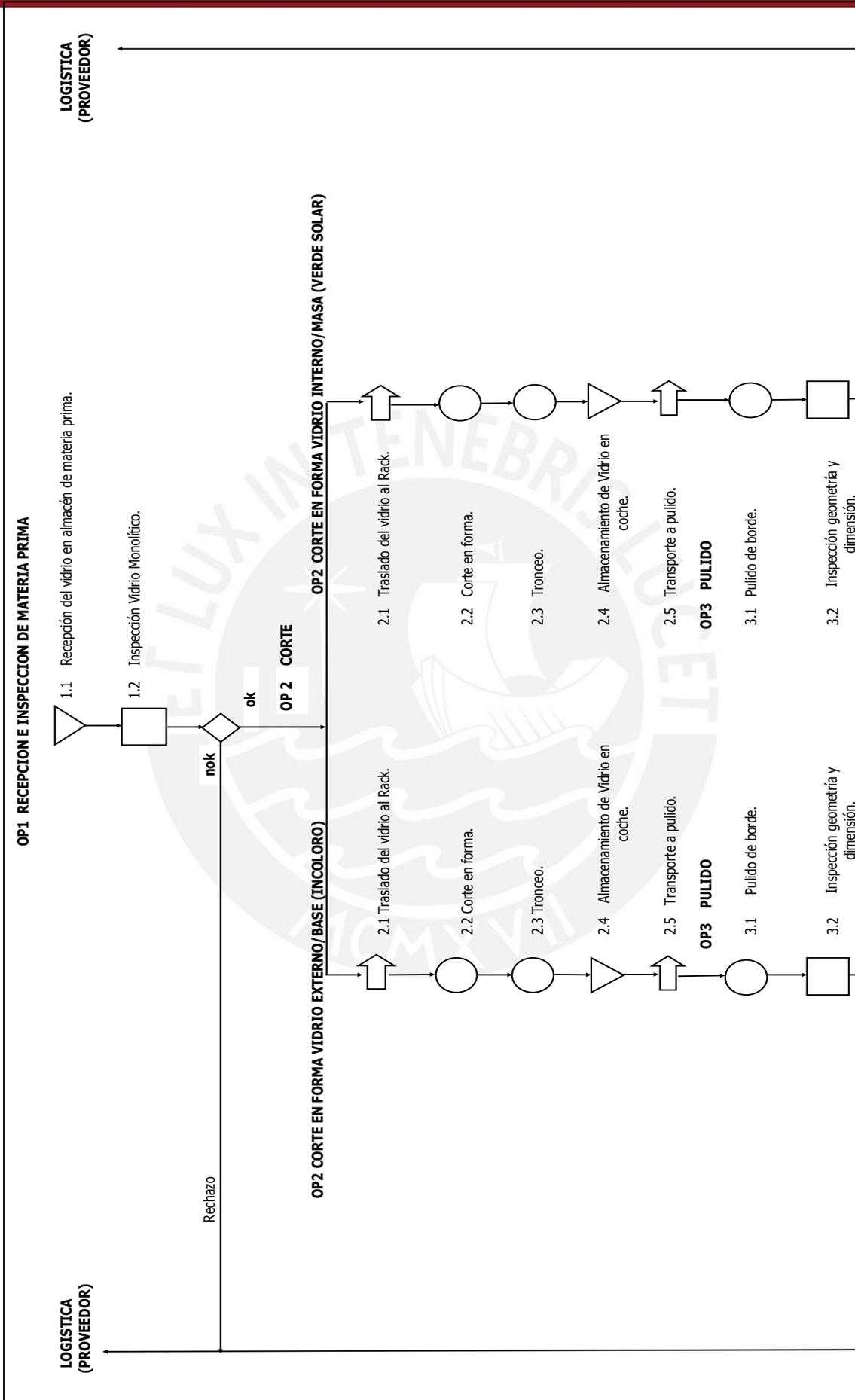
En este proceso se colocan los accesorios al parabrisas que se utilizarán para su ensamble en la carrocería del auto.

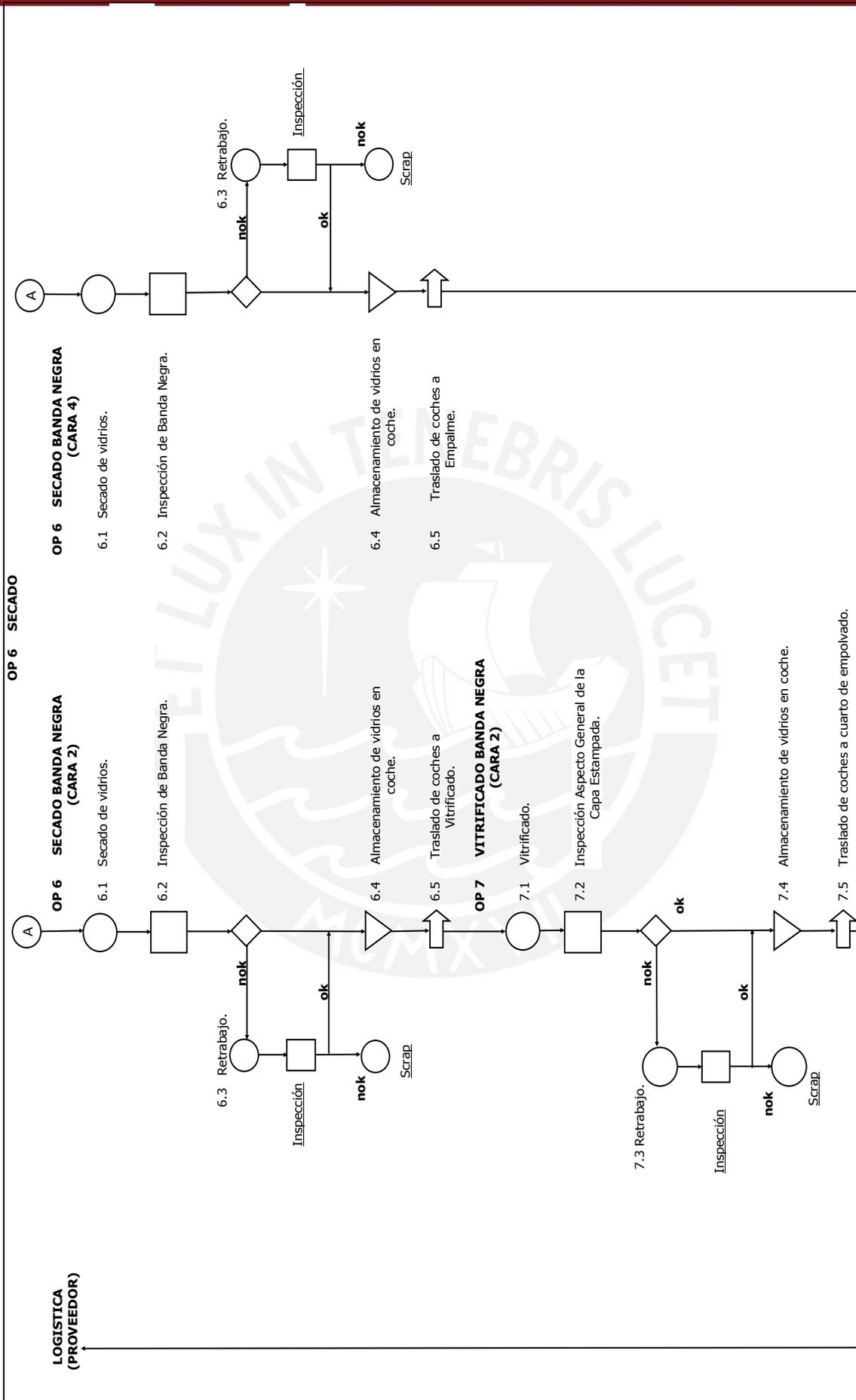
El proceso consta de la aplicación de pinturas y adherentes al parabrisas para luego colocar accesorios que indican la posición de instalación del parabrisas en el auto.

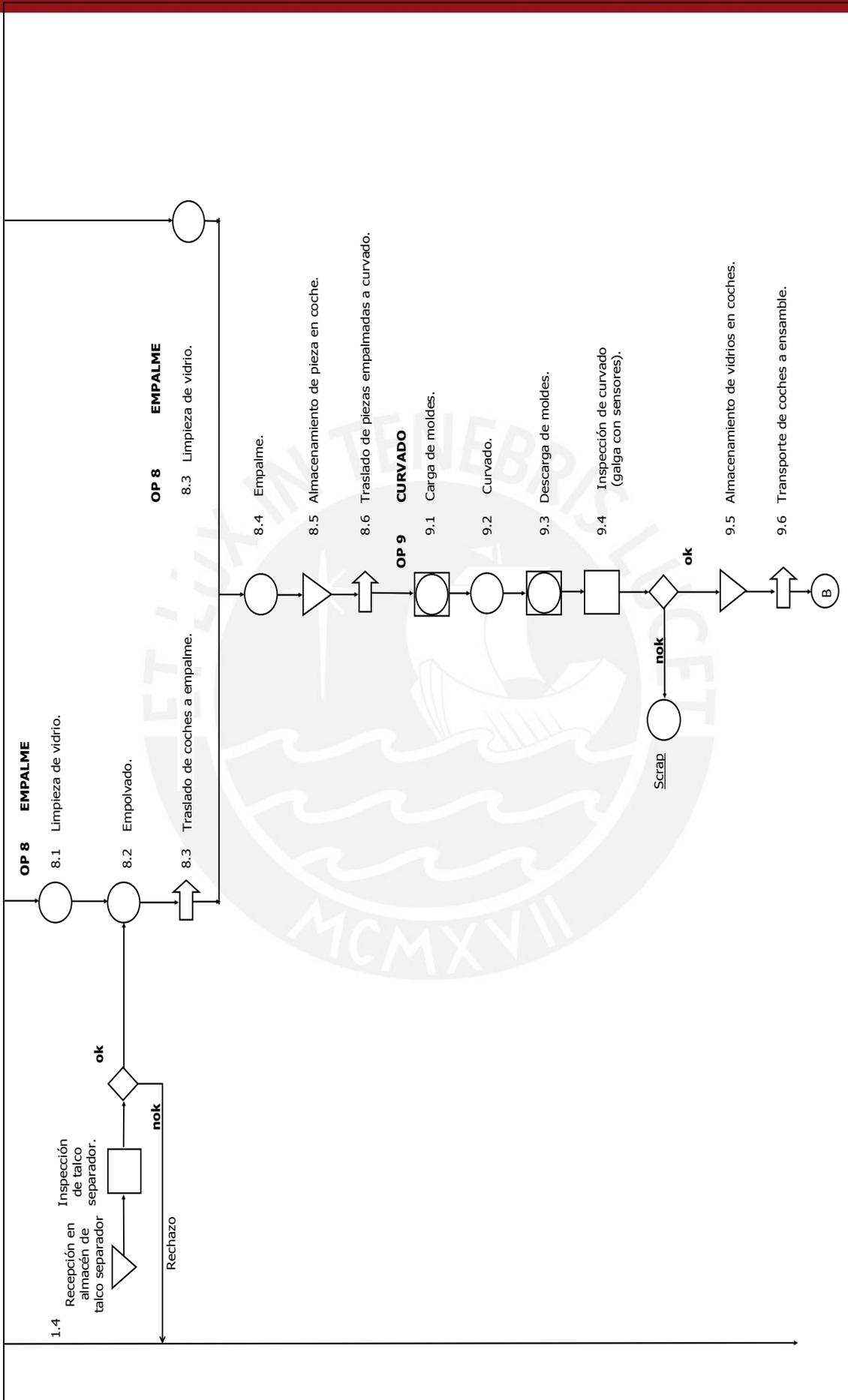
k) Embalaje

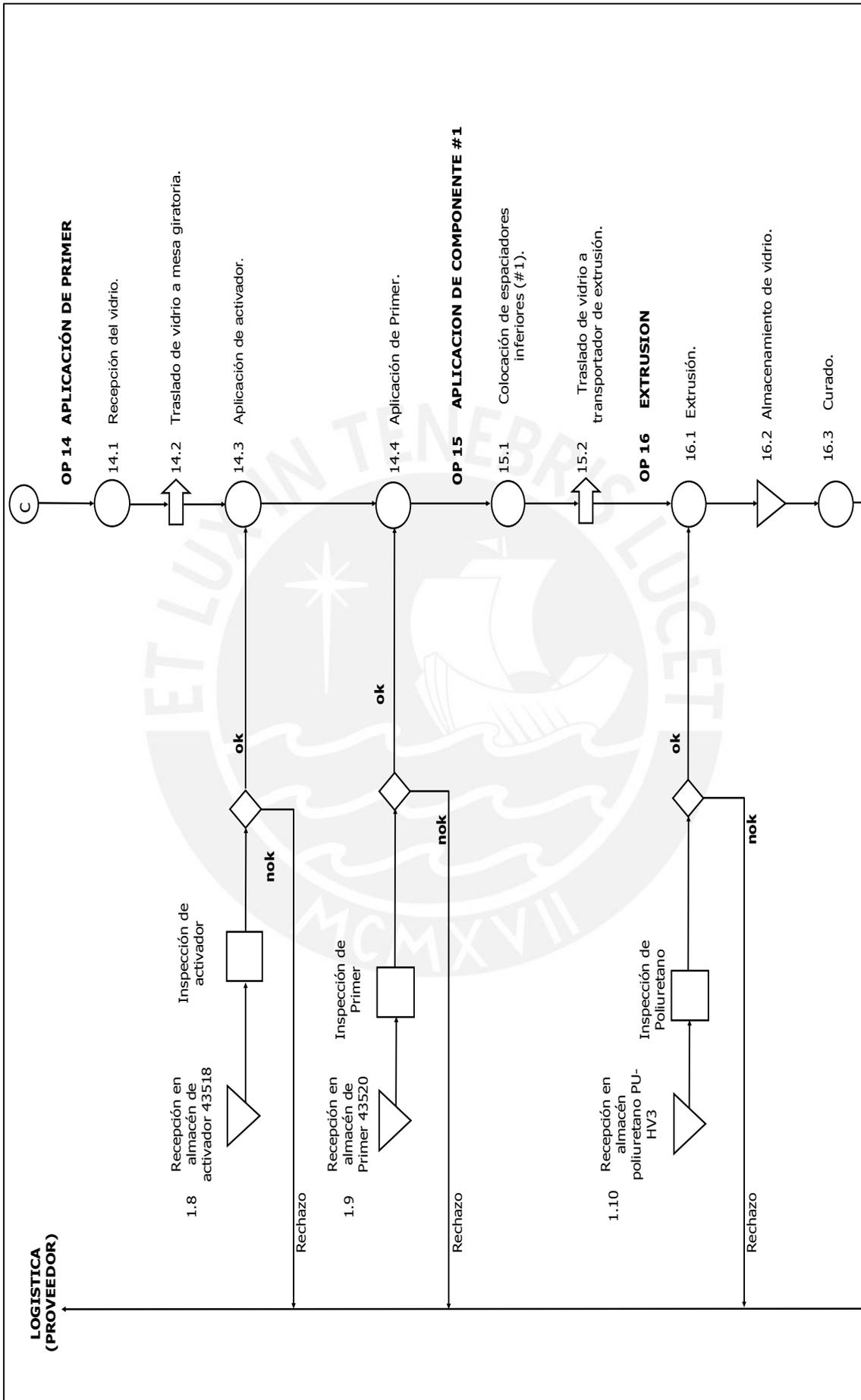
Esta es la última etapa del proceso productivo, los parabrisas ya inspeccionados y con los accesorios ya instalados son almacenados en racks colocando sólo 5 parabrisas por rack en forma horizontal, ya que debido al peso y movimiento en el transporte estos pueden romperse si se colocan más parabrisas encima. Una vez embalados los parabrisas son enviados al cliente.

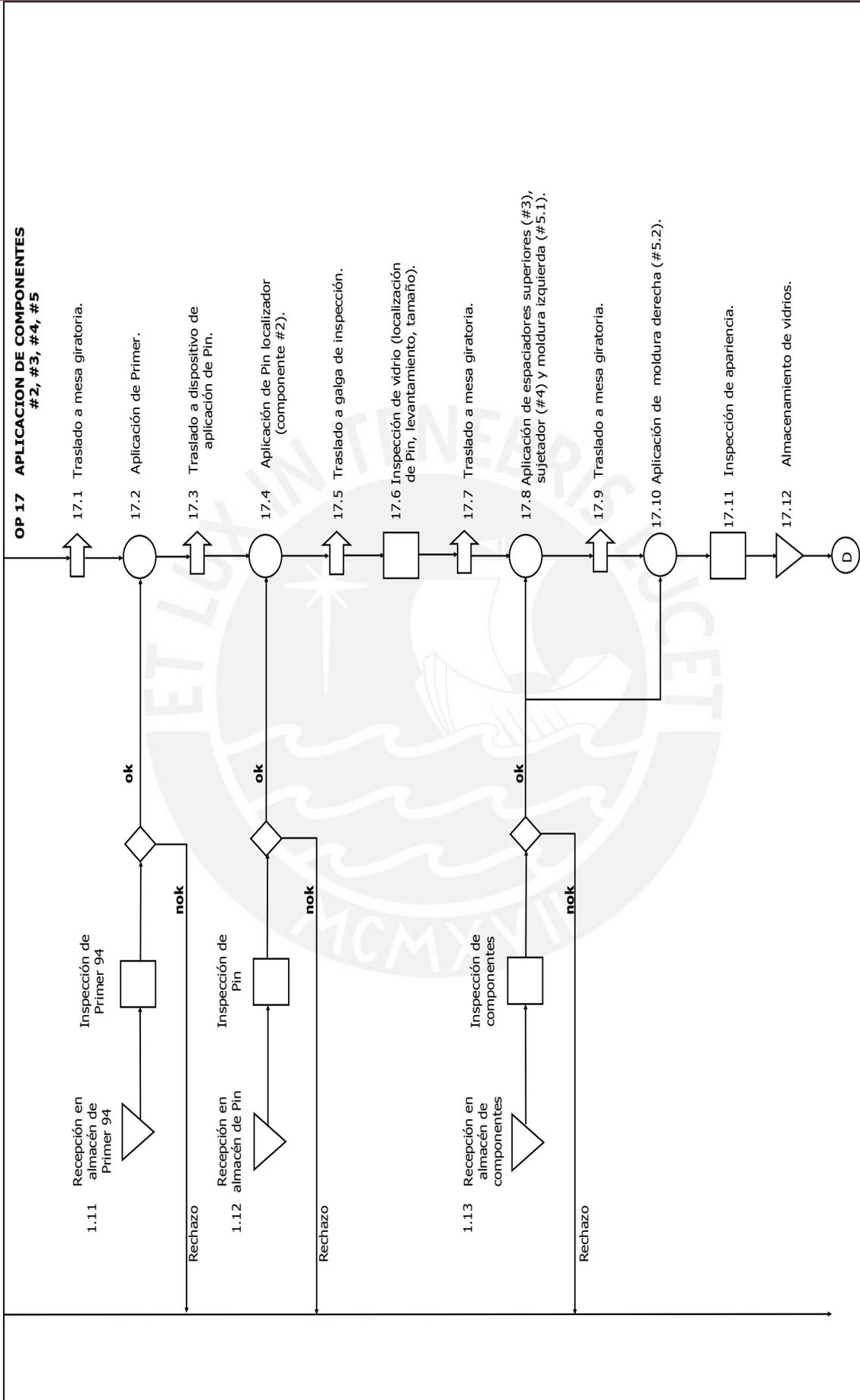
En la figura N° 6 se presenta el diagrama de flujo del proceso productivo de fabricación de parabrisas.











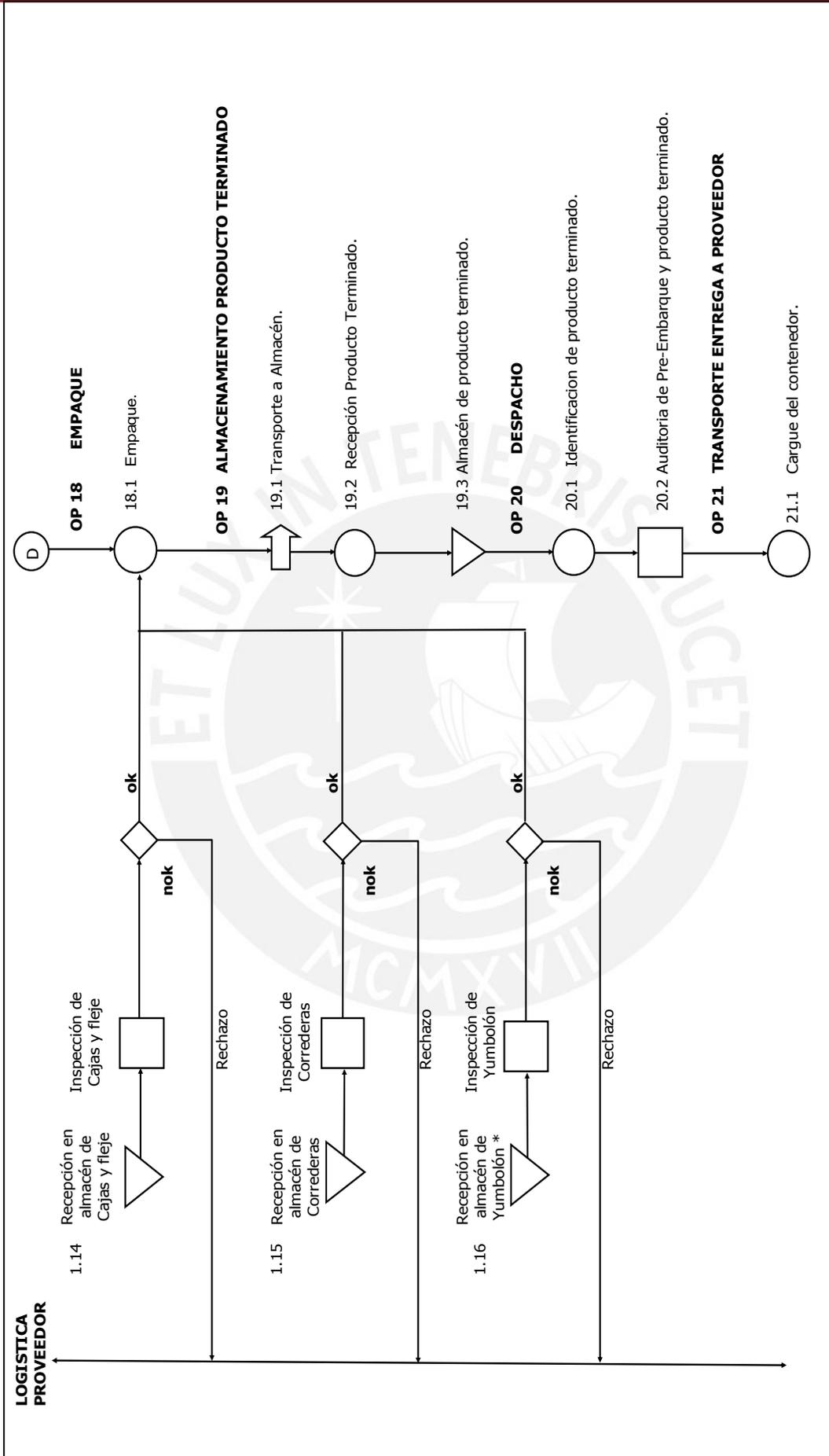


Figura N° 6: Diagrama de flujo del proceso productivo.
Fuente: Empresa analizada (2015).

CAPÍTULO III. DIAGNÓSTICO Y ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA PRODUCCIÓN DE PARABRISAS

Para el presente diagnóstico se van a colocar datos de la empresa analizada considerando 3 perspectivas diferentes los cuales son: 5'S, Kanban y TPM.

3.1 DIAGNÓSTICO DEL ORDEN Y LIMPIEZA EN LAS ÁREAS DE PRODUCCIÓN

En este primer diagnóstico se presenta imágenes del estado actual de las áreas productivas de la empresa; se observa que no hay un orden en las áreas de trabajo y esto es observado en todos los procesos productivos de la fabricación de parabrisas.

En la figura N° 7 se observa en el área de corte y pulido un procedimiento de trabajo ubicado en el techo el cual no es de fácil lectura para el trabajador.



Figura N° 7: Estándar de trabajo ubicado en el techo en el área de corte y pulido.

En la figura N° 8 se observan las mallas de serigrafía ubicadas sin ningún orden o código legible para la identificación rápida del modelo a utilizar. Además de observarse un ambiente con alta contaminación de polvo el cual se adhiere a los poros de la malla lo cual genera reprocesos por serigrafía.



Figura N° 8: Mallas de serigrafía ubicadas y almacenadas sin identificación.

En la figura N° 9 se observa las resistencias del horno de vitrificado en el suelo y sin letreros de seguridad que alerte sobre el peligro de pisar o manipular sin la protección necesaria.



Figura N° 9: Resistencias del horno de vitrificado ubicados en el suelo.

En la figura N° 10 se observa una aspiradora guardada en el cuarto de empalme. Con esta imagen describimos la necesidad de la implementación de 5S ya que no se mantiene el orden de almacenar los equipos de limpieza.



Figura N° 10: Aspiradora ubicada en el cuarto de empalme.

En la figura N° 11 se observa un techo del horno de curvado abierto sin ningún cartel de advertencia sobre el peligro de entrar, asimismo se observa un balde de grasa sin identificación, el cual puede provocar que un trabajador caiga sobre el horno.



Figura N° 11: Techo del horno de curvado abierta sin letrero de advertencia.

En la figura N°12 se observa al área de ensamble demasiado desordenado y sin señalización; el área de ensamble es una de las áreas de mayor cuidado para la limpieza ya que una alta contaminación y desorden afecta al producto laminado por la cantidad de suciedad internas dentro del parabrisas.



Figura N° 12: Área de ensamble desordenado.

En la figura N°13 se observa al área de autoclave demasiado desordenado sin señalización, esto es de alto riesgo ya que al trabajar con vidrio y no se tiene lugares señalados para las cosas puede haber un riesgo de corte por el desorden.



Figura N° 13: Zona de autoclave desordenada.

En la figura N° 14 se observa al área de inspección final los cables de los computadores y de los módulos de inspección en el suelo sin ninguna señalización con el riesgo de que algún operador pueda tropezar y tener un accidente.



Figura N° 14: Área de inspección final.

En la figura N° 15 se observa al área de valor agregado con los coches de transporte ubicados de forma desordenada sin ninguna señalización de ubicación o estado del producto.

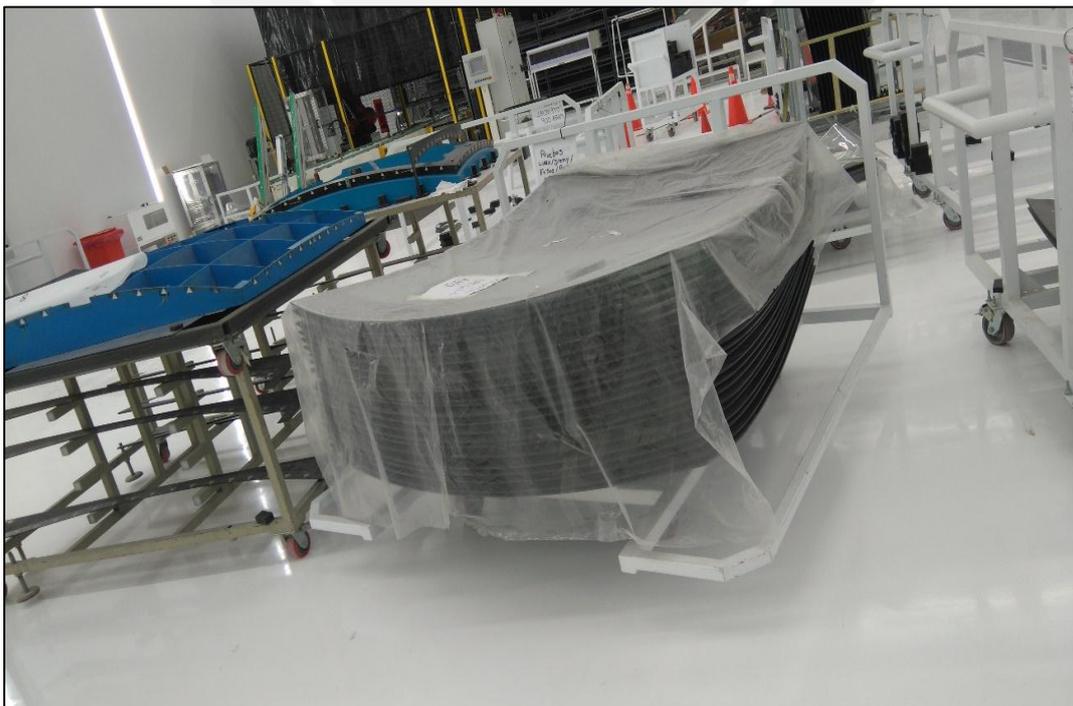


Figura N° 15: Área de valor agregado.

3.2 DIAGNÓSTICO DE MERMAS Y REPROCESOS DURANTE EL PROCESO PRODUCTIVO

En esta etapa del diagnóstico se va a presentar indicadores de la producción de parabrisas por cada área; los cuales van a ser enfocadas desde diversas variables mencionadas a continuación.

Las variables a analizar son:

- a) Cumplimiento del programa de producción.
- b) Reclamos de clientes
- c) Cantidad de merma por área de producción.
- d) Cantidad de reprocesos por área de producción.

3.2.1 Cumplimiento del programa de producción

La importancia del cumplimiento del programa de producción radica en asegurar que el producto terminado se entregue a tiempo al cliente con quien se fija un plazo de entrega. Para la programación mensual de la producción se considera las fechas pactadas de entrega con el cliente; es decir todas las áreas se alinean para cumplir con el ciclo productivo del producto.

En caso una de las áreas tenga un retraso por cualquier motivo esto va a afectar al plazo fijado de entrega con lo cual se puede incurrir en penalidades y perder la confianza del cliente.

Para el cálculo del cumplimiento del programa de producción mensual la empresa utiliza la siguiente ecuación:

$$\% \text{ cumplimiento} = \frac{\text{total piezas producidas}}{\text{total piezas programadas}} \times 100$$

Para el total de piezas producidas la empresa considera que es igual a las piezas aprobadas y entregadas al siguiente proceso. En este caso no se contabiliza la merma como pieza producida. La merma va a otro indicador donde se mide el rendimiento por cada área del proceso productivo de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{total PB producidas}}{\text{total PB producidas} + \text{total PB mermadas}} \times 100$$

De acuerdo a estos cálculos en la tabla N°9 se presenta la tabla de rendimiento de cada área productiva, en base al programa de producción desde el mes de enero hasta el mes de diciembre del año 2015 donde se observa que las áreas de corte – pulido, curvado y ensamble presentan menor rendimiento.

Tabla N° 9: Rendimiento de la producción de parabrisas por área.

Área	Rendimiento de las áreas productivas 2015												
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio
Recepción de MP	98%	97%	98%	99%	98%	98%	97%	99%	93%	94%	96%	95%	97%
Corte y pulido	79%	71%	78%	70%	71%	82%	81%	80%	79%	77%	69%	80%	76%
Serigrafía	94%	95%	94%	96%	96%	96%	95%	97%	96%	97%	95%	95%	95%
Vitrificado	96%	96%	98%	96%	96%	97%	97%	98%	96%	97%	96%	95%	97%
Empalme	96%	97%	98%	97%	95%	95%	96%	95%	96%	97%	96%	96%	96%
Curvado	75%	74%	76%	87%	75%	75%	76%	75%	74%	85%	76%	76%	77%
Ensamble	81%	73%	71%	78%	82%	80%	72%	82%	75%	84%	75%	84%	78%
Autoclave	94%	95%	93%	94%	94%	95%	94%	96%	93%	94%	93%	95%	94%
IF	96%	95%	96%	95%	96%	97%	96%	95%	96%	96%	97%	96%	96%
AVO	98%	97%	97%	96%	98%	96%	98%	96%	97%	97%	96%	96%	97%
Embalaje	98%	97%	98%	97%	96%	97%	98%	98%	95%	98%	98%	96%	97%

3.2.2 Reclamos de clientes

Una de las razones por la cual se caracteriza la empresa es el de brindar productos de buena calidad a sus clientes, asegurando que cumplan las características solicitadas por el cliente, como son durabilidad, buena apariencia y resistencia al impacto.

Importante también considerar que recibir demasiados reclamos es un indicador de que algo no está siendo bien gestionado durante el proceso productivo, además de perder al cliente se corre el riesgo de disminuir las ventas en el mercado y no aumentar las utilidades de la empresa.

Por consiguiente la empresa al estar acreditada por la norma ISO TS 16949 aplicada a empresas del sector automotriz, cada vez que se reciba un reclamo se realiza una investigación inmediata de la causa raíz del reclamo para poder aplicar la mejora y evitar que vuelva a repetirse el reclamo por el mismo motivo.

En la tabla N°10 se presenta un cuadro del año 2015 donde se muestra el área con mayor cantidad de reclamos. Esto nos ayudará a robustecer los procedimientos y analizar mejor los métodos de trabajo empleados actualmente.

De la tabla se observa que las áreas con mayor reclamo en el último año son el área de curvado y el área de ensamble.

Tabla N° 10: Porcentaje de reclamos por áreas en el año 2015.

Área	% de reclamos
	01/2015 – 12/2015
Recepción de MP	0%
Corte y pulido	4%
Serigrafía	9%
Vitrificado	1%
Empalme	0%
Curvado	45%
Ensamble	28%
Autoclave	7%
Inspección Final	1%
AVO	3%
Embalaje	2%

Si se desglosa el análisis para las áreas con mayor incidencia de reclamos veremos el diagrama de Pareto y tendremos la causa que más está impactando.

En la figura N°16 se observa que la causa principal de recibir un alto porcentaje de reclamos en el área de curvado son las roturas en los parabrisas, seguidos de las contra curvas en el perímetro del parabrisas y bomba fuera de tolerancia.



Figura N° 16: Pareto de defectos de reclamos, área curvado.

En la figura N°17 se observa que la causa principal de recibir reclamos en el área de ensamble son las pelusas en los parabrisas, huellas de dedos y rayas internas.

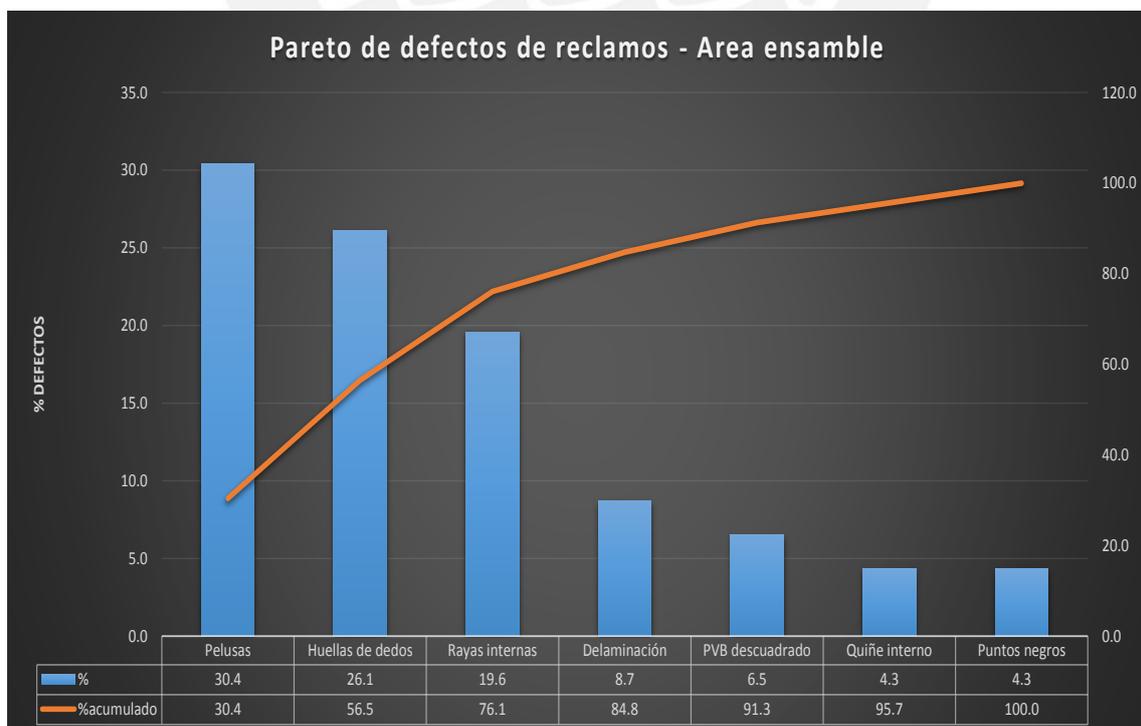


Figura N° 17: Pareto de defectos de reclamos, área ensamble.

3.2.3 Cantidad de mermas por área de producción

Otro punto importante a considerar dentro del diagnóstico de la empresa es la cantidad de merma que arroja cada área productiva.

El diagnóstico de mermas es un indicador importante para poder ver y determinar las áreas más críticas de proceso productivo y a donde deberán enfocarse todos los esfuerzos de mejora para evitar cuellos de botella y atrasos en la entrega del producto final al cliente.

Un punto también importante a mencionar son los sobrecostos que trae la no gestión de mermas que ocurren durante el proceso productivo lo cual reduce considerablemente las utilidades anuales de la empresa. Para la empresa el incremento de las utilidades anuales es de vital importancia para el aumento de la inversión en nueva tecnología y la mejora del clima organizacional de la empresa.

Es por ello que en la tabla N°11 se detalla el porcentaje de mermas mensual de las áreas productivas del último año desde enero 2015 hasta diciembre 2015; y se remarca las áreas con mayor porcentaje de mermas para luego enfocarnos en un análisis de las causas de mermas y poder aplicar un análisis para la mejora del área productiva.

Para el cálculo de los porcentajes de mermas se ha considerado la siguiente fórmula.

$$\% \text{ merma} = \frac{\text{Cantidad de vidrio mermado (pies cuadrados)}}{\text{Cantidad de vidrio consumido (pies cuadrados)}} \times 100$$

La cantidad de vidrio consumido es la suma de la cantidad de vidrio consumido aprobado más la cantidad de vidrio mermado.

3.2.4 Cantidad de reprocesos por área de producción

Todo trabajo extra que se aplica a un vidrio antes de pasar al siguiente proceso y/o antes de ser embalados como producto final se llama reproceso. Estos trabajos son por ejemplo, el retoque de la serigrafía del parabrisas, el pulido de una raya provocada por la manipulación, el sellado del parabrisas por burbujas de aire atrapadas en el borde del parabrisas, la limpieza total del parabrisas cubierto de tierra o huellas de la mano.

En la tabla N°12 se presentan el porcentaje de reprocesos por cada área productiva, para ellos se toma como base el siguiente cálculo.

$$\% \text{ reprocesos} = \frac{\text{Cantidad de parabrisas reprocesados}}{\text{Cantidad de parabrisas producidos}} \times 100$$

Tabla N° 11: Porcentaje de mermas mensual 2015 por área productiva

Área	Porcentaje de merma mensual 2015												
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio
Recepción de MP	2%	2%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	3%	1%	2%	0.9%
Corte y pulido	20%	12%	18%	22%	24%	19%	16%	21%	22%	20%	23%	21%	19.8%
Serigrafía	6%	3%	3%	9%	9%	3%	7%	6%	4%	5%	5%	4%	5.3%
Vitrificado	4%	2%	7%	6%	5%	5%	2%	5%	5%	6%	4%	7%	4.8%
Empalme	4%	5%	2%	4%	7%	6%	4%	6%	6%	5%	5%	5%	4.9%
Curvado	17%	19%	16%	18%	17%	19%	21%	18%	20%	26%	21%	25%	19.7%
Ensamble	18%	20%	25%	16%	19%	21%	22%	22%	19%	21%	29%	28%	21.6%
Autoclave	7%	10%	7%	8%	9%	9%	2%	8%	8%	3%	4%	3%	6.5%
IF	9%	5%	4%	6%	6%	5%	5%	5%	6%	8%	4%	7%	5.8%
AVO	7%	0%	0%	1%	1%	0%	1%	1%	2%	3%	1%	1%	1.5%
Embalaje	8%	3%	5%	5%	6%	7%	6%	5%	4%	5%	4%	3%	5.1%

Tabla N° 12: Porcentaje de reprocesos mensual 2015 por área productiva

Área	Porcentaje de reprocesos mensual 2015												
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio
Recepción de MP	0%	0%	0%	0%	0%	5%	3%	2%	0%	0%	0%	0%	0.8%
Corte y pulido	11%	17%	12%	12%	13%	10%	13%	11%	16%	13%	15%	14%	13.1%
Serigrafía	1%	2%	1%	3%	1%	4%	1%	1%	2%	2%	5%	1%	2.0%
Vitrificado	4%	6%	3%	4%	5%	4%	6%	1%	2%	3%	2%	4%	3.6%
Empalme	0%	0%	0%	6%	5%	1%	5%	1%	2%	3%	3%	4%	2.5%
Curvado	12%	13%	12%	12%	13%	18%	20%	20%	21%	22%	18%	25%	17.2%
Ensamble	17%	21%	12%	20%	19%	13%	22%	18%	24%	23%	18%	19%	18.8%
Autoclave	3%	9%	1%	0%	2%	1%	1%	4%	2%	1%	1%	2%	2.3%
IF	7%	3%	0%	6%	1%	8%	7%	6%	5%	6%	7%	4%	5.0%
AVO	0%	1%	5%	1%	0%	2%	3%	0%	3%	2%	4%	3%	2.0%
Embalaje	0%	2%	4%	0%	1%	2%	3%	0%	1%	2%	1%	3%	1.6%

En los anexos A, B y C se presentan los diagramas de Pareto, donde se identifican y cuantifican las causas raíz de las mermas y reprocesos en las áreas de corte – pulido, curvado y ensamble, que deben ser trabajados para mejorar la productividad.

Tabla N° 13: Causas raíz de merma y reproceso en las áreas con mayor incidencia.

Área	Tipo	Causa de merma	Causa de reproceso
Corte - pulido	Máquina	Exceso de tamaño por falta de calibración de la pulidora CNC.	Disco de pulir no compatible con el espesor del vidrio.
		KUKA de manipulación sin calibrar.	Escaner de cara de corte sin calibrar.
Curvado	Orden y limpieza	Quiñes en el borde por falta de orden y limpieza en el área.	Rayas en la superficie del vidrio por contaminación del área.
	Acumulación de inventario	Rotura de vidrios por exceso de apilamiento de vidrios.	Falta de operadores que ayuden en el trabajo del horno.
	Máquina	Quemado de resistencias dentro del horno.	Moldes con fallas en los bordes
Ensamble	Orden y limpieza	Cuarto de ensamble desordenado y contaminado.	Contaminación dentro de la cámara de ensamble.
	Acumulación de inventario	Rotura de vidrios por exceso de apilamiento de vidrios.	Falta de operadores que ayuden en el trabajo del horno.
	Método	Vidrios de mala calidad recibidos de la etapa anterior.	Mal ensamble del parabrisas.

En la tabla N° 13 se detalla las causas raíz de mermas y reprocesos en las áreas de corte – pulido, curvado y ensamble. Se observa que los procesos de curvado y ensamble son procesos cuellos de botella, tienen acumulación de inventario en el proceso lo cual genera la rotura de los vidrios almacenados en los racks, quiñes y rayas por el polvo que se acumula en los vidrios.

Otra causa importante es la falta de operadores que apoyen al trabajo en las áreas de curvado y ensamble.

3.3 DIAGNÓSTICO DE PARADAS DE MÁQUINAS DURANTE EL PROCESO PRODUCTIVO

En esta parte del diagnóstico identificaremos las causas de las paradas de máquina durante el proceso productivo. Se analizarán las paradas de máquinas en las áreas de corte – pulido, curvado y ensamble ya que son las que tienen menor rendimiento y presentan mayor cantidad de mermas y reprocesos.

3.3.1 Identificación de paradas de máquinas

En la investigación realizada con datos del área de mantenimiento y planeamiento se han identificado un total de 9 causas de paradas de máquinas que ocurren con mayor frecuencia en la línea de corte, pulido y curvado:

- Disco de pulido no compatible con el espesor del vidrio, esto afecta la apariencia del borde del vidrio y produce micro quiñes.
- Mantenimiento preventivo programado sin afectar el programa de producción.
- Falta de calibración de la pulidora CNC al inicio de cada turno, si no se realiza de forma adecuada puede cambiar el tamaño del vidrio cortado. La máquina de corte se puede detener si se detecta vidrios con diferentes tamaños luego de corte y pulido.
- Cambios en el programa de producción, esto implica paradas de máquina de corte, pulido y curvado ya que se deben cambiar los diseños de los cad de corte, hacer una programación nueva de la máquina Bystronic y un cambio total en los moldes de curvar, así como la configuración del proceso de curvado dependiendo de la complejidad del parabrisas.
- Envío de personal de corte, pulido para apoyar a otras con menor personal, el personal cubre las ubicaciones del personal ausente en otras áreas.
- Falta de vidrios en el horno de curvado, esto origina varios problemas como son el enfriamiento del horno, luego se necesitará de 30 minutos a 1 hora para volver a tener el flujo de calor del horno a la temperatura requerida y con flujo constante.
- Descarrilamiento de los moldes de curvar dentro del horno de curvado, para volver a alinear los moldes se requiere apagar el horno para poder sacar los moldes y alinearlos nuevamente.
- Quemado de las resistencias dentro del horno de curvado, esto también implica la parada del horno para poder hacer el cambio de todas las resistencias afectadas.

- Reuniones de capacitación, entrenamiento y seguridad industrial al personal operario.

Tabla N° 14: Paradas de máquina, clasificación y tiempo de parada.

Tipo de parada de máquina	Clasificación	Tiempo de parada de máquina (horas)
Disco de pulido no compatible con el espesor del vidrio.	Bajo rendimiento.	2
Mantenimiento preventivo programado.	Mantenimiento Programado.	6
Falta de calibración de la pulidora CNC al inicio de cada turno.	Bajo rendimiento.	4
Cambios en el programa de producción.	Parada Imprevista por cambio de programa de producción.	1.5
Envío de personal de corte, pulido a otras áreas para apoyar.	Parada Imprevista por cambio de programa de producción.	3
Cambios de molde en el horno de curvado	Paradas Rutinarias	1
Falta de vidrios en el horno de curvado.	Parada Imprevista por cambio de programa de producción.	2
Descarrilamiento de los moldes de curvar dentro del horno de curvado.	Parada imprevista por falla de equipo.	8
Quemado de las resistencias dentro del horno de curvado.	Parada imprevista por falla de equipo.	8
Reuniones para el personal operario sobre capacitación, seguridad y rendimiento.	Tiempo para capacitación y entrenamiento.	1

3.3.2 Clasificación de Paradas de máquinas

A continuación se detallan los tipos de paradas de máquinas:

- Mantenimiento Programado
- Parada imprevista por falla de equipo
- Parada Imprevista por cambio de programa de producción
- Paradas Rutinarias

- Bajo rendimiento
- Tiempo para capacitación y entrenamiento

En la tabla N° 14 se detalla el tiempo que se pierde por cada tipo de parada de máquina.

Del diagnóstico realizado se puede resumir en lo siguiente:

Todas las áreas están desordenadas, no tienen los procedimientos en el lugar de trabajo, falta señalización de los tachos de residuos.

Las áreas con menor rendimiento y mayor cantidad de mermas y reprocesos son las áreas de corte-pulido, curvado y ensamble.

De acuerdo a los indicadores y a las causas encontradas se observa que los procesos de curvado y ensamble son cuellos de botella, tienen acumulación de inventario en proceso lo cual genera defectos en los vidrios, entonces para evitar este problema se propone aplicar la herramienta Kanban para reducir los inventarios en proceso y sugerir la creación de buffer en ensamble. En el área de curvado no se sugiere la creación de un buffer ya que implicaría la compra de un horno nuevo.

Asimismo los procesos de corte – pulido y curvado tienen mayor incidencia de paradas de máquinas por lo cual la propuesta de TPM estará enfocada en estos procesos.

CAPÍTULO IV. PLANTEAMIENTO DE PROPUESTA DE LAS HERRAMIENTAS DE MEJORA

El uso de las herramientas de manufactura esbelta propuestas se justifican con la información obtenida en el diagnóstico.

En la tabla N° 15 se justifica el uso de cada herramienta de manufactura esbelta propuesta.

Tabla N° 15: Matriz de justificación de las herramientas Lean propuestas.

Herramienta de manufactura esbelta	Justificación
5'S	Las fotos mostradas en el diagnóstico demuestran que es necesario implementar las 5'S para mejorar el orden y la limpieza en todas las áreas del productivas y administrativas. Esto ayudará a mejorar las condiciones de trabajo de los trabajadores y aumentar su productividad.
KANBAN	En las causas mostradas en la tabla N° 13 se observa que se tiene acumulación de inventarios y cuellos de botella en las áreas de curvado y ensamble. La herramienta Kanban nos ayudará a reducir y eliminar respectivamente estas causas determinadas y aumentar la productividad
TPM	En las causas mostradas en la tabla N° 13 se observa que se tienen como causas de baja productividad las paradas de máquinas en las áreas de corte - pulido y curvado. La herramienta TPM ayudará a mejorar y estandarizar el uso y mantenimiento de los equipos.

Asimismo se ha agregado una propuesta previa a las herramientas de manufactura esbelta el cual es crear un programa de comunicación que tiene como objetivo comprometer a la alta dirección para implementar las herramientas de manufactura esbelta. Desde la alta dirección se invertirá en recursos, considerando que sin el compromiso de la alta dirección es poco probable que se logren los objetivos propuestos.

4.1 CREAR UN PROGRAMA DE COMUNICACIÓN

Para la implementación de las herramientas Lean debemos considerar que la cultura, el cambio y la comunicación son factores claves de éxito de la implementación

Es por ello que debemos crear un programa robusto, que abarque todas las áreas de interés para mejorar la productividad del proceso de fabricación de parabrisas y lograr que todo el personal involucrado obtenga a un nivel de mejora continua por medio de un aprendizaje constante del proceso y las herramientas lean.

En primer lugar se debe tener una meta y objetivo común los cuales deben ser medibles al que todos deben llegar.

4.1.1 Garantizar el compromiso de la alta dirección

Sólo con el compromiso y venia de la alta dirección de la empresa se puede asegurar los recursos económicos necesarios para la implementación y desarrollo de las herramientas Lean, el tiempo de los empleados para las capacitaciones, para las discusiones y soluciones de los problemas y lo más importante, la motivación y el ánimo para lograr la creación de una cultura de equipo.

Se deberá controlar en todo momento el presupuesto aprobado por la alta dirección y se debe presentar un cronograma de ejecución y avance del desarrollo, encontrando posibles variaciones y proponiendo ajustes que se puedan requerir.

Con un alto compromiso de la alta dirección siendo ellos quienes controlen y analicen el avance del desarrollo de la implementación de las herramientas Lean propuestas más adelante depende en gran medida el éxito de la implementación de la filosofía Lean.

4.1.2 Capacitación sobre herramientas de manufactura esbelta

Esta fase de capacitación y sensibilización va a permitir que se logre generar un cambio de cultura; es decir que se produzcan cambios en la forma como los empleados trabajan juntos en la organización. El cambio cultural es uno de los aspectos más importantes en la implementación de esta filosofía y de allí depende el éxito, no solo de su implementación sino también de su permanencia en el tiempo.

4.2 5'S

De acuerdo al diagnóstico realizado la primera herramienta que se propone implementar es 5'S el cual es el primer paso para la reducción de costos y para aplicar las demás herramientas de manufactura esbelta. Lo importante de esta propuesta es tener todas las áreas desde oficinas hasta las áreas de producción ordenadas y limpias de esta manera el personal estará cómodo en su puesto de trabajo, realizará las actividades más rápidas y tendrá un mejor rendimiento.

Para proponer esta herramienta se tiene como base todas las figuras presentadas en el ítem 3.1.

A continuación se detalla la propuesta para implementar las 5'S.

Paso 1. Planeamiento y organización

- Charlas de capacitación para todo el personal sobre los beneficios de la implementación de 5'S.
- Concientizar al personal de iniciar con la disciplina del orden en sus respectivas áreas.
- Establecer al líder y responsables por cada área del proceso productivo.
- Preparar en cada área un cuadro informativo sobre los avances de la implementación de las 5'S.

Tabla N° 16: Registro de asistencia a capacitaciones.

Reporte de asistencia			
EMPRESA		Capacitador:	CODIGO:
		Horas:	VERSION:
		Tema:	FECHA:
N°	Nombre y apellidos	Firma	Cargo
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
_____		_____	
Jefe de RRHH		Jefe de Planta	

En la tabla N°16 se presenta el registro de asistencia que se puede utilizar en las charlas de capacitación que será archiva en recursos humanos. Este registro es importante para el sustento de las capacitaciones a los colaboradores.

Paso 2. Implementación de Seiri

- Se debe asignar a un líder del proyecto quien hará la evaluación inicial en cada área de la empresa, el cual debe ser apoyado por los líderes de cada área; quienes deben ir reportando sobre el avance de la implementación de 5'S en la empresa.
- Se debe establecer los criterios de selección de todas las cosas que se mantendrán en las zonas de trabajo; aquellas que deben ser retiradas para evaluación y las que deben ser eliminadas.
- Se debe descartar todos los procedimientos ubicados en las áreas productivas que estén desactualizadas.
- Para ello es bueno realizar un diagrama de flujo para que cada líder se vaya guiando en caso tenga dudas con la situación en que se encuentre el objeto. En la figura N° 18 podemos observar que pasos seguir con todos los objetos que veamos en el área de trabajo. En caso haya dudas el líder de área deberá consultar el diagrama y/o al responsable de la implementación de 5'S en la empresa.

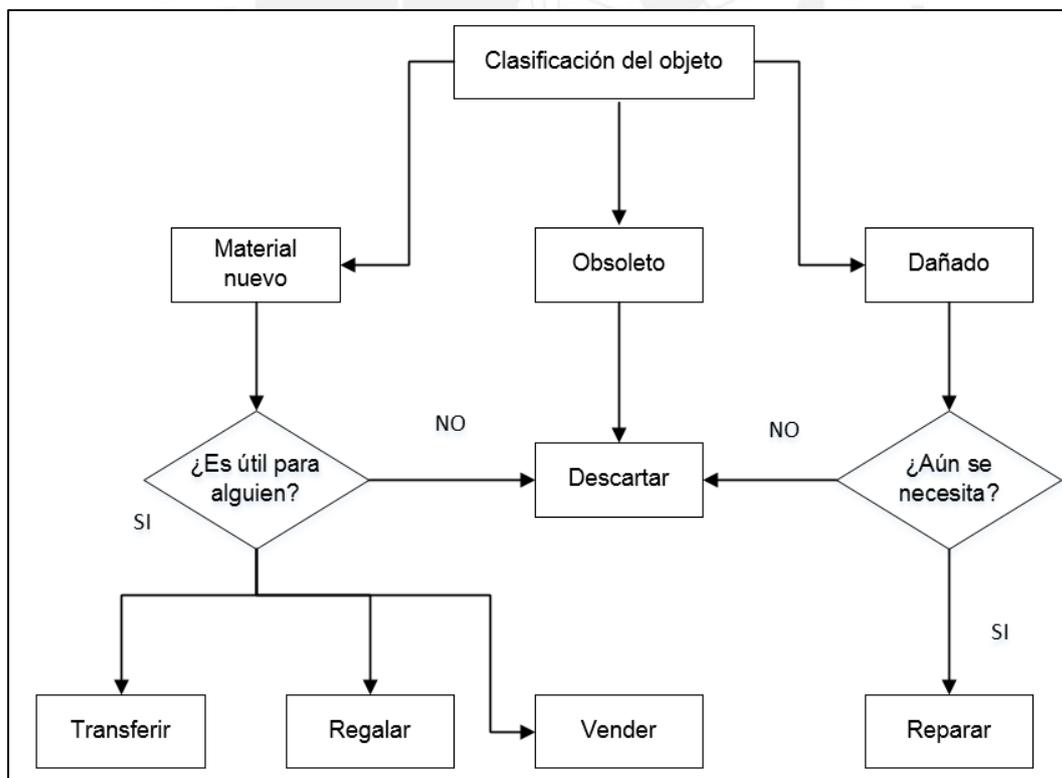


Figura N° 18: Diagrama de flujo para la clasificación de los objetos.

En la tabla N° 17 se presenta una lista de preguntas que ayudará a realizar el descarte de materiales y equipos en todas las áreas administrativas y de producción.

Tabla N° 17: Cuestionario de descarte de materiales.

N°	CUESTIONARIO PARA DESCARTE	SIRVE		OBSERVACIONES
		SI	NO	
1	Existe objetos no necesarios en el lugar de trabajo			
2	Existe algún material que no sea útil en el área de trabajo			
3	Que materiales no se utilizan hace mucho tiempo			
4	Que materiales malogrados deben de repararse			
5	Existe cantidad excesiva de útiles de trabajo			
6	Existen archivos mayores a 5 años guardados			
7	Que materiales malogrados deben ser eliminados			
8	Existe materiales malogrados y que no se usan			
9	Los EPP guardados son útiles en el área de trabajo			
10	Los registros de trabajo diario son útiles en el área de trabajo			
11	Los escritorios y sillas están en la cantidad necesaria en el área de trabajo			
12	Los armarios son adecuados para el almacenamiento de los materiales			

Paso 3. Implementación de Seiton

- En las áreas productivas se deberá ordenar y delimitar las zonas donde se almacenan los vidrios separados de los computadores y herramientas.
- Otra punto importante es colocar etiquetas de APROBADO, RECHAZO y OBSERVADO en cada rack donde se almacenen los vidrios.
- Los pasos peatonales deben estar también delimitados en cada área productiva.
- En el cuarto de ensamble se debe almacenar los rollos de polivinil butiral por color de franja y por tamaño envueltos con el interlayer que viene en cada empaque.
- En el área de serigrafía se debe tener un armario de almacén de pinturas. Cada balde de pintura debe tener un código indicando el lote y tipo de pintura. Es importante también colocar la fecha de preparación de la pintura para verificar la viscosidad de la pintura.

- En el almacén de materia prima se debe identificar el estado de la materia prima a utilizar en producción, colocar etiqueta verde materia prima aprobado, etiqueta roja materia prima rechazado y etiqueta amarilla materia prima observada.
- Lo mismo deberá hacerse para el producto en proceso para mantener el patrón de colores en producción.
- Para el caso de producto terminado se sugiere almacenar de manera que sea rápido retirar el producto a despachar. Adelante debe quedar almacenado la carga que se despachará primero.
- En el laboratorio de calidad se debe tener correctamente identificado y ordenado todos los patrones de medición que se utilizan para calibrar los equipos, asimismo los equipos de medición utilizados en producción deben tener una etiqueta indicando si se hará una medición confiable o requiere calibración.
- En las oficinas administrativas se deberá llevar los documentos mayores a 1 año al área de archivos para que ahí se decida si se archivan o descartan.
- Los productos inflamables como el alcohol deben estar identificados. Las áreas donde están colocados los extintores deben estar demarcadas y señalizadas.

En la figura N° 19 se representan etiquetas que ayudan a identificar materia prima o producto para que puedan ser ordenados y/o almacenados de acuerdo a su estado.



Figura N° 19: Etiquetas de identificación de producto en proceso.

Paso 4. Implementación de Seiso

- Se debe planificar la limpieza en conjunto con la empresa tercera que realiza las labores de limpieza en la planta industrial.
- Todas las áreas productivas desde corte hasta despacho deben tener una escoba y un recogedor en su área, también deben tener trapos industriales y alcohol para limpiar los escritorios, computadores, sillas, materiales, equipos 10 minutos al iniciar el turno.

- El horno de curvado, y demás máquinas automatizadas deberán limpiarse cuando la máquina este parada. Se debe tener mucho cuidado al limpiar estas máquinas ya que altamente peligrosas.
- Los operadores líderes de área y turno deben ser los responsables de que se realice la limpieza en sus áreas de trabajo.
- Por la cantidad de polvo que se genera diario desde el horno de curvado hasta inspección final se debe limpiar diario los equipos.
- Para la limpieza en el área de ensamble debe utilizarse aspiradoras y no escobas para evitar que el polvo se quede en el aire contaminando los rollos de plástico.
- El área de ensamble debe ser el área más limpia de toda la planta, ya que de tener un área de ensamble contaminado, se tendrán mermas por contaminación interna en el laminado.
- La limpieza de las mallas de serigrafía se hará utilizando agua y trapo industrial, otra opción es utilizar alcohol, pero para reducir costos es mejor utilizar agua.
- El área de herramientas que genera gran cantidad de polvo debe también convertirse en un área limpia, esto hará que el polvo generado por pulir acero no se esparza por toda la planta.

Paso 5. Implementación de Seiketsu

- En cada área se debe colocar patrones visuales que indiquen el antes y el después de la limpieza.
- Integrar las actividades realizadas anteriormente y considerarlas en el trabajo diario.
- Analizar y evaluar los resultados de la organización de la limpieza, guías de ubicación de objetos, analizar la agrupación creada a los objetos, ver si los colores utilizados ayudan a diferenciar cada zona de trabajo y verificar como quedaron las zonas de almacenamiento de materiales u objetos.

Paso 6. Implementación de Shitsuke

- Como primer punto se debe reunir a todo el personal y se debe presentar el resultado del trabajo realizado con la implementación de los 4 primeras S.
- El líder de cada área, el supervisor de producción y jefe de planta son los responsables de que se mantenga la disciplina de orden y limpieza en todas las áreas. Es importante realizar anuncios promocionando lo conseguido para que todos se sientan comprometidos.
- El responsable de la implementación de 5'S debe seguir con las auditorías diarias asegurar que todos el personal conozca los objetivos de implementar 5'S.

Tabla N° 18: Formato de registro de auditoría 5'S.

CRITERIO DE EVALUACIÓN DE CLASIFICACIÓN							
ASPECTO		1	2	3	4	5	PROMEDIO
CLASIFICACIÓN	Diferenciar entre lo necesario y lo innecesario						
	Elementos en buen estado.						
	Frecuencia de uso.						
	Residuos y material fuera de servicio.						
	Cosas de uso personal.						
ORGANIZACIÓN	Orden de las cosas						PROMEDIO
	Existe un lugar para cada material.						
	Los espacios de trabajo están señalizados.						
	Los materiales están organizados y codificados.						
	El lugar está limpio.						
	Los pasillos están señalizados.						
LIMPIEZA	Mantener el lugar limpio						PROMEDIO
	Lugar de trabajo limpio.						
	Zonas de tránsito sin obstáculos						
	Mesas y sillas limpias.						
	Maquinaria y equipos limpios.						
ESTANDARIZAR	Estandarizar la limpieza en el lugar de trabajo						PROMEDIO
	Las zonas de trabajo son seguras.						
	Se tiene patrones de limpieza de los pisos, mesas y sillas.						
	Hay ventilación e iluminación adecuada.						
	Los SSHH se mantienen limpios.						
DISCIPLINA	Mantener disciplina de limpieza						PROMEDIO
	Los operarios conocen la metodología 5's.						
	Los uniformes están limpios.						
	Se mantiene el lugar ordenado y limpio.						

En la tabla N° 18 se presenta un formato de registro de auditoría de la implementación de 5'S. Este formato puede ser utilizado para todas las áreas en el desarrollo de la implementación.

En la tabla N° 19 se colocan los rangos para medir el cumplimiento de la implementación de la herramienta 5'S.

Tabla N° 19: Medición del cumplimiento de implementación 5'S

Rango	0 - 20	21 - 40	41 - 60	61 - 80	81 - 100
Status	Crítico	Alerta	Regular	Bueno	Sobresaliente

4.3 KANBAN

La propuesta de implementación será aplicando las 4 fases descritas por Evans y Lindsay (2008), los cuales se detallan a continuación.

Fase 1. Entrenamiento

Luego de implementar la herramienta 5'S se propone implementar Kanban. Para ello se debe capacitar mediante talleres inicialmente al personal de las áreas de curvado y ensamble. De acuerdo al diagnóstico realizado son las áreas que requieren reducir inventario, tiempo de proceso y mejorar la productividad.

Es importante considerar que la implementación de la herramienta Kanban por sí misma no dará los resultados esperados sin haber aplicado antes la estrategia de comunicación y compromiso de los trabajadores desde la alta dirección hasta el personal operativo.

Fase 2.

Del diagnóstico determinamos que las causas más importantes de la cantidad de mermas y reprocesos son la generación de inventarios durante los procesos de curvado y ensamble; son procesos cuellos de botella; lo cual trae consigo una baja en el rendimiento del proceso.

Otro análisis importante para determinar las áreas acuello de botella es hallando el takt time de proceso, esto lo verificamos con el balance del proceso productivo.

Para ello trabajaremos con el takt time del proceso productivo con la siguiente ecuación:

$$Takt\ time = \frac{Demanda\ diaria}{Horas\ trabajadas\ diarias}$$

En la tabla N° 20 se presenta el takt time del año 2015 obteniendo un takt time promedio de 381 segundos.

De acuerdo a datos brindados por la empresa se debe considerar:

- N° de días hábiles= 24 días.

- N° de horas por día= 24 horas.
- Tiempo actual para producir un parabrisas= 349.2 segundos.
- El tiempo ideal para producir un parabrisas de acuerdo a la antigua planta de producción es 342.6 segundos por parabrisas.

Tabla N° 20: Takt time promedio.

Mes	Demanda mensual (unidad)	Demanda diaria (unidad)	Tiempo de producción disponible (s)	Takt time (S/unid)
Enero	5500	230	86400	376
Febrero	5600	233	86400	371
Marzo	5500	230	86400	376
Abril	5600	233	86400	371
Mayo	5500	230	86400	376
Junio	5300	221	86400	391
Julio	5400	225	86400	384
Agosto	5300	221	86400	391
Setiembre	5450	228	86400	379
Octubre	5300	221	86400	391
Noviembre	5400	225	86400	384
Diciembre	5500	230	86400	376
Promedio				381

Tabla N° 21: Tiempo de balanceo de línea Heijunka.

Área	N° de recursos por turno	Segundos estándar para realizar la operación	Tiempo de espera según el recurso más lento	Segundos estándar permitidos
Recepción de MP	1	305	175	480
Corte y pulido	3	310	170	480
Serigrafía	3	355	125	480
Vitrificado	2	310	170	480
Empalme	3	261	219	480
Curvado	4	430	50	480
Ensamble	7	480	0	480
Autoclave	2	360	120	480
Inspección Final	5	350	130	480
AVO	6	280	200	480
Embalaje	4	290	190	480

En la tabla N° 21 se observa el tiempo de balanceo utilizando Heijunka para luego determinar los procesos cuellos de botella.

En la figura 20 se observa como los procesos de curvado y ensamble tienen tiempos mayores al takt time promedio. El resto de procesos cuentan con los recursos necesarios para cumplir el takt time.

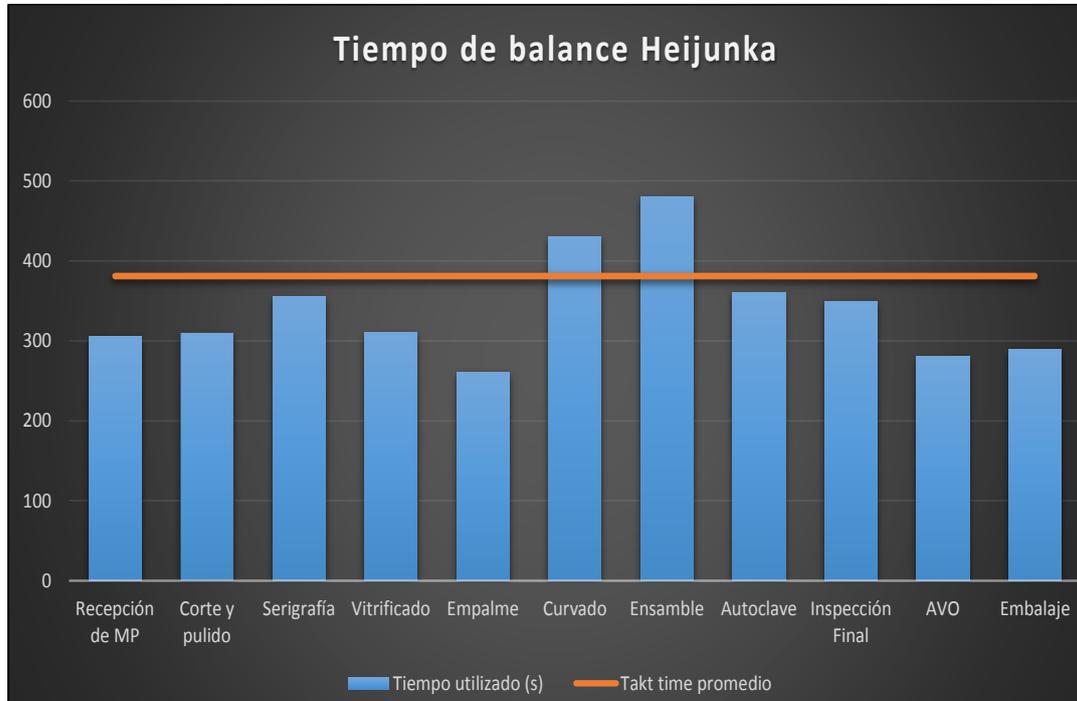


Figura N° 20: Tiempo de balanceo Heijunka

Ahora calculamos el tiempo de reabastecimiento para cada una de las etapas donde se implementará el Kanban.

Primero analizamos la etapa previa que es empalme para poder considerar el tiempo de reabastecimiento de empalme al horno de curvado.

De acuerdo a la tabla N° 20 en promedio se requiere producir 228 parabrisas diarios para cumplir con la demanda esperada; sin embargo teniendo en cuenta la merma y reproceso promedio de 37% se debe considerar como demanda producir 312 parabrisas diarios para cumplir con las entregas al cliente.

Debido a que no se puede crear un buffer que ayude a aumentar la carga de parabrisas curvados, conviene reducir el tiempo colocando 2 recursos que apoyen en las actividades del horno de curvado y con ello reducir el inventario en proceso y reducir el tiempo de proceso en el área de curvado.

El tiempo actual desde la carga hasta la descarga de los parabrisas en el área de curvado es de 7.2 minutos por parabrisas.

Agregando 2 colaboradores por turno al área de curvado el tiempo se reduce a 4.6 minutos por parabrisas. Esto aumento se justifica a que habrá 2 persona más que

apoyarán en las mediciones de la curva de los vidrios curvados y se tendrá mejor manipulación de los vidrios.

Con esta propuesta reducimos el tiempo de curvado de 7.2 minutos a 4.6 minutos por parabrisas y aumentamos la carga actual de 201 PB por día a 312 Pb por día.

En la tabla N° 22 se demuestra los tiempos actuales y el tiempo agregando 2 personas más por turno. El tiempo mejorado se midió colocando 2 personas en el área de curvado en las condiciones actuales de trabajo.

Tabla N° 22: Tiempo actual y mejorado del proceso de curvado.

Área	Operación	Tiempo actual (minutos)	Tiempo mejorado (minutos)
Curvado	Retirar el parabrisas del rack dejado por empalme	0.5	0.4
	Cargar el parabrisas al horno	0.5	0.4
	Curvado dentro del horno	2.5	2.5
	Descarga del parabrisas del horno	0.8	0.4
	Medición del parabrisas	2.0	0.6
	Apilamiento en el rack para ensamble	0.9	0.3
	Tiempo total de proceso		7.2

Con los tiempos totales calculamos la cantidad de parabrisas que se producen.

- Con tiempo de curvado de 7.2 minutos por parabrisas

$$\#PB \text{ por día} = \frac{1PB}{430 \text{ seg.}} \times \frac{60\text{seg}}{1'} \times \frac{1440'}{1\text{día}} = 201 \text{ PB por día} = 9 \text{ PB por hora}$$

- Con tiempo de curvado de 4.2 minutos por parabrisas

$$\#PB \text{ por día} = \frac{1PB}{277 \text{ seg.}} \times \frac{60\text{seg}}{1'} \times \frac{1440'}{1\text{día}} = 312 \text{ PB por día} = 13 \text{ PB por hora}$$

Otro dato es el tiempo de ciclo del horno de curvado, cada ciclo del horno dura 1 hora quiere decir que el horno se carga cada hora y siempre entra 1 parabrisas de sacrificio al horno. Este vidrio no es considerado como producción.

Con la nueva carga de 13 parabrisas por hora, entonces equivale a que el área de empalme deberá entregar cada hora 14 parabrisas al área de curvado. 13 parabrisas de producción aprobados por empalme y 1 parabrisas de sacrificio.

Otro punto importante a considerar es alertar a empalme que solo deben pasar lo solicitado y de buena calidad al área de curvado.

- Cálculo de la capacidad actual de empalme. De la tabla N° 18 el tiempo de empalme por parabrisas es 261 segundos.

$$\#PB \text{ por hora} = \frac{1PB}{261 \text{ seg.}} \times \frac{3600\text{seg}}{1\text{hora}} = 14 \text{ PB por hora}$$

Entonces demostramos que el área de empalme está en la capacidad de cumplir con la demanda del horno, sin generar inventario.

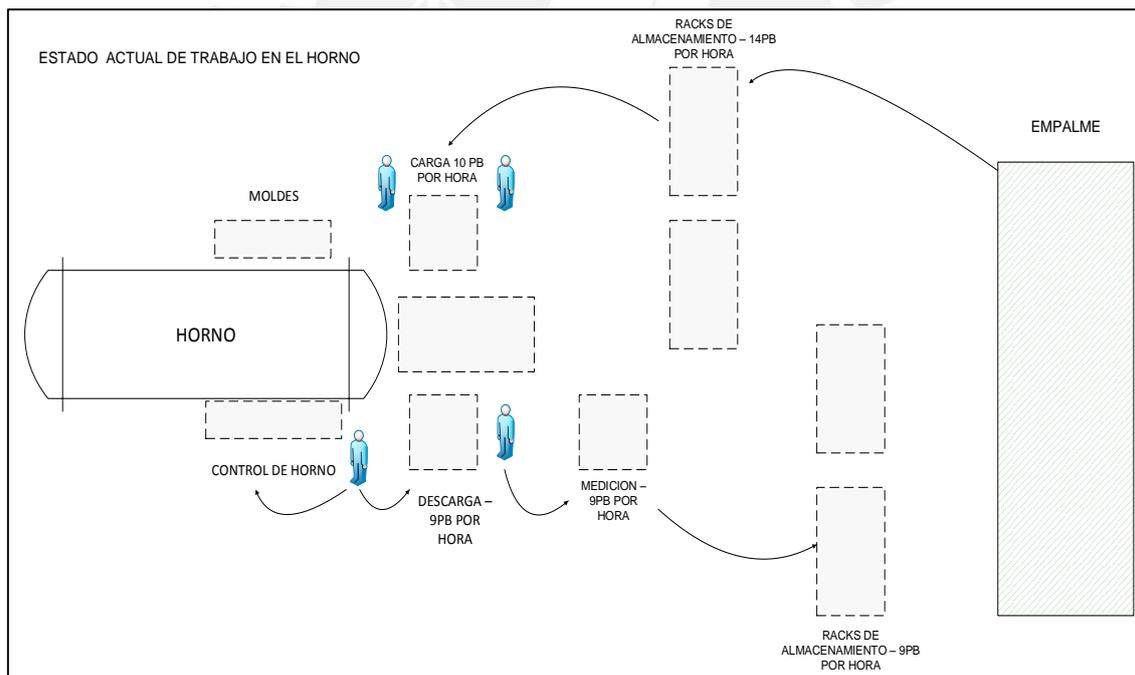


Figura N° 21: Diagrama del estado actual de trabajo en el horno

En la figura N° 21 se representa el estado actual de trabajo en el horno de curvado. Se observan 4 colaboradores, 2 de ellos encargados de recibir los vidrios de empalme y de la carga del horno, además se tiene 1 colaborador en la pantalla de control del horno y 1 en la zona de descarga. Estos últimos se encargan de hacer la medición de cada vidrio que sale curvado del horno y de colocarlo en el rack de almacenamiento.

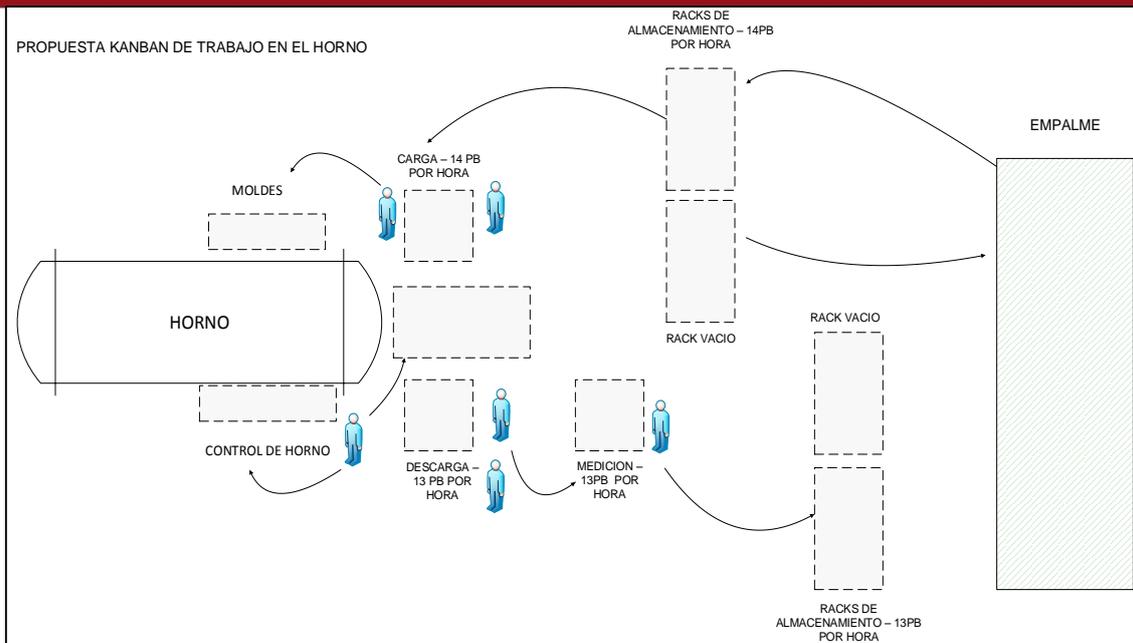


Figura N° 22: Diagrama de propuesta Kanban para el horno de curvado.

En la figura N° 22 se representa la propuesta de mejora Kanban para el horno de curvado. En esta propuesta se agregan los dos colaboradores y se consideran las cargas de entrega de empalme al horno con lo cual no quedaría inventario almacenado en la carga del horno y también se entregaría la cantidad exacta al área de ensamble para evitar acumulación de inventarios en la salida del horno.

EMPRESA		
TARJETA KANBAN	ORIGEN DE LA CARGA: EMPALME	DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN
AREA:	DESTINO DE LA CARGA: CURVADO	
EMPALME - CURVADO		
FECHA DE TRABAJO:	CANTIDAD REQUERIDA:	
TURNO DE TRABAJO:	SOLICITANTE:	
CANTIDAD ENTREGADA:	CÓDIGO DE REGISTRO DE PRODUCTO	

Figura N° 23: Tarjeta de identificación Kanban.

También se considera colocar en los racks de carga y salida el siguiente modelo de tarjeta Kanban para ser recogido y entregado por los colaboradores de las áreas de empalme, horno de curvado y ensamble.

En la figura N° 23 podemos observar el modelo de tarjeta diseñado para el uso de las áreas donde se aplicará la propuesta Kanban.

En segundo lugar analizaremos el área de ensamble donde se aplicará el Kanban para reducir las mermas por rotura de inventario y reducir el tiempo de ensamble, de esta manera podemos equilibrar las áreas de curvado y ensamble para no tener inventarios de materiales durante el proceso productivo.

Acá si se podrá colocar un buffer que será una mesa más de ensamble para poder agilizar el proceso y también se colocará un operador más.

El detalle importante es saber que se recibirán 13 parabrisas curvados desde el horno a ensamble.

En la tabla N° 23 se demuestra los tiempos actuales y el tiempo agregando 1 mesa más de ensamble y 1 operador más por turno. El tiempo mejorado se midió colocando 1 mesa de ensamble y 1 operador en el área de ensamble en las condiciones actuales de trabajo.

Tabla N° 23: Tiempo actual y mejorado del proceso de ensamble.

Área	Operación	Tiempo actual (minutos)	Tiempo mejorado (minutos)
Ensamble	Retirar el parabrisas del rack dejado por curvado	0.5	0.5
	Cargar en la lavadora del parabrisas	0.5	0.5
	Lavado del parabrisas	1.0	1.0
	Movimiento del parabrisas en la faja	0.6	0.3
	Preparación de plásticos	1.8	0.7
	Ensamble del parabrisas	3.2	1.3
	Salida de parabrisas ensamblado	0.4	0.2
	Tiempo total	8.0	4.5

- Cálculo de parabrisas ensamblados con el tiempo actual de ensamble de 480 segundos por parabrisas

$$\#PB \text{ por hora} = \frac{1PB}{480 \text{ seg.}} \times \frac{3600\text{seg}}{1\text{hora}} = 7 PB \text{ por hora}$$

- Cálculo de parabrisas ensamblados con el tiempo mejorado de ensamble de 4.6 minutos por parabrisas

$$\#PB \text{ por hora} = \frac{1PB}{4.5 \text{ minutos}} \times \frac{60 \text{ minutos}}{1\text{hora}} = 13 PB \text{ por hora}$$

Con ello demostramos que cada hora se consumirán los 13 parabrisas entregados por el área de curvado y no habrá acumulación de inventario. Además de reducir el tiempo de producción en ensamble se aumentó la cantidad de parabrisas ensamblados por hora.

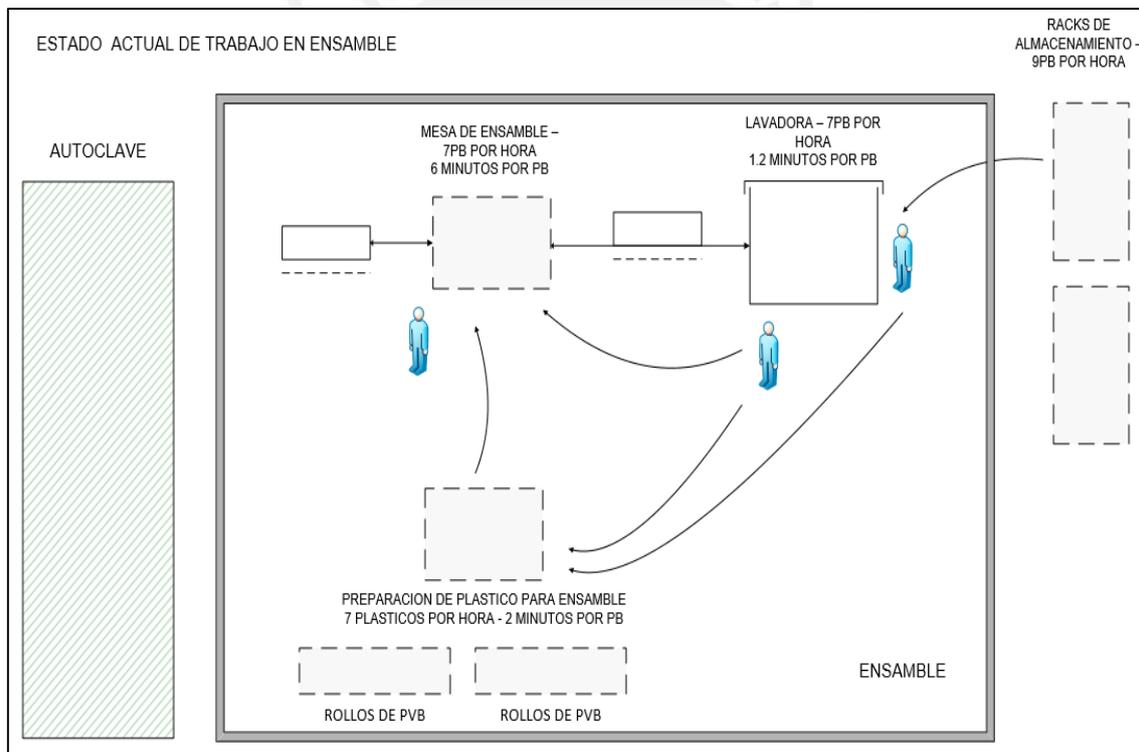


Figura N° 24: Diagrama del estado actual del trabajo en ensamble

En la figura N° 24 se representa el estado actual del trabajo en ensamble. Se tiene un tiempo de ensamble por parabrisas de 8 minutos trabajando con 3 colaboradores. El tiempo se considera desde que el parabrisas sale del rack que entrega el área de curvado hasta la salida de la cámara de ensamble.

En la figura N° 25 se representa la propuesta Kanban para el área de ensamble, allí se observa que se agrega un buffer que alimente el avance del ensamble y lograría que el proceso no sea un cuello de botella para las demás estaciones siguientes. Asimismo

evitará la acumulación del inventario en la zona de carga en la entrada del área de ensamble. Con ello el tiempo de ensamble por parabrisas se reduce a 4.5 minutos por parabrisas.

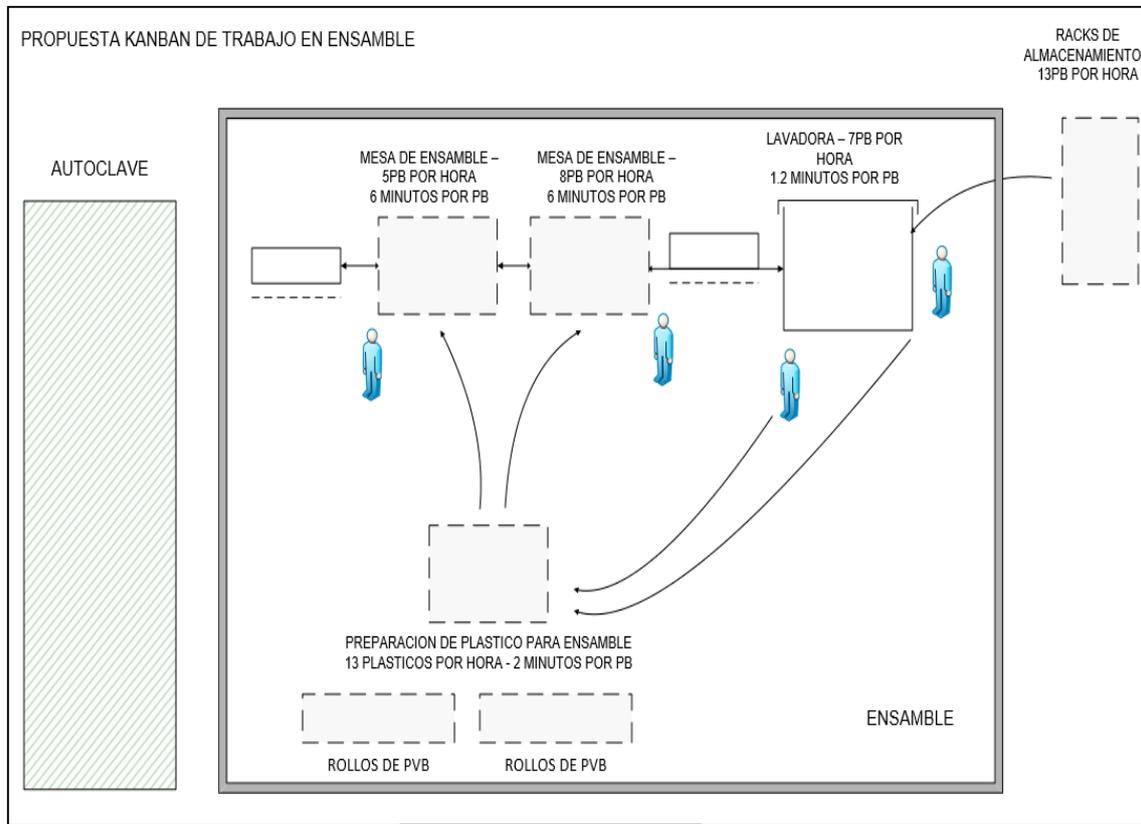


Figura N° 25: Diagrama de propuesta Kanban para el área de ensamble.

Fase 3.

Luego de implementar las propuestas de Kanban primero como fase piloto en las áreas de curvado y ensamble, y teniendo al equipo operativo con los conocimientos de los objetivos de la implementación de la herramienta Kanban y haciendo las cosas correctamente se puede pasar a implementar esta herramienta en las demás áreas donde se vea necesario su aplicación.

Asimismo se debe asegurar que el equipo que lidera el proyecto Kanban este seguro que todos los involucrados tengan los conocimientos Kanban muy claros.

El control de resultados de la implementación de la herramienta debe ser seguido por la alta dirección y el equipo Kanban. Además cualquier ajuste que los colaboradores vean necesarios realizar deben ser primero consultados al equipo Kanban y previo análisis decidirán su cambio o no.

Además el aplicar esta herramienta traerá consigo las siguientes mejoras:

- El tiempo actual del proceso de autoclave es 360 segundos por parabrisas, considerando que la autoclave se carga cada 5 horas, sabemos que en ese tiempo en la cámara de ensamble se ensamblan 35 parabrisas.

- Lo que se hace actualmente para aumentar la carga en la autoclave a 50 parabrisas es traer 15 parabrisas de otra cámara de ensamble localizada en otra planta de producción.
- Con la propuesta a implementar se van a producir 65 parabrisas cada 5 horas y con ello se elimina el costo de transporte.
- También con ello se reduce el tiempo de autoclave siendo el nuevo tiempo de 277 segundos por parabrisas de acuerdo al siguiente cálculo:

$$T = \frac{60 \text{ minutos}}{1 \text{ hora}} \times \frac{60 \text{ segundos}}{1 \text{ minuto}} \times \frac{5 \text{ horas}}{65 \text{ pabrabrisas}} = 276.9 \text{ segundos}$$

Donde:

T= Tiempo de producir una parabrisas en autoclave con la nueva propuesta.

Con ello el nuevo tiempo de producción de un parabrisas se reduce a 303.4 segundos
El costo de ahorro por transporte por día es de 50 soles.

Fase 4.

En esta última etapa se va a controlar y evaluar constantemente los resultados y también se considerará importante conocer las nuevas demandas del mercado para poder mejorar el proceso. Para ello debemos utilizar y analizar diariamente los indicadores de control de la producción en cada etapa del proceso productivo.

El control y avance de la mejora deberá ser auditado y cuantificado mediante indicadores para ver la evolución de la mejora en el tiempo.

Los operadores y el personal ya capacitado pueden enseñar y ayudar a capacitar al personal de otras áreas del proceso productivo donde se considere utilizar Kanban.

4.4 TPM

Para la propuesta de TPM y de ahí su futura implementación se debe entender como un sistema de trabajo que se centra en mejorar y estabilizar las condiciones de trabajo de los equipos.

En el diagnóstico de los equipos realizado ya hemos señalado e identificado los problemas. Una vez hayamos planteado las propuestas de mejora y se logre resolver los problemas se va a conseguir que el deterioro de los equipos de la planta se reduzca y se eliminen los fallos relacionados con el desgaste natural.

Se ha considerado implementar el TPM en las áreas de corte – pulido y curvado de acuerdo a la tabla N° 13 donde se observa como causas de mermas y reprocesos las

fallas de las máquinas por mala calibración, uso de accesorios no adecuado para el proceso o falta de mantenimiento.

4.4.1 Problemas

Los problemas de la pulidora y el horno de curvado son los siguientes:

- Mala calibración de la pulidora CNC.
- Uso de disco de pulido no adecuado para el espesor del vidrio.
- Falta de vidrios en el horno de curvado, esto origina varios problemas como son el enfriamiento del horno, luego se necesitará de 30 minutos a 1 hora para volver a tener el flujo de calor en el horno a la temperatura requerida y con flujo constante.
- Descarrilamiento de los moldes de curvar dentro del horno de curvado, para volver a alinear los moldes se requiere apagar el horno para poder sacar los moldes y alinearlos nuevamente.
- Quemado de las resistencias dentro del horno de curvado, esto también implica la parada del horno para poder hacer el cambio de todas las resistencias afectadas.
- Zonas inseguras en el área de corte – pulido y curvado, por desorden de materiales y equipos de trabajo.

4.4.2 Causas

Los problemas anteriormente nombrados se deben a las siguientes causas:

- Los operarios desconocen las actividades de mantenimiento autónomo para mantener sus equipos. Les falta capacitación para que puedan desarrollar estas actividades.
- Los operarios no tienen las herramientas necesarias para realizar ajustes y pequeñas reparaciones.
- No se cumple con el mantenimiento programado de resistencias y cabinas de calentamiento y enfriamiento. Además hay equipos que no cuentan con visores que faciliten la inspección.
- Falta de mantenimiento a las fajas de transporte en la CNC.
- No se lubrican los rieles de transporte de coches dentro del horno con la frecuencia requerida.
- No se ha establecido un programa de 5S's para mantener el orden y la limpieza en el área de trabajo.
- No se llenan los formatos de registro de mantenimiento, cambio de piezas realizado en el horno de curvado y pulidora CNC.

4.4.3 Propuesta para implementar y desarrollar TPM

La siguiente propuesta se ha considerado dividirla en 8 pasos a seguir; las cuales se describen a continuación.

Paso #1 - Compromiso de la alta gerencia

Como mencionamos en el ítem 4.1 es importante tener el compromiso de la alta gerencia para la implementación y desarrollo de las herramientas de manufactura esbelta. Es por eso que la alta gerencia debe dar los recursos necesarios para permitir la implementación de TPM inicialmente en las áreas de corte – pulido y curvado.

Paso #2 – Campaña de difusión de la herramienta

El segundo paso será en designar o contratar a un coordinador de TPM de tiempo completo. Será la labor de ese coordinador crear un programa educacional sobre los beneficios del TPM para los operarios del área de corte – pulido y curvado y asegurarse de que todos hayan entendido la filosofía TPM.

Se crearán volantes y paneles informando sobre los beneficios de aplicar TPM en el área como son las mejoras y aumento de productividad que tendrán en su producción diaria.

Paso #3 – Definir los equipos y nombramiento de responsables

En esta etapa se forman los equipos de trabajo los cuales nombrarán a sus líderes; estos equipos tienen la responsabilidad de detectar las oportunidades de mejora. Se definen las siguientes responsabilidades:

a. Coordinador del comité TPM

- Debe capacitar al personal de las áreas de curvado - pulido, curvado y a los ingenieros de procesos sobre la aplicación de la herramienta TPM.
- Brinda el reconocimiento de logros al personal y de esta manera lograr el compromiso de los trabajadores.
- Establecerá los objetivos mediante el uso de indicadores que ayudarán a medir el avance de la implementación de la herramienta TPM en la empresa.
- Solicitará los recursos necesarios a la alta dirección para poder gestionar y garantizar el cumplimiento de los objetivos.
- Debe presentar el avance de la implementación y desarrollo de TPM a la alta dirección para que ellos estén informados de las mejoras y los cambios que se vienen realizando así mismo de los problemas que puedan ocurrir.

b. Responsable de programa de TPM.

- El responsable será un ingeniero de procesos designado por el coordinador de TPM y deberá gestionar las actividades de mejora que deben realizar los equipos formados.
- Verifica que todo el personal de curvado esté capacitado mediante evaluaciones.
- Ejecuta auditorías para ver el avance de la implementación de TPM.
- Resuelve cualquier duda a los operarios en la aplicación de la herramienta TPM.

En la tabla N° 24 se presenta un formato de registro de auditorías, donde se anotarán las conformidades y no conformidades encontradas.

Tabla N° 24: Formato de registro de auditoría TPM.

AUDITORÍA TPM		
EMPRESA	REPORTE DE AUDITORÍA	CÓDIGO:
		VERSIÓN:
		FECHA:
ÁREA AUDITADA	
EQUIPO AUDITADO:	
LIDER AUDITADO	
AUDITOR	
Revisar el orden y limpieza, stock de repuestos, estado de los equipos de trabajo, uso de EPP, el control de las herramientas, avance de actividades programadas en reuniones.		
1 Conformidades		
2. No conformidades		
3. Observaciones		
4. Recomendaciones		
_____	_____	_____
Auditor de turno	Supervisor de turno	Líder de equipo

c. Líderes de los equipos

- Los líderes serán los operadores de nivel 4 que son los que tienen mayor experiencia trabajando con máquinas.
- Realizan y aseguran el cumplimiento de las actividades programadas en las reuniones de equipo.
- Mantienen archivado la documentación generada por sus equipos.
- Verifican el correcto almacenamiento, mantenimiento y control de las herramientas de sus equipos.
- Deben fomentar la disciplina 5's.

d. Operadores de cada equipo

- Ejecutan las actividades programadas y cumplen con la aplicación de 5's en sus equipos de trabajo.
- Llenan formatos de registro los cuales serán analizados en las reuniones de equipo y luego los archivan.
- Deben estar comprometidos con las actividades designadas por el equipo para mejorar
- Comunicar los principales problemas detectados a sus equipos de trabajo.
- Conservar los recursos asignados.

En este caso se pueden formar 1 equipo de trabajo por turno en el área de corte – pulido y 2 equipos de trabajo por turno en el área de curvado. Para el caso de curvado, un equipo puede trabajar en los equipos externos al horno y el segundo equipo trabaja en los equipos y herramientas ubicados dentro del horno.

Paso #4 – Establecer el Jishu – Hozen o mantenimiento autónomo

En este paso se debe realizar un listado de las actividades de mantenimiento autónomo. Esta lista se debe elaborar en conjunto con el personal de mantenimiento y de producción.

Aquí es importante también realizar una capacitación para incrementar los conocimientos sobre el mantenimiento e inspección de las máquinas al inicio de cada turno. Esta capacitación se puede hacer en forma práctica y escrita encabezada por el personal de mantenimiento.

Una vez los operadores conozcan las actividades autónomas, se recomienda elaborar formatos de registros diarios de inspección y ajuste de las máquinas para que sean llenados por los operadores en cada turno de trabajo. Los registros serán revisados por

los equipos TPM y por personal de mantenimiento durante el turno de trabajo con la finalidad de resolver cualquier avería o problema generado en el equipo.

En la tabla N° 25 se presenta un formato de registro de datos que deber ser usado por los operadores del área de curvado para anotar todas las observaciones detectadas en la inspección de las máquinas durante el turno de trabajo.

Tabla N° 25: Formato de registro de datos TPM.

TPM – ÁREA DE CURVADO			
EMPRESA	HORNO DE CURVADO	FECHA:	
		OPERADOR:	
		TURNO:	
ORDEN Y LIMPIEZA			
DESCRIPCIÓN	REALIZADO	OBSERVACIÓN	
Los materiales están ordenados y limpios			
Personal con EPP			
Horno limpio			
Moldes ordenados			
AJUSTES			
DESCRIPCIÓN	REALIZADO	OBSERVACIÓN	
Receta de trabajo calibrado			
Termocuplas calibradas			
Sensores revisados			
Moldes revisados			
LUBRICACIÓN			
DESCRIPCIÓN	REALIZADO	OBSERVACIÓN	
Engrasado de rieles de transporte			
INSPECCIÓN			
DESCRIPCIÓN	ESTADO		OBSERVACIÓN
	OK	NOK	
Estado de rieles de transporte			
Estado de los sensores de temperatura			
Estado de los ventiladores			
Estado de los sensores de medición			
Estado de las Termocuplas			
Moldes activos para trabajo			
_____	_____	_____	
Líder de turno	Supervisor de turno	Líder de mantenimiento	

Paso #5 – Metas e indicadores

Es importante medir el avance del desarrollo de la implementación de TPM con indicadores. Al principio se debe considerar tener metas flexibles de acuerdo al estado

actual del record de fallas de los equipos; luego de avanzar con la implementación de TPM los objetivos deberán ser más exigentes.

Se mencionarán algunos indicadores con las que se trabajarán en el área de corte – pulido y curvado.

➤ Cálculo de la disponibilidad

$$\text{Disponibilidad} = \frac{TO - PP - PNP}{TO - PP} \times 100$$

Donde:

TO = Tiempo de operación

PP = Paradas programadas

PNP = Paradas no programadas

➤ Índice de rendimiento

$$\text{Índice de rendimiento} = \frac{\text{Tiempo ideal de ciclo} \times \text{cantidad procesada}}{\text{Tiempo de funcionamiento real}}$$

Donde:

Tiempo ideal de ciclo = Es el tiempo actual desde la carga hasta la descarga.

Cantidad Procesada = Cantidad de parabrisas que salen en cada ciclo de pulido o curvado del horno.

Tempo de funcionamiento real = TO-(PP+PNP)

➤ Índice de calidad

$$\text{Índice de calidad por ciclo} = \frac{\text{Parabrisas producidas} - \text{parabrisas mermados}}{\text{Parabrisas producidas}}$$

Donde:

Parabrisas producidos= Cantidad de parabrisas producidos.

Parabrisas mermados = Cantidad de parabrisas mermados.

➤ La efectividad global del horno se calcula de la siguiente manera:

$$OEE = \text{Disposición} \times \text{índice de calidad} \times \text{índice de rendimiento} \times 100$$

Tabla N° 26: Efectividad actual de la pulidora CNC y el horno de curvado.

EQUIPOS	DISPONIBILIDAD	RENDIMIENTO	CALIDAD	EFFECTIVIDAD GLOBAL DE LA MÁQUINA
Pulidora CNC	81%	76%	65.9%	40.6%
Horno de curvado	71%	77%	79%	43.2%

En la tabla N° 26 se presenta el estado actual de la efectividad de las máquinas. Con estos indicadores obtenemos la siguiente tabla.

Paso #6 – Implementación de la OEE.

Actualmente la empresa no cuenta con una medición de la efectividad global de los equipos, es por ello que se recomienda de acuerdo al paso #4 un sistema de medición de efectividad de los equipos.

Para ello, se sugiere llevar una tabla de paradas imprevistas lo cual ayudará a calcular la OEE de los equipos.

En la tabla N° 27 se muestra un formato de paradas de equipos que debe ser llenado por los operadores.

Tabla N° 27: Formato de paradas de máquinas.

FORMATO DE TIEMPOS DE PARADAS DE MÁQUINA						
Área:				Supervisor:		
Máquina:				Turno		
Fecha	Código de parada	Motivo de la parada de máquina	Inicio de parada	Término de parada	Tiempo total de parada (minutos)	Operador responsable de la máquina
/ /						
/ /						
/ /						
/ /						
/ /						
/ /						
/ /						
/ /						
/ /						

Paso #7 – Mejora de la eficiencia de los equipos.

Para incrementar la eficiencia de los equipos se debe conocer a detalle las causas raíz de los problemas en la pulidora CNC y el horno de curvado. Además se debe conocer todo el sistema mecánico de transporte que hay dentro y fuera de ambas máquinas.. Asimismo se deberá conocer a detalle los tableros de control de ambas máquinas para evitar fallas por mala manipulación. Esta etapa de conocer a profundidad los equipos se puede realizar mientras se realice un mantenimiento programado un fin de semana.

Considerando las condiciones actuales de trabajo y con toda la información obtenida de las máquinas de corte - pulido y curvado se realizó un seguimiento de 10 semanas aplicando las mejoras propuestas por la herramienta TPM a la pulidora CNC y al horno de curvado donde se midieron los indicadores de disponibilidad, rendimiento y el índice de calidad; asimismo se determinó la efectividad global de ambos equipos (OEE).

En la tabla N° 28 se presentan los valores obtenidos a lo largo de 10 semanas de trabajo en la pulidora CNC y el horno de curvado, donde podemos observar la mejora de los indicadores de las máquinas utilizando la herramienta TPM.

Tabla N° 28: Indicadores TPM de la pulidora CNC y del horno de curvado.

SEMANA	Pulidora CNC				Horno de curvado			
	% D	% R	% IC	OEE	% D	% R	% IC	OEE
1	66.67	78.33	78.03	40.75	83.72	76.03	77.48	49.32
2	81.82	79.17	82.74	53.59	79.41	85.01	74.42	50.24
3	75.00	80.56	80.32	48.53	77.14	87.23	77.56	52.19
4	88.52	79.03	85.01	59.47	83.72	80.63	83.52	56.38
5	93.51	82.50	83.25	64.22	77.14	79.39	83.38	51.07
6	92.65	77.38	88.57	63.50	90.00	78.54	83.25	58.85
7	94.74	84.17	87.63	69.88	93.51	82.74	85.40	66.07
8	93.51	82.81	84.95	65.78	93.51	84.72	85.33	67.60
9	95.29	82.31	86.68	67.99	94.74	85.87	86.41	70.29
10	96.77	83.00	86.24	69.27	93.51	86.63	85.47	69.24

Donde:

%D = Disponibilidad

%R = Rendimiento

%IC = Índice de calidad

En la figura N° 26 se observa los indicadores de disponibilidad, rendimiento y el índice de calidad de la pulidora CNC.

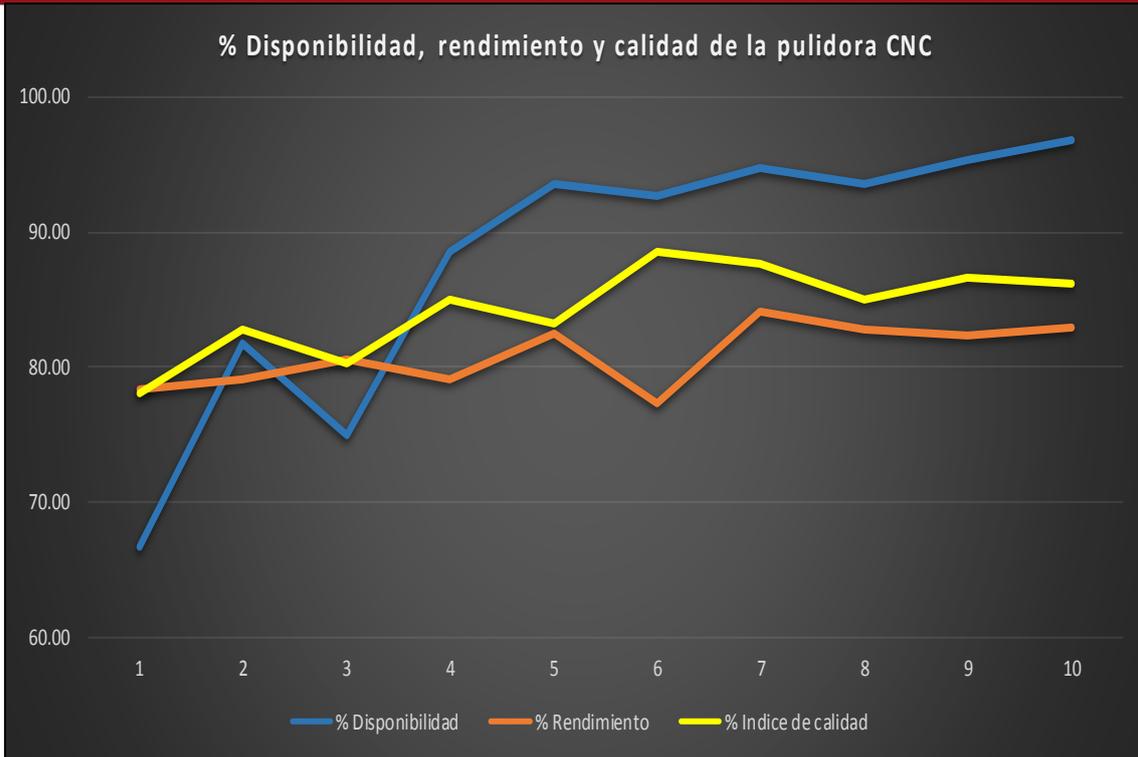


Figura N° 26: Disponibilidad, rendimiento y calidad de la pulidora CNC

En la figura N° 27 se presenta la eficiencia global de la pulidora CNC durante las 10 semanas de aplicación de la herramienta TPM.

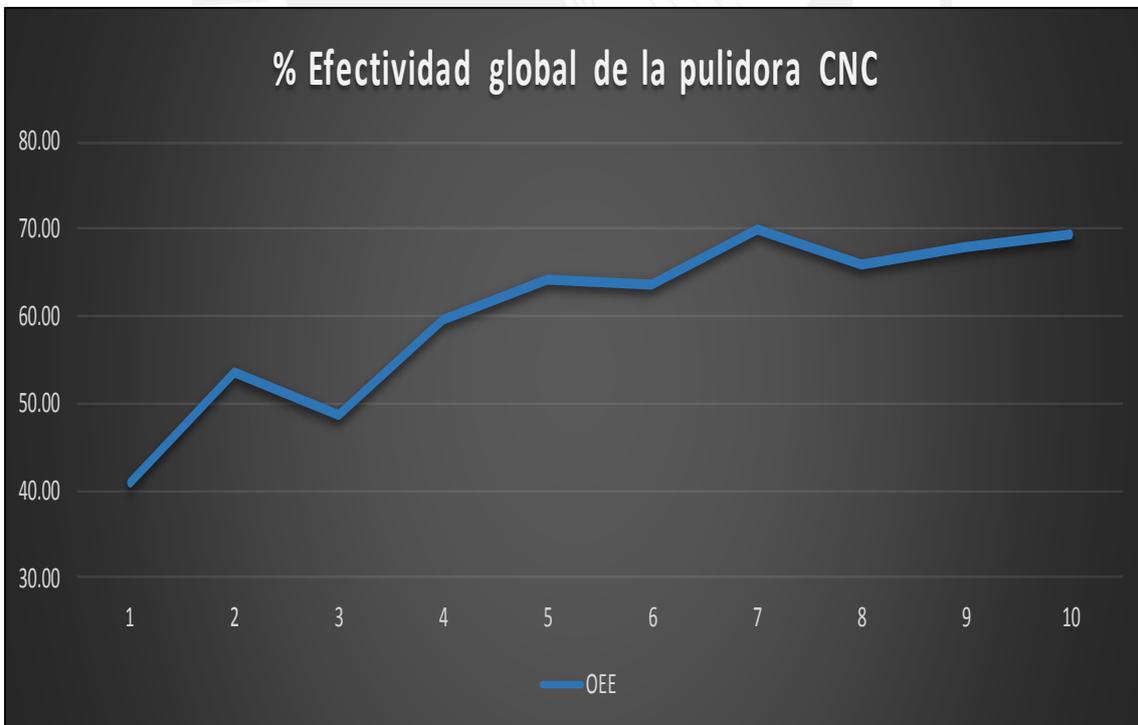


Figura N° 27: Eficiencia global de la pulidora CNC

En ambas gráficas se observa una mejora de los indicadores luego de ir aplicando la herramienta TPM en la pulidora CNC.

En la figura N° 28 se observa los indicadores de disponibilidad, rendimiento y el índice de calidad del horno de curvado.

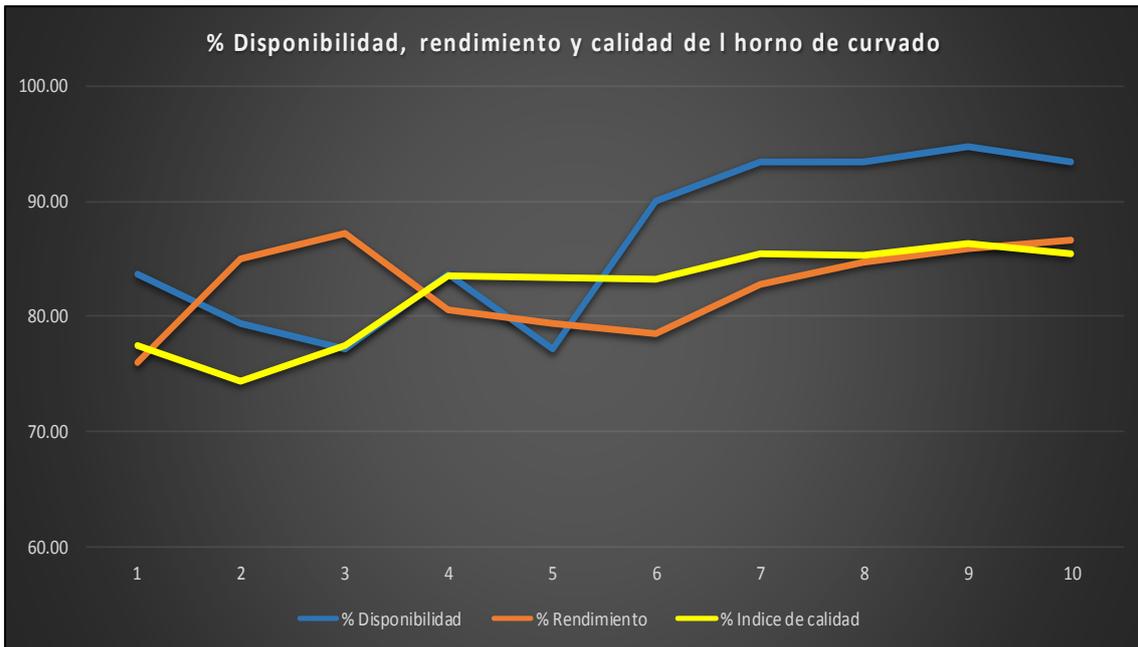


Figura N° 28: Disponibilidad, rendimiento y calidad del horno de curvado.

En la figura N° 29 se presenta la eficiencia global del horno de curvado durante las 10 semanas de aplicación de la herramienta TPM.

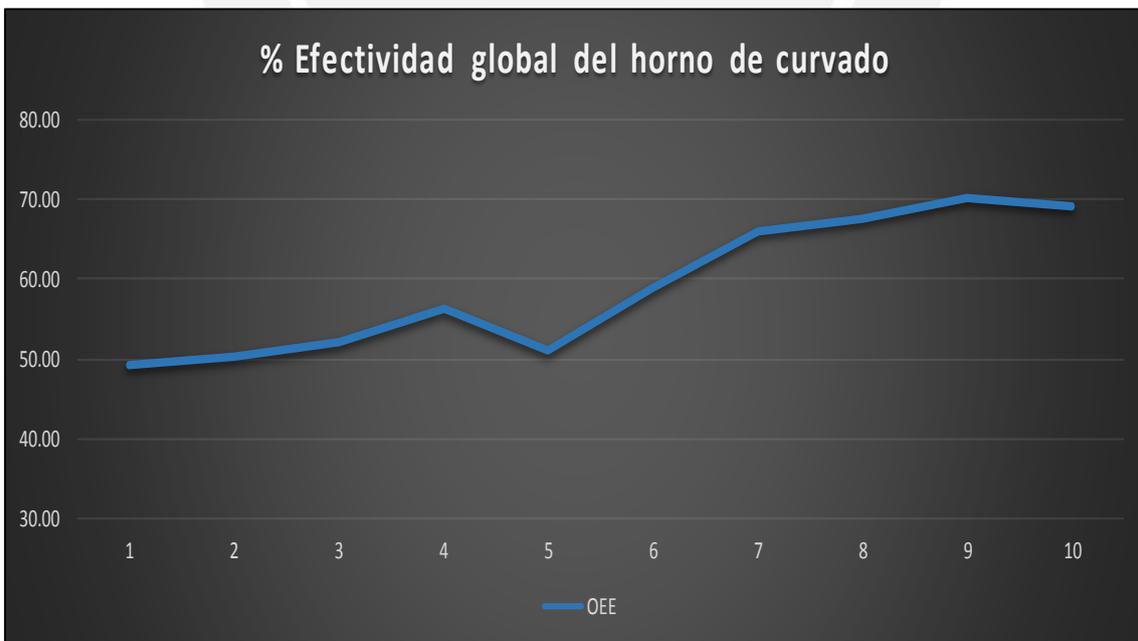


Figura N° 29: Eficiencia global del horno de curvado

En ambas gráficas se observa una mejora de los indicadores luego de ir aplicando la herramienta TPM en el horno de curvado.

En la tabla N° 29 se compara la efectividad global actual de la pulidora CNC y el horno de curvado con el nuevo valor obtenido de la efectividad global luego de aplicar la herramienta TPM.

Tabla N° 29: Comparación de la OEE actual y mejorado.

Máquinas	Efectividad global - OEE	
	Actual	Mejorado
Pulidora CNC	40.6%	69.27
Horno de curvado	43.2%	69.24

Paso #8 – Control y seguimiento de las mejoras realizadas.

Los líderes de área y el ingeniero de procesos responsable deben asegurar que en este punto se debe mantener la disciplina 5'S. Asimismo todos los equipos deberán estar en el lugar asignado.

Se debe mantener el inventario de las herramientas existentes y en coordinación con logística se debe tener un stock de los repuestos más utilizados en la reparación o mantenimiento de los equipos. Todo esto se debe realizar con la finalidad de ayudar a tener un mantenimiento autónomo eficiente y rápido.

Para ayudar a la gestión de atención de reparación de fallas imprevistas se puede asignar una persona por turno al área de curvado para que realice actividades exclusivas de mantenimiento y que sirva de apoyo al personal del departamento de mantenimiento.

Un punto importante a considerar es que los operarios entrenados pueden capacitar al personal nuevo y a los operarios de otras áreas para que se pueda incrementar el conocimiento del personal sobre el uso de la herramienta TPM.

Los operarios deben mantener semanalmente sus reuniones de equipo donde se describen y plantean las actividades de mejora en las máquinas y en su área de trabajo. Se deben mantener los indicadores para ver el avance de la aplicación del TPM y así detectar las variables que reducen la productividad de las máquinas en el área de curvado.

CAPÍTULO V. EVALUACIÓN ECONÓMICA

En este capítulo se analizará y determinarán los costos de inversión que implica realizar las propuestas de mejora, los cuales incluyen el contrato del especialista en Lean, personal operativo adicional, las capacitaciones y los materiales a utilizar.

También se hará un estudio de costo beneficio considerando la nueva capacidad de producción que se tendrá con las mejoras propuestas.

Para ello utilizaremos los indicadores financieros siguientes: Costo – beneficio, tasa interna de retorno, valor presente neto utilizando el flujo de caja y el costo ponderado de capital de la empresa analizada.

Es importante también mencionar que la empresa no necesita aumentar los costos de los productos finales con las mejoras propuestas por lo tanto no afectará en costos para los clientes finales; quienes seguirán sintiéndose cómodos con los precios ya ofrecidos. Esto también servirá de sustento a los directivos comunicándoles que sin necesidad de realizar aumentos al producto final se tendrán un incremento en las utilidades de la empresa

5.1 COSTOS DE INVERSIÓN

En este espacio se colocará un resumen de todos los costos de inversión que se requieren para poder llevar a cabo el desarrollo de la propuesta, las cuales incluyen los materiales y útiles que se necesitan, horas hombre, capacitaciones.

En la tabla N° 30 se presentan los costos de inversión que se necesitan para empezar a implementar las herramientas de sistema esbelto en el proceso productivo.

Tabla N° 30: Costos de inversión para implementar sistemas esbeltos

Descripción	Inversión en personal	Cantidad	Costo mensual (S/.)	Costo anual (S/.)	Costo total (S/.)
Personal	Especialista en aplicación Lean	1	6,500.00	78,000.00	184,800.00
	Ingeniero de procesos para seguimiento	1	5,300.00	63,600.00	
	Personal operativo adicional	3	3,300.00	39,600.00	
	Horas extras promedio por mes.	20	300.00	3,600.00	

Descripción	Inversión en materiales	Cantidad	Costo unitario (S/.)	Costo total (S/.)	Costo total (S/.)
Talleres de capacitación	Capacitación del personal en 5's	15	7,500.00	112,500.00	422,960.00
	Capacitación del personal en Kanban	12	6,530.00	78,360.00	
	Capacitación del personal en TPM	8	6,500.00	52,000.00	
	Capacitación en Lean	20	5,550.00	111,000.00	
Materiales	Armarios con tamaño estandarizado	10	6,000.00	60,000.00	
	Mesas de ensamble	1	6,500.00	6,500.00	
	Papelería, impresión de registros en cientos	10	60.00	600.00	
	Utensilios de limpieza (tachos, escobas, trapo industrial)	10	200.00	2,000.00	
Costo total (S/.)					607,760.00

El costo total de inversión en el primer año es S/. 607,760.00.

El primer año de inversión se considera año 0. Luego determinamos la proyección de gastos para 4 años siguientes. En la tabla N° 31 colocaremos el costo que se tendrá en capacitaciones cada año en los años 1, 2, 3 y 4.

Tabla N° 31: Costos de inversión en los 4 años siguientes.

Descripción	Inversión en materiales	Cantidad	Costo unitario (S/.)	Costo total (S/.)	Costo anual (S/.)
Talleres de capacitación	Capacitación del personal en sistemas esbeltos	16	6,200.00	99,200.00	99,200.00

5.2 GANANCIAS Y AHORROS

Con todas las mejoras propuestas se lograrán reducir el porcentaje de reprocesos y mermas de producto y también las paradas de máquinas por fallas.

La implementación de las propuestas de mejora ayuda también a aumentar la cantidad producida en las áreas de curvado y ensamble lo que nos indica que tendremos mayor cantidad de parabrisas fabricados en menor tiempo.

En la tabla N° 32 se presenta la cantidad de parabrisas producidas antes y luego de la mejora. Se mostrará los cálculos anuales.

Tabla N° 32: Cantidad de parabrisas producidos anualmente

Días de trabajo mensual	24	Comparativo	Tiempo (s/parabrisas)	Cantidad (parabrisas/año)
Horas de trabajo	24	Tiempo ideal de fabricación	342.6	65367
Meses de trabajo	12	Tiempo en fabricar 1 parabrisas sin la mejora	349.2	57006
Eficiencia	0.8	Tiempo en fabricar 1 parabrisas con la mejora	303.4	65612

De la tabla N° 32 también observamos que en las condiciones actuales de trabajo se producen 57006 parabrisas. Con la mejora se puede lograr producir 65612 parabrisas; entonces se estarían produciendo 8606 parabrisas más con lo cual cubrimos la demanda de los clientes y tendríamos también un stock de seguridad.

De acuerdo a información entregada por finanzas el margen de ganancia por parabrisas laminado producido es 115 soles

Tabla N° 33: Ganancia y ahorro proyectado con las mejoras

Descripción	Cantidad incrementada	Margen de utilidad	Cantidad total
Ingresos por incremento de parabrisas	8606	S/. 115.00	S/. 989690.00
Ahorro de eliminar el transporte de parabrisas ensamblados de otra planta	----	----	S/. 14400.00

En la tabla N° 33 se colocan la ganancia y ahorro proyectado de implementar las herramientas de sistemas esbeltos en la producción de parabrisas.

Cabe precisar que el ahorro de eliminar el transporte de parabrisas ensamblados en otra planta es de 50 soles diarios.

5.3 FLUJO DE CAJA

A continuación se hará el flujo de caja proyectado en 5 años para ver la factibilidad de invertir en el proyecto de mejora.

El valor del costo ponderado de capital (cok) para la empresa es 24.3%, este dato proviene del área de finanzas de la empresa corroborado por la gerencia de proyectos.

Tabla N° 34: Flujo de caja.

Año	0	1	2	3	4
Ingreso por el aumento de producción	0	989,690	989,690	989,690	989,690
Ingreso por ahorro de transporte	0	14400	14400	14400	14400
Total de ingresos	0	1,004,090	1,004,090	1,004,090	1,004,090
Costo de inversión	607760	99200	99200	99200	99200
Total de egresos	607,760	99,200	99,200	99,200	99,200
Flujo neto económico	-607,760	904,890	904,890	904,890	904,890
VAN	1,556,138	El VAN es mayor a 0			
TIR	145%	El TIR > 24.3%			
B/C	2.8	B/C > 1			

De la tabla N° 34 se puede resumir que el proyecto es viable económicamente, por lo cual estos resultados ayudarán a justificar la implementación de las herramientas de sistemas esbeltos en la planta de producción de parabrisas de la empresa analizada.

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- Se concluye que con el aumento de la productividad en las áreas de corte – pulido, curvado y ensamble se logrará cumplir con la demanda de los clientes mejorando la calidad del producto, trabajando de manera ordenada, eficaz y eficiente; creando además un stock de seguridad que cubrirá cualquier demanda no prevista en el pronóstico anual de la empresa y satisfacer las necesidades de los clientes.
- Se concluye que con el apoyo y compromiso de la alta dirección involucrando a todas las áreas administrativas y de producción se lograrán los objetivos propuestos luego de implementar las herramientas de manufactura esbelta en la empresa.
- Las capacitaciones y talleres de entrenamiento a los operadores en uso de las herramientas de mejora son importantes, debido a que se tendrá mayor éxito en la implementación de las herramientas de manufactura esbelta y también se desarrollarán las habilidades del personal.
- Es necesario iniciar la implementación de las herramientas de manufactura esbelta implementando primero las 5'S en toda la empresa. De esta manera todas las cosas estarán ordenadas y limpias y el personal se sentirá cómodo en sus puestos de trabajo aumentando su productividad.
- Se concluye que con la propuesta de implementar la herramienta Kanban en los procesos de curvado y ensamble incrementa la producción de parabrisas se incrementa de 201 a 312 parabrisas por día.
- Asimismo se concluye que con la propuesta de implementar la herramienta Kanban en las áreas de curvado y ensamble se reducen los tiempos de producción de 7.2 minutos a 4.6 minutos y de 8.0 minutos a 4.5 minutos respectivamente; con lo cual ambos procesos ya no serían cuellos de botella.
- Se concluye que con la propuesta de implementar la herramienta TPM en las áreas de corte – pulido y curvado se incrementa en 25% la efectividad global de cada equipo analizado. Asimismo mejoró los indicadores de disponibilidad, rendimiento y el índice de calidad de ambos equipos con lo cual se incrementa la productividad de cada área.
- Se determina que la inversión del proyecto es viable y luego del año 0 de inversión se obtienen ganancias de 904890 soles.

6.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda ofrecer incentivos por el cumplimiento de los objetivos de implementar las herramientas de manufactura esbelta a todos los involucrados. Esto es importante porque el personal estará motivado y comprometido con la aplicación de la metodología.
- Se recomienda contratar a un especialista para la implementación de herramientas de manufactura esbelta. Esta persona será el enlace entre la alta dirección y los operarios.

