



Universidad del Desarrollo
Facultad de Ingeniería

PROPUESTA DE UN MODELO DE MEJORA OPERACIONAL, BASADO EN LA FILOSOFÍA LEAN, PARA LA GESTIÓN DE OPERACIONES DE UNA PLANTA PRODUCTIVA DE MADERA ASERRADA. CASO DE ESTUDIO PLANTA HORCONES I, ASERRADEROS ARAUCO S.A.

POR: JONATHAN SALVADOR ULLOA RETAMAL

PROYECTO PRESENTADO A LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DEL DESARROLLO PARA OPTAR AL GRADO ACADÉMICO DE MAGÍSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS

PROFESOR GUÍA:

Sr. Sergio Landsberger Sepúlveda

Noviembre, 2014
Concepción, Chile



Universidad del Desarrollo
Facultad de Ingeniería

PROPUESTA DE UN MODELO DE MEJORA OPERACIONAL, BASADO EN LA FILOSOFÍA LEAN, PARA LA GESTIÓN DE OPERACIONES DE UNA PLANTA PRODUCTIVA DE MADERA ASERRADA. CASO DE ESTUDIO PLANTA HORCONES I, ASERRADEROS ARAUCO S.A.

POR: JONATHAN SALVADOR ULLOA RETAMAL

PROYECTO PRESENTADO A LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DEL DESARROLLO PARA OPTAR AL GRADO ACADÉMICO DE MAGÍSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS

PROFESOR GUÍA:

Sr. Sergio Landsberger Sepúlveda

Noviembre, 2014
Concepción, Chile

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a mi familia por su enorme apoyo al momento de decidir realizar mis estudios de Magister.

En particular a todo el equipo de Aserraderos Arauco Planta Horcones I que permitió realizar los estudios pertinentes para el desarrollo de éste trabajo.

Finalmente a todos aquellos que de alguna u otra manera aportaron para el desarrollo de este trabajo.

A todos ellos muchas gracias.

INDICE GENERAL

	Pág.
AGRADECIMIENTOS.....	3
RESUMEN	5
ABSTRACT	6
1 INTRODUCCIÓN	7
1.1 Definición del Problema.....	8
1.2 Objetivos del Estudio	8
1.3 Alcances del Estudio	9
1.4 Propuesta Metodológica y Mapa Conceptual.....	9
2 LEAN MANUFACTURING.....	12
2.1 Conceptos Lean Manufacturing	15
2.1.1 Mapeo de Valor.....	15
2.1.2 Kaizen	15
2.1.3 Metodología de las 5S.....	16
2.1.4 Trabajo Estándar	18
2.1.5 Control Visual.....	20
2.1.6 Metodología SMED	23
2.1.7 Mantenimiento Productivo Total (TPM)	25
3 DEFINICIÓN DE LA LÍNEA BASE DE ESTUDIO	30
3.1 Factor de Operación	30
3.1.1 Factor de Uso	30
3.1.2 Ritmo de Producción.....	31
3.2 Identificación del Estado Actual	31
4 CONSTRUCCIÓN DEL MAPA DE VALOR (VSM).....	39
4.1 Simbología para la construcción del VSM.....	39
4.2 Definiciones para la construcción del VSM.....	41
3.3 Medibles lean de cada proceso	43
3.3.1 Aserrío Primario	43

3.3.2	Aserrío Múltiple	44
3.3.3	Reaserrío.....	46
3.3.4	Canteo Optimizado.....	48
3.3.5	Clasificado	49
3.3.6	Empaque	51
3.4	VSM Resultante (Mapeo del estado actual y descripción general)	53
5	IDENTIFICACIÓN DE BRECHAS LEAN MANUFACTURING.....	58
5.1	Examen de Oportunidades.....	58
5.1.1	Aserrío Primario.....	58
5.1.2	Aserrío Múltiple	58
5.1.3	Reaserrío	59
5.1.4	Canteo Optimizado.....	59
5.1.5	Clasificado.....	60
5.1.6	Empaque.....	60
5.2	Selección de Oportunidades	60
5.2.1	Selección Oportunidades Proceso de Empaque	61
5.2.2	Selección de Oportunidades Proceso de Clasificado	62
5.2.3	Selección de Oportunidades del Proceso de Aserrío Múltiple.....	63
5.2.4	Selección de Oportunidades del Proceso de Aserrío Primario.....	64
5.2.5	Selección de Oportunidades en la Rotación del Inventario	64
6	PROPUESTA DEL MODELO DE MEJORA	66
6.1	Descripción del Modelo de Mejora	68
6.2	Acciones y Técnicas Lean a Implementar.....	68
6.2.1	Eventos Kaizen para la Aplicación de Mejoras	69
6.2.2	Implementación de Metodología 5S	71
6.2.3	Implementación de Trabajo Estándar.....	76
6.2.4	Implementación de Control Visual	77
6.2.5	Implementación de Cambios Rápidos (SMED).....	79
6.2.6	Implementación de Mantenimiento Productivo Total (TPM).....	82
6.3	Evaluación Económica	85
6.3.1	Análisis de Sensibilidad de la Evaluación Económica	87

7	CONCLUSIÓN	88
8	RECOMENDACIONES	90
9	ESTUDIOS FUTUROS	91
10	BIBLIOGRAFÍA	92
11	ANEXOS	94
	11.1 Anexo A: Eventos Kaizen	94
	11.2 Anexo B: 5S Orden y Limpieza	96
	11.3 Anexo C: Trabajo Estandarizado.....	97
	11.4 Anexo D: Mantenimiento Productivo Total	100
	11.5 Anexo E: Cajas de Proceso.....	101

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Mapa conceptual de desarrollo del estudio	10
Figura 2.1: Diagrama de la “Casa del TPS” (Liker, 2010)	13
Figura 2.2: Etapas del método 5S (<i>Fuente: The Toyota Way</i>)	18
Figura 3.1: Esquema del flujo del proceso de aserrío (Fuente: Elaboración propia)	32
Figura 3.2: Lectura de software de optimización y esquema de corte (Silva, 2011)	33
Figura 3.3: Diagrama de esquema de corte de aserrío múltiple (Silva, 2011)	34
Figura 3.4: Imagen de lector de marcas de clasificación (USNR, 2010)	35
Figura 3.5: Pantallas de software de optimización y clasificación (USNR, 2010)	35
Figura 3.6: Esquema de pieza de madera con canto muerto y optimización de corte	36
Figura 3.7: Esquema de escáner de optimización (Eriksson, 1996)	36
Figura 3.8: Esquema de corte para Resierras	37
Figura 4.1: VSM actual del proceso	54
Figura 4.2: Esquema para cálculo de OEE (Fuente: elaboración propia)	56
Figura 6.1: VSM futuro del proceso	67
Figura 6.2: Ejemplo de Orden (<i>Fuente: leanroots</i>)	74

RESUMEN

La industria maderera de Chile ha experimentado grandes cambios a lo largo de su historia, las operaciones industriales de este rubro han pasado de pequeñas empresas a lo que hoy conocemos con operaciones en grandes industrias, capaces de producir grandes volúmenes de madera aserrada. En cuanto a la forma de realizar las operaciones se ha limitado a lo común y masivo, o sea, a la producción en masa, al igual que la mayoría de las empresas productivas del país.

En este trabajo se presenta una propuesta de mejora continua de las operaciones de una aserradero bajo el modelo Lean Manufacturing, que si bien ya es una metodología o más bien una filosofía que posee más de medio siglo, en Chile aún no es conocida ni adoptada por la actividad productiva de bienes y servicios, debido principalmente al desconocimiento.

Lean Manufacturing fue la manera de hacer las cosas que revolucionó el sistema de fabricación de automóviles, desarrollada en Japón por Shigeo Shingo bajo el modelo TPS (Sistema de Producción Toyota), y permitió a Toyota convertirse en el fabricante más grande del mundo, mediante actividades comunes, que en la mayoría de las empresas a nivel mundial no se toman en cuenta, actividades que se centran en la eliminación de los desperdicios productivos que no agregan valor alguno al proceso de fabricación.

Los resultados de este trabajo plantean una propuesta de mejora basado en el mapeo de valor de la línea de aserrío primario, asociando herramientas de mejora para la eliminación de desperdicios detectados en pos de la eficiencia operacional.

ABSTRACT

The Chilean logging industry has passed through several changes throughout its history. The industrial operations in this sort of activities have changed from small companies to the large and modern industrial and commercial operations we know today, capable of producing great quantities of sawn timber. In relation with the way these operations are made, they have been limited to the most common and massive, this means, mass production in the same way that most productive companies in the country do.

This research presents a proposal of continuous improvement in the operations of a sawmill following the model of Lean Manufacturing, which is already considered a philosophy more than a methodology that is more than half a century old but still not fully employed in Chile by the main producers of goods and services, mainly due to lack of awareness.

Lean Manufacturing represented a revolutionary way of working in the car manufacturing industry, developed in Japan by Shigeo Shingo under the TPS model (Toyota Production System). It turned Toyota into the largest car manufacturing company in the world, mainly through simple activities that are not taken into account by most companies world wide. These activities are focused on the elimination of productive waste that means anything to the manufacturing process.

The results of this research suggest a proposal of improvement based on the primary logging line map, relating tools of improvement for the elimination of detected waste towards operational efficiency.

1 INTRODUCCIÓN

Con el inicio de la Revolución Industrial, la antigua producción artesanal (baja estandarización, altos costos y largos tiempos de entrega) es reemplazada por la producción en masa, sustentada en los estudios de Frederick Taylor con la Organización Científica del Trabajo y que luego Henry Ford evidenciara en su cadena de montaje de automóviles. Algunas cualidades del sistema de producción en masa son: la estandarización, menores costos unitarios, baja variedad de productos y grandes lotes de fabricación. Paradigma productivo que se mantuvo inalterable hasta el surgimiento del sistema Toyota, inspirado en medio de la crisis económica Japonesa, que los forzó a compatibilizar eficiencia operacional, con pequeños lotes de fabricación, inventarios bajos y tiempos de entrega cortos, sustentado gracias al genio de su creador **Shigeo Shingo**, quien hoy es considerado uno de los Ingenieros más sobresalientes de la historia.

El término occidental de Lean Manufacturing, es acuñado por primera vez en 1991 por los reconocidos autores J.P. Womack y D. Jones quienes han propagado las aplicaciones del modelo a diversas industrias tanto de Manufactura como de Servicios, por lo que es cada vez más frecuente reseñarlo como Lean Management.

1.1 Definición del Problema

El caso de estudio se desarrollará en la planta Horcones I de Aserraderos Arauco S.A. que es una Planta de aserrío con una producción de 380.000 m³ anuales de madera aserrada.

Al respecto, la Empresa ha definido como foco operacional fundamental, la mejora del indicador Factor de Operación (FO%) que se ha mantenido en 74% los últimos años (74% el año 2010, 73% el año 2011, 74% el año 2012 y 73% el año 2013), y que ha significado una pérdida de margen operacional para la compañía.

El departamento de Gestión de Procesos ha determinado que cada punto porcentual de Factor de Operación significa una pérdida de margen de \$170.000 USD y dado que la meta es lograr un factor de operación de 80% versus el 74% que se ha mantenido los últimos 4 años, la diferencia de 6 puntos porcentuales (80%-74%), genera una oportunidad de \$1.020.000 USD ($\170.000×6).

Dicho indicador que se utiliza para medir la gestión Operacional de la Planta y del cual se desprende el volumen producido, no se ha podido mejorar mediante los enfoques tradicionales de manufactura empleados y por lo mismo es que se propone diseñar un modelo de mejoramiento operacional basado en la Filosofía Lean.

1.2 Objetivos del Estudio

El objetivo general del presente estudio, consiste en la propuesta de un modelo de mejora operacional basado en la filosofía Lean Manufacturing, para la gestión de una línea productiva de madera aserrada.

Adicionalmente al objetivo general del estudio, los objetivos específicos son los siguientes:

- i. Modelar el flujo de valor del sistema productivo en estudio.

- ii. Determinar indicadores lean para los procesos e identificar sus desperdicios.
- iii. Identificar oportunidades de mejora y seleccionar las de mayor potencial.
- iv. Describir las técnicas lean a utilizar y las acciones asociadas a ellas.
- v. Evaluación económica de una potencial implementación.

1.3 Alcances del Estudio

El presente estudio fue realizado en una línea de aserrío primario, de la planta Horcones I, perteneciente a Aserraderos Arauco S.A., cubriendo los aspectos relacionados con la gestión de operaciones de la misma y estará supeditada a los lineamientos de la compañía tanto en lo que respecta a la información que podrá ser suministrada (en algunos casos tendrá carácter reservado y no podrá ser suministrada sin el consentimiento de la compañía), como a la decisión de implementación.

El modelo de mejora propuesto no considera la presentación de un plan de implementación, no obstante se propondrá una evaluación económica para éste, siendo la gerencia de la compañía, quien evaluará posteriormente la decisión de implementación y la determinación de los recursos necesarios para su logro.

1.4 Propuesta Metodológica y Mapa Conceptual

El siguiente cuadro presenta en forma esquemática las etapas a seguir y las salidas de cada una de ellas, las que a su vez sirven como entrada para cada etapa siguiente:

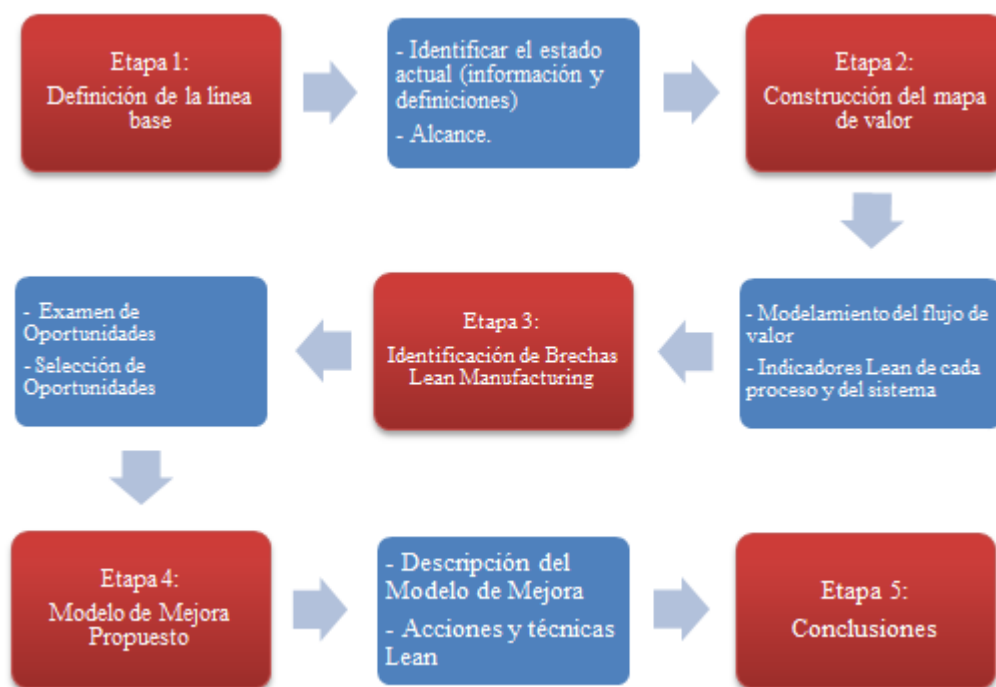


Figura 1.1: Mapa conceptual de desarrollo del estudio

Etapa 1 Definición de la línea base: en esta etapa se identificará el estado actual del sistema productivo, sus resultados e indicadores clave, como así también las definiciones y alcances que sean relevantes para su comprensión estándar.

Para conseguir lo anterior, se utilizará información histórica de la Empresa.

El propósito es dejar establecido de manera cuantitativa, cuál será el punto de origen (antes de la implementación del modelo de mejora propuesto) que permita posteriormente medir de manera clara y objetiva, la evolución y mejora lograda respecto a este punto de origen.

Etapa 2 Construcción del mapa de valor: en esta etapa se modelará el flujo de valor del sistema productivo en estudio, para lo cual se utilizará la técnica Lean

denominada “Value Stream Map” con la cual se obtendrán indicadores Lean para cada uno de los procesos, como así también del sistema productivo total.

Para conseguir lo anterior, se utilizará tanto información histórica de la empresa como mediciones in-situ que pudieran ser necesarias.

El propósito de esta etapa es comprender el flujo de valor actual e identificar desperdicios Lean, proponer nuevos indicadores que permitan abordar de mejor forma el problema de pérdida económica original, para medir la gestión Operacional.

Etapa 3 Identificación de brechas lean manufacturing: en esta etapa se examinarán las oportunidades de mejora que se desprenden de las etapas anteriores, para posteriormente seleccionar aquellas con mayor potencial.

Etapa 4 Modelo de mejora propuesto: en esta etapa se describirá el modelo de Mejora Propuesto (Value Stream Map Futuro), el cual incluirá tanto las técnicas Lean a utilizar, como las acciones asociadas a cada una de ellas y la evaluación económica propuesta, en bien del logro de las brechas seleccionadas en la etapa anterior.

Etapa 5 Conclusiones: en esta etapa final se discutirán aquellos aspectos que surjan como relevantes para el éxito del modelo de mejora propuesto; se realizarán además indicaciones y recomendaciones con una perspectiva de mediano-largo plazo y en general se presentarán las conclusiones del estudio.

2 LEAN MANUFACTURING

Lean Manufacturing (Manufactura Esbelta o Ágil), es un modelo de excelencia operacional que debe su origen al Sistema de Producción Toyota (TPS). La terminología Lean Manufacturing fue acuñada por primera vez en la década del 90 por los autores J. Womack y D. Jones (Liker, 2010), los cuales lo señalan como el sistema más poderoso para crear valor, eliminando el desperdicio y aportar a la competitividad de una compañía; característica que explica su explosivo desarrollo y aplicación en industrias como: automovilística, aeroespacial, alimentación, construcción, metalmecánica, de servicios, tecnología, entre muchas otras.

La esencia de la filosofía lean busca la optimización a lo largo del flujo de valor mediante la eliminación de los desperdicios, y dónde se incorpora la calidad en cada una de las etapas de fabricación y de esta forma hacer un negocio más productivo y competitivo eliminando todas aquellas actividades que no añaden valor en los procesos (sobreproducción, esperas, inventarios, movimientos, defectos, transportes, re-trabajos y se incluye la sub-utilización de la capacidad de los empleados) (Liker, 2010). Según el autor, el éxito de ésta filosofía tiene su fundamento en la habilidad que Toyota tiene para desarrollar aspectos como: liderazgo, cultura, equipos, idear estrategias, relaciones con proveedores y mantener en esencia una organización en continuo aprendizaje.

Lo anterior queda reflejado en el esquema “La casa de Lean Manufacturing”, en la cual se distinguen conceptualmente, las siguientes partes:

- El techo muestra los objetivos superiores de Lean: la mejor calidad, costo, entrega, seguridad y motivación de los empleados.
- Pilar izquierdo JIT (Just in Time): tiene por objetivo el logro de un flujo continuo sin interrupciones, cuyo pulso es el ritmo takt al que demandan los clientes. Dicho flujo se origina gracias al “tiraje o Pull” que ocurre al momento en que un producto terminado es requerido por el cliente.

- Pilar Derecho JIDOKA: es el pilar que representa a la Calidad. Lo que propone el concepto de Jidoka es otorgar autoridad al personal para detener un proceso cuando detecta un problema de calidad evitando con esto que pasen productos defectuosos a un proceso posterior, asegurando la calidad en el origen.
- En el centro está el KAIZEN: La mejora continua incremental vía eventos de mejora y la consecuente eliminación sistemática del desperdicio o MUDA, en japonés (Muda son todas aquellas actividades que no agregan valor pero que si generan costos y tiempo).
- En la base para soportarlo todo, se encuentra la Gestión Visual, la necesaria Estandarización (la mejor forma conocida de realizar un trabajo de manera segura y eficiente) y la Estabilidad (nivelación de la producción).

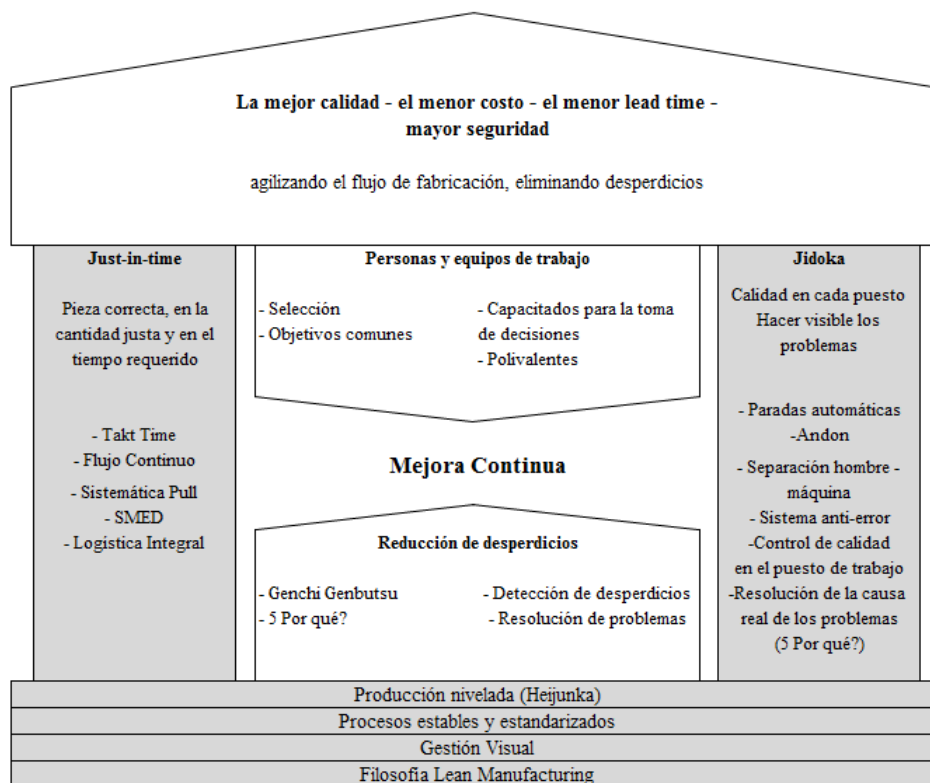


Figura 2.1: Diagrama de la “Casa del TPS” (Liker, 2010)

Hoy en los mercados cada vez más competitivos la filosofía lean comienza a tomar mayor importancia debido a los resultados que han tenido compañías al aplicar la filosofía a lo largo de sus cadenas de valor, y de esta forma agregar valor mediante conceptos como TQM, JIT, gestión en los procesos de diseño, gestión de la cadena de fabricación, entre otros (Soriano-Meier H., 2002). Lean Manufacturing se ha convertido en la forma más exitosa para la eliminación sistemática de aquellas actividades que no agregan valor (Pirraglia A., 2009), esto queda demostrado al analizar el éxito de industrias dedicadas al rubro automotriz, aeroespacial, tecnología, productos farmacéuticos, entre muchas otras. Este primer paso permite a las compañías ser mucho más competitivas y esto les otorga la oportunidad de realizar una transformación radical a sus negocios tomando decisiones que les permitan finalmente convertirse en compañías de Clase Mundial (Pirraglia A., 2009).

Al analizar la industria forestal – maderera a nivel mundial es muy difícil encontrar compañías que hayan tenido una visión a largo plazo para plantearse la idea de adoptar la filosofía lean para aumentar su competitividad. Algunos ejemplos de industrias madereras que han tenido éxito en la implementación de Lean Manufacturing en sus procesos es Merillat Industries Door and Panel Plant en Atkins, Virginia (Ray, 2006), la cual alcanzó resultados en el tiempo de entrega con indicadores de 99,7%, reducción del tiempo de ciclo pasando de más de 5 días a tan solo 17 horas, reducción de los stock en proceso en más de 80%, y una reducción de costo total que alcanzó al 7,1%, lo que le valió recibir el premio Shingo 2003. Otras empresas del rubro que también obtuvieron este importante premio fueron: Hon Company, en dos oportunidades (2003 y 2007) y Steelcase Inc. (2006), (Pirraglia A., 2009). Esto refuerza la opción que posee cualquier compañía en adoptar la filosofía lean como punto de partida para transformar totalmente su forma de operar y ser realmente competitivo.

2.1 Conceptos Lean Manufacturing

2.1.1 Mapeo de Valor

También conocido como Value Stream Map (VSM) es una herramienta de diagnóstico que consiste en una representación gráfica de los elementos de producción e información que permite conocer y documentar el estado actual y futuro de un proceso; es la base para el análisis del valor que se aporta al producto o servicio, y permite conocer las restricciones reales de un proceso, identificando donde está el valor y donde el desperdicio (Liker, 2010). El flujo de valor dice relación con el conjunto de procesos necesarios para transformar las materias primas e insumos en bienes y servicios que los clientes valoran (Jones & Womack, 2003).

2.1.2 Kaizen

Masaaki Imai señala el concepto Kaizen como “La Clave de la Ventaja Competitiva Japonesa”, dando a entender que Kaizen es el mejoramiento continuo y progresivo con el involucramiento de todos en una organización (alta administración, gerentes y trabajadores). La gran diferencia entre las organizaciones de occidente y las japonesas radica en la existencia desde siempre en su cultura del concepto kaizen, lo cual les permitía, a los japoneses, la búsqueda constante en mejorar (Imai, 1986).

De esta forma kaizen se convierte en una forma radical de hacer mejoras en todos los niveles de una organización. La gran utilidad de éste concepto se basa en su aplicación de forma gradual y ordenada con la finalidad de detectar continuamente oportunidades de mejora (Imai, 1986).

Algunos beneficios de aplicar Kaizen en procesos productivos, por ejemplo, son:

- ✓ Mejoras de forma rápida en el cometido de procesos específicos.
- ✓ Reducción de tiempos en cambios de productos.
- ✓ Mejoramiento en el desempeño de las máquinas.

- ✓ Mejorar el orden y la limpieza de las estaciones de trabajo.
- ✓ Mejorar la comunicación entre los colaboradores de la organización.
- ✓ Aumentar la capacidad de producción.
- ✓ Mejoran las condiciones de trabajo en cuanto a seguridad y ergonomía.

2.1.3 Metodología de las 5S

Una de las herramientas de mayor importancia para la mejora continua es el método 5S Housekeeping, el cual es un proceso que incluye un conjunto de técnicas que se utilizan para mantener la limpieza y la organización de un lugar de trabajo (Levinson, 2002).

El método de las 5S representa uno de los fundamentos para la implementación de cualquier tipo de mejora (Abdullah, 2003), por lo que un buen evento de mejora se inicia con las 5S. Las 5S se basan en la disciplina en el lugar de trabajo para mantener el orden y limpieza de éste, mediante la estandarización en los hábitos, justamente en orden y limpieza. La implementación de este método se logra mediante una evolución dividida en cinco etapas, las cuales cada una por sí sola es el fundamento de la siguiente, con tal de mantener el estándar en el largo plazo.

Una implementación exitosa del método de las 5S, permitirá a una organización medir si se está preparado para afrontar algún otro sistema de mejoramiento, por lo que este método solo demandará disciplina y autocontrol, ya que no requiere mayor inversión. El éxito en el desarrollo del método será la base para la implementación de las demás herramientas de mejora que se quieran implementar en un ambiente productivo o de servicios.

La implementación del método 5S se fundamenta mediante el desarrollo de cinco etapas, las cuales deben seguirse una a una, estas se definen de la siguiente manera:

Seiri (Seleccionar), se refiere a la clasificación de los elementos presentes en el lugar de trabajo y la eliminación de los elementos innecesarios (Feld, 2000).

Significa seleccionar los elementos que se necesitan para trabajar de forma de mantener el flujo de los materiales, el correcto uso del espacio y la organización, de tal manera de asegurar una correcta actividad de quienes trabajen en un área determinada.

Seiton (Organizar), consiste principalmente en la organización de toda el área de trabajo (Feld, 2000). Una buena práctica para el desarrollo de esta etapa es identificar todos los artículos y equipos, organizados mediante un lugar específico para cada cosa, lo que resulta en una forma más rápida y ágil para reconocer y encontrar los elementos adecuados en menor tiempo.

Seiso (Limpieza), es la limpieza de todo el lugar de trabajo y al mantenimiento del mismo durante el tiempo (Feld, 2000). Todo debe limpiarse y ordenarse al final de cada actividad.

Seiketsu (Estandarizar), esta etapa busca las estrategias de gestión para la instauración de las actividades normadas (Feld, 2000). La administración debe establecer políticas y procedimientos claros para mantener el Orden, Limpieza y Organización de las actividades.

Shitsuke (Seguimiento), es la estrategia y liderazgo para la implementación del concepto de limpieza, lo cual involucra la formación, la comunicación y la motivación de las prácticas fundamentales que garanticen que todos sigan las normas establecidas bajo el método de las 5S (Feld, 2000).

El método de las 5S no promueve ni necesita adicionar personal a un proceso, pero requiere que los trabajadores existentes en cada área deben llevar a cabo las tareas y hacer de la práctica de 5S un hábito (Abdullah, 2003).

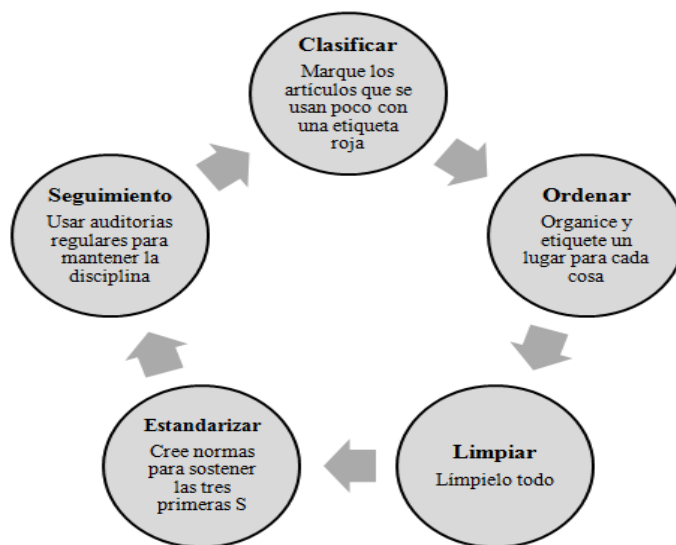


Figura 2.2: Etapas del método 5S (Fuente: *The Toyota Way*)

2.1.4 Trabajo Estándar

Uno de los fundamentos de Lean Manufacturing es la Estandarización. Los estándares se pueden definir como la mejor forma conocida de realizar alguna labor, o sea, aquella forma que asegura calidad, seguridad, eficiencia o cualquier otro parámetro que sea factible de medir. No podrá haber mejoramiento donde no haya estándares (Imai, 1986). El trabajo estándar, si bien busca estandarizar las operaciones de los trabajadores, ésta no deberá ser para todas las actividades que los operadores realizan, sino que aquellas que realmente generan valor para el proceso. Los estándares definidos deben ser obligatorios para todos y se deberá velar por el cumplimiento de estos estándares, esto es disciplina (Imai, 1986).

La generación de estándares deberá ser diseñado por un equipo integrado por operadores, mantenedores e ingenieros, con el fin de asegurar el entendimiento y no burocratizar coactivamente, lo que haría un sistema demasiado rígido, con lo cual se busca que la estructura organizacional sea de carácter burócrata facilitadora (Liker, 2010). Esto significa tener empleados autónomos, reglas y procedimientos que sean herramientas facilitadoras y jerarquías que apoyan el aprendizaje organizativo.

En el diseño de los estándares deberán tenerse presente los siguientes conceptos:

1. Los estándares deberán ser suficientemente específicos como para ser guías útiles, pero lo suficientemente generales como para permitir cierta flexibilidad (Liker, 2010).
2. Los operadores serán los encargados del mejoramiento de los estándares.

En la filosofía Lean Manufacturing, el Trabajo Estándar está compuesto por tres elementos y se puede entender sólo con observar el trabajo que realizan los operadores. Estos tres elementos son:

- ✓ El Takt Time (rapidez con que el cliente demanda el producto).
- ✓ La secuencia estándar de las operaciones.
- ✓ El inventario estándar en proceso.

Algunas ventajas de aplicar Trabajo Estándar son:

- ✓ Asegurar que las acciones de los operadores sean repetibles.
- ✓ Apoya el control visual con lo que es más fácil detectar anomalías.
- ✓ Es una herramienta que facilita las acciones de mejora.
- ✓ Asegura operaciones seguras y efectivas.
- ✓ Mejora la productividad.
- ✓ Ayuda a balancear los tiempos de ciclo de las operaciones de acuerdo con el ciclo del takt time.
- ✓ El aprendizaje de los operadores es más rápido.

Algunas herramientas necesarias para la estandarización de los procesos serán:

- a. **Hoja de medición de tiempos:** en esta hoja se identifica el momento en que se inicia una parte del trabajo, así como también el momento en que se termina. Se mide cada elemento de la operación en estudio,

estableciéndose el tiempo estándar para cada una de las operaciones del proceso. Además se registran los tiempos de ciclo de cada operación, lo cual se realiza tomando nota del número de la operación en el proceso, el nombre de la operación y en qué punto de la operación se hace la medición para así completar los ciclos.

- b. Hoja de capacidad de operación:** en esta hoja se describe la capacidad de operación en cada etapa del proceso, considerando el tiempo estándar de cada fase. Por otra parte, se indica el tiempo de cambio de producto en cada secuencia de operación. La suma de estos tiempos es la capacidad de producción de cada operación; para este caso se expresa en unidades de tiempo divididas por unidades de producción.
- c. Tabla de operaciones estandarizadas:** esta tabla permite observar gráficamente la secuencia de producción; por otra parte permite detectar aquellas actividades que se pueden combinar optimizando el tiempo de operación.
- d. Hoja de trabajo estándar e instrucciones de operación:** en esta hoja se detallan los pasos a seguir por los operadores para realizar su trabajo, estableciendo las prioridades y acortando al máximo movimientos, con tal de optimizar todas las actividades que realizan. Estas instrucciones y estándares deben ser generados con aportes de todo el equipo de tal manera de manejar información que sea fácil de entender y aplicar.

2.1.5 Control Visual

El control visual es la visibilidad global de todas las herramientas, piezas, actividades de producción e indicadores de rendimiento del sistema de producción, de modo que cada participante de un equipo pueda informarse con un vistazo la situación del proceso (Jones & Womack, 2003). El control visual es cualquier

dispositivo de comunicación en el ambiente de trabajo que por medio de la observación directa nos permite saber cómo debe realizarse un trabajo y si existe una desviación con respecto al estándar (Liker, 2010). El control visual permite a todos los trabajadores observar cómo están realizando su trabajo, los procedimientos estándar de operación, los niveles de producción y cualquier otro tipo de información necesaria para el correcto flujo de las actividades del trabajo. El control visual en el sentido más amplio, se refiere al diseño de la información, de todo tipo, justo a tiempo para así asegurar la ejecución rápida y apropiada de las operaciones y procesos (Liker, 2010).

Dentro del control visual, Lean provee varias herramientas que permiten detectar las desviaciones con respecto a un estándar, y de esta forma facilitar el flujo en la producción. Algunos ejemplos de control visual son: kanban, célula de flujo de una pieza, andon y el trabajo estándar.

Algunos beneficios que trae la implementación de control visual son:

- ✓ Mejoras en la calidad.
- ✓ Reducir costos de producción.
- ✓ Mejora los tiempos de respuesta ante los pedidos de clientes.
- ✓ Aumenta la seguridad en las operaciones productivas.
- ✓ Mejora la comunicación entre las secciones de una compañía.
- ✓ Detectar rápidamente los problemas.

Dentro de los tipos de control visual más comunes están las alarmas sonoras, señales luminosas, kanban, tableros de información operativa, checklist de verificación y marcas visuales (pisos, talleres, paredes, entre otras.).

- 1. Alarmas:** estas son usadas para generar una señal sonora durante una situación de urgencia presente en la operación, con el fin de dar aviso a los involucrados ante alguna necesidad específica que vaya en beneficio de la continuidad del flujo productivo. Para esto pueden usarse diferentes sonidos según sea la aplicación o necesidad.

2. Señales Luminosas: generalmente las señales luminosas se utilizan para dar a conocer el estado de los equipos o áreas de trabajo. Estas señales son mediante luces de colores, en la cual se asignan significados a los distintos colores. Estas señales por lo general se utilizan cuando se desea resaltar visualmente alguna condición de operación con lo cual llamar la atención de el responsable del proceso con el fin de que este tome alguna decisión. Generalmente se utilizan colores estándar y cada uno posee un significado particular:

Azul: Problemas en el abastecimiento de materias primas para comenzar un proceso, o la falta de materiales para continuar con el flujo.

Verde: Líneas de producción operando con flujo continuo.

Amarillo: Líneas de producción detenida por problemas de mantenimiento o en procesos de cambios.

Rojo: Líneas detenidas por problemas de calidad o accidentes.

3. Tableros de Información: los tableros permiten mantener un seguimiento continuo para los planes de producción. En este tipo de control visual es factible programar el ritmo de producción, el cual debiese ser siempre el ritmo con la cual el cliente demanda el producto, lo que antes se definió como el tiempo takt, los niveles de producción total, rendimientos, o cualquier tipo de información que permita medir el desempeño del proceso operativo.

4. Checklist: las listas de verificación son una herramienta informativa con el fin de reducir la probabilidad de que exista un error en la operación, haciendo el ejercicio de revisión, verificación, comprobación, análisis, etc. de los límites o requerimientos necesarios para el correcto desempeño de las operaciones.

5. Marcas Visuales: las marcas visuales permiten estandarizar parte de las operaciones y visualmente entregar una señal para mantener el estándar. Generalmente se utilizan colores estándar para señalar distintas condiciones.

Verde:	Indicación de producción en buenas condiciones.
Amarillos:	Delimitación de zonas de tránsito.
Azul:	Acopios de materias primas y productos en proceso.
Rojo:	Producción que no cumple normas de calidad.
Rojo y Blanco:	Delimitación de áreas de seguridad.
Negro y Blanco:	Delimitación de áreas de mantenimiento.
Negro y Amarillo:	Delimitación de áreas de precaución.

2.1.6 Metodología SMED

SMED es una metodología desarrollada por Shigeo Shingo en 1985, con la finalidad de reducir y simplificar el tiempo de configuración durante un cambio de producción (Carrizo y Campos, 2011). Esta metodología permite a los procesos responder ante las fluctuaciones de las demandas, reduciendo los desperdicios provocados durante los cambios de productos.

El punto de partida para una implementación SMED es la estandarización de las actividades de los operadores a cargo de los equipos, con el fin que cada uno de ellos siga los procedimientos establecidos al momento de realizar los cambios y así asegurar no desperdiciar tiempos en actividades que no agregan valor.

Los principales beneficios de la implementación de SMED, pueden clasificarse como directos: reducción de los tiempos de set-up, reducción de los tiempos de ajustes, menos errores durante los cambios de productos, mejora de la calidad de los productos y aumento de la seguridad; beneficios indirectos: reducción

de inventarios, aumento de la flexibilidad de producción y solo herramientas necesarias (Shingo, 1985).

SMED se separa en tres etapas:

- 1. Separación de actividades de set-up internas y externas:** lo mas importante en la implementación de SMED es distinguir las actividades de configuración de un equipo entre las que son actividades internas y aquellas que son externas (Shingo, 1985). Esto guarda relación con que las actividades se puedan realizar mientras el equipo está en régimen de producción y no cuando el equipo se ha detenido para realizar algún cambio de producto (lo que habitualmente sucede). Si esta etapa se logra con éxito el tiempo de cambio de producto es posible reducirlo entre un 30% - 50% del tiempo utilizado normalmente para realizar los cambios de productos (Shingo, 1985).
- 2. Convertir actividades de set-up internas en externas:** la segunda etapa de SMED consiste en examinar nuevamente el proceso y revisar si existe algún error en la definición de las actividades de set-up interna y si es así buscar la manera de convertir estas actividades internas en externas. Un ejemplo de esto es la selección de las herramientas que se deben cambiar al momento de cambio de productos; esta selección debe realizarse antes de que la máquina se detenga y no mientras esté detenida. Esta etapa exige que todos los involucrados adopten una perspectiva diferente a lo que habitualmente se hace (Shingo, 1985).
- 3. Organización de las operaciones al momento de los set-up:** esta etapa consiste en organizar el trabajo al momento de realizar los cambios de productos con el fin de agilizar al máximo las actividades, especialmente aquellas clasificadas como internas.

Una manera de llevar a cabo estas etapas en los procesos es el seguimiento de estas actividades:

1. Observar y medir el tiempo total del cambio de producto.
2. Separar las actividades internas de las externas.
3. Convertir las actividades de set-up internas en externas y aquellas externas sacarlas de las actividades de set-up.
4. Estandarizar piezas y herramientas.
5. Eliminar los desperdicios de las actividades internas.
6. Eliminar los desperdicios de las actividades externas.
7. Estandarizar y mantener los procedimientos implementados.

Para una implementación exitosa de la metodología SMED, es necesario el compromiso de todas las partes involucradas en el proceso productivo (Shingo, 1985), entendiendo que es factible eliminar actividades que generan desperdicios y que se produce una mayor eficiencia de los procesos, optimizando aquellas actividades que agregan valor.

2.1.7 Mantenimiento Productivo Total (TPM)

El Mantenimiento Productivo Total o TPM nació en Estados Unidos en empresas de manufactura que aplicaban prácticas con el fin de prevenir fallas que causarían detenciones inoportunas o mantenciones no programadas en sus equipos. Después de la Segunda Guerra Mundial, mientras Japón se levantaba, gerentes e ingenieros japoneses visitaron fábricas estadounidenses que habían desarrollado ésta metodología para luego volver a Japón e implementar TPM en las fábricas japonesas.

El objetivo general del TPM es el aumento sustancial de la productividad del trabajo, mediante la reducción de las paradas de producción y de los tiempos muertos, involucrando a todo el personal y no tan sólo a mantenimiento (Kwon & Lee, 2004).

Los objetivos específicos de la implementación de TPM son:

- ✓ **Mejora de la calidad**, las máquinas precisas producirán con menos variación en los productos y por consiguiente mejorará la calidad.
- ✓ **Mejora en la productividad** al aumentar la disponibilidad de los equipos.
- ✓ **Mejora en el servicio a los clientes**, los equipos y maquinas son más confiables y estarán disponibles cuando se necesite.
- ✓ **Continuidad en las operaciones.**
- ✓ **Involucra a operadores** en el cuidado y mantenimiento de sus equipos y máquinas.
- ✓ **Reduce costos** por mantenimiento correctivo de manera significativa.
- ✓ **Reduce defectos y productos de rechazo** que se generan por equipos y máquinas en mal estado.
- ✓ **Reduce costos de operación.**

Para una correcta implementación de esta técnica deben incluirse los pilares fundamentales del TPM, los cuales son:

1. Mejoras enfocadas (kobetsu kaizen).
2. Mantenimiento autónomo.
3. Mantenimiento planificado.
4. Mantenimiento de calidad.
5. Capacitación.
6. Seguridad.

En los procesos productivos es factible detectar limitaciones en los equipos que afectan el resultado de las operaciones, las cuales se identificaran como:

1. Tiempos muertos por detenciones no programadas.
2. Tiempos muertos por cambios de programas de producción.
3. Detenciones menores.
4. Reducción de ritmo de producción.
5. Defectos en el proceso.

6. Tiempos muertos por ajustes durante cambios de programas de producción.

En la implementación del TPM, es necesario conocer la Eficiencia General de los Equipos (OEE), ésta medición permitirá conocer la capacidad real del proceso para producir sin defectos y a una máxima eficiencia.

Para el cálculo del OEE será necesario el uso de las siguientes expresiones:

$$\mathbf{Tiempo\ total} = \mathbf{tiempo\ disponible} + \mathbf{tiempo\ planeado}$$

$$\mathbf{Tiempo\ disponible} = \mathbf{tiempo\ total} - \mathbf{tiempo\ planeado}$$

$$\mathbf{Tiempo\ operativo} = \mathbf{tiempo\ total} - \mathbf{tiempo\ planeado} - \mathbf{tiempo\ cambio\ de\ producto}$$

$$\mathbf{Tiempo\ muerto} = \mathbf{tiempo\ de\ falla} + \mathbf{tiempo\ de\ cambio\ de\ producto}$$

$$\mathbf{Disponibilidad} = \frac{(\mathbf{tiempo\ disponible} - \mathbf{tiempo\ muerto})}{\mathbf{tiempo\ disponible}}$$

$$\mathbf{Eficiencia} = \frac{\mathbf{producción\ total}}{(\mathbf{tiempo\ operativo} \times \mathbf{capacidad})}$$

$$\mathbf{Calidad} = \frac{(\mathbf{producción\ total} - \mathbf{defectos\ y\ reprocesos})}{\mathbf{producción\ total}}$$

$$\mathbf{OEE} = \mathbf{disponibilidad} \times \mathbf{eficiencia} \times \mathbf{calidad}$$

Otros indicadores de utilidad son:

Tiempo medio entre fallas (MTBF): esto indica el periodo aproximado que una maquina funciona sin fallas.

$$MTBF = \frac{\sum \text{tiempo de fallas}}{n^{\circ} \text{ de fallas observadas}}$$

Tiempo medio entre reparaciones (MTTR): este número indica el tiempo estimado que un equipo estará detenido mientras es reparado.

$$MTTR = \frac{\sum \text{tiempo de reparación}}{n^{\circ} \text{ de reparaciones realizadas}}$$

El mantenimiento productivo total está compuesto por tres formas de mantenimiento: Mantenimiento Preventivo, Mantenimiento Correctivo y Prevención de Mantenimiento (Abdullah, 2003).

El Mantenimiento Preventivo serán todas aquellas mantenciones que se realizarán en los equipos de manera programada y regular. Los encargados de la mantención de los equipos deben actuar de forma regular con el fin de detectar cualquier anomalía y poder abordarla antes que se produzca un daño mayor. Al realizar este tipo de mantención las fallas repentinas en los equipos se evitan, con ello se consigue un mejor desempeño de cada equipo (Feld, 2000).

El Mantenimiento Correctivo guarda relación con la toma de decisiones al respecto de cuando cambiar elementos que presentan fallas en los equipos e impiden que el desempeño de éste sea el adecuado, por lo tanto este tipo de mantención

representa un costo mayor al momento de tomar la decisión de cambiar partes de equipos para asegurar su correcto funcionamiento (Abdullah, 2003).

La Prevención de Mantenimiento guarda relación con el concepto de poseer los equipos correctos o más adecuados a las necesidades. Si una máquina es muy compleja para su mantención, los mantenedores u operadores serán reacios a realizar las mantenciones de manera regular, lo que repercutirá en un alza en los costos de mantención y una pérdida del flujo productivo (Abdullah, 2003). Este concepto de mantención permite un análisis profundo al momento de tomar la decisión de realizar algún cambio de equipo o tecnología y con esto evitar errores que afecten al proceso. Siempre se debe utilizar tecnología fiable y absolutamente probada que entregue servicio al personal y al proceso (Liker, 2010).

3 DEFINICIÓN DE LA LÍNEA BASE DE ESTUDIO

3.1 Factor de Operación

Este es el indicador utilizado actualmente en el proceso de aserrío, el cual la compañía ha adoptado como indicador base para medir el desempeño productivo.

El Factor de Operación (FO) mide lo que el proceso es capaz de producir en base al tiempo disponible para producir y la capacidad de los equipos disponibles para conseguir una producción deseada, con lo cual se determina un potencial de producción. El Factor de Operación depende de dos factores independiente entre sí, que son el Factor de Uso y el Ritmo de Producción; es por esto que para obtener este indicador es necesario saber el tiempo disponible de operación y el ritmo con el cual se produce.

3.1.1 Factor de Uso

El Factor de Uso (FU), mide la disponibilidad del proceso para producir, o sea, el tiempo que realmente se mantiene ocupado el recurso productivo en un lapso de tiempo total disponible. En un proceso sin fallas el FU debe tender a ser de un 100%, dado que en el proceso existen fallas de mantención, fallas de calidad, entre otros desperdicios; este indicador se ve disminuido, con lo cual la eficiencia del proceso es afectado. El cálculo del FU se enuncia mediante la siguiente expresión.

$$FU = \frac{TD - TM}{TD} \times 100\%$$

Dónde:

TD: Tiempo total disponible para producir (minutos).

TM: Tiempo muerto o sin producción por fallas o desperdicios (minutos).

3.1.2 Ritmo de Producción

El Ritmo, representa la velocidad potencial con la cual es posible producir dada las limitantes de los equipos que componen la línea de producción. En este caso para que un proceso sea totalmente eficiente es necesario que este indicador sea lo más alto posible; esto quiere decir que los equipos estando en condiciones óptimas, es necesario llevarlos a su máxima performance. Esto es válido para cualquier proceso productivo, tomando en cuenta por ejemplo, cantidad de piezas reales producidas versus las piezas potenciales a producir, productividad real versus productividad potencial, etc. Este indicador está referido por la siguiente expresión.

$$Ritmo = \frac{Velocidad\ real}{Velocidad\ Potencial} \times 100\%$$

Finalmente estos dos indicadores dan forma al indicador global del FO, mediante la siguiente expresión.

$$FO = FU \times Ritmo$$

3.2 Identificación del Estado Actual

Tal como se ha indicado, el Factor de Operación (FO) se ha mantenido en torno a 74% los últimos 4 años (74% el año 2010, 73% el año 2011, 74% el año 2012 y 74% el año 2013), lo cual ha significado una pérdida de margen operacional. El flujo del proceso productivo se describe a continuación:

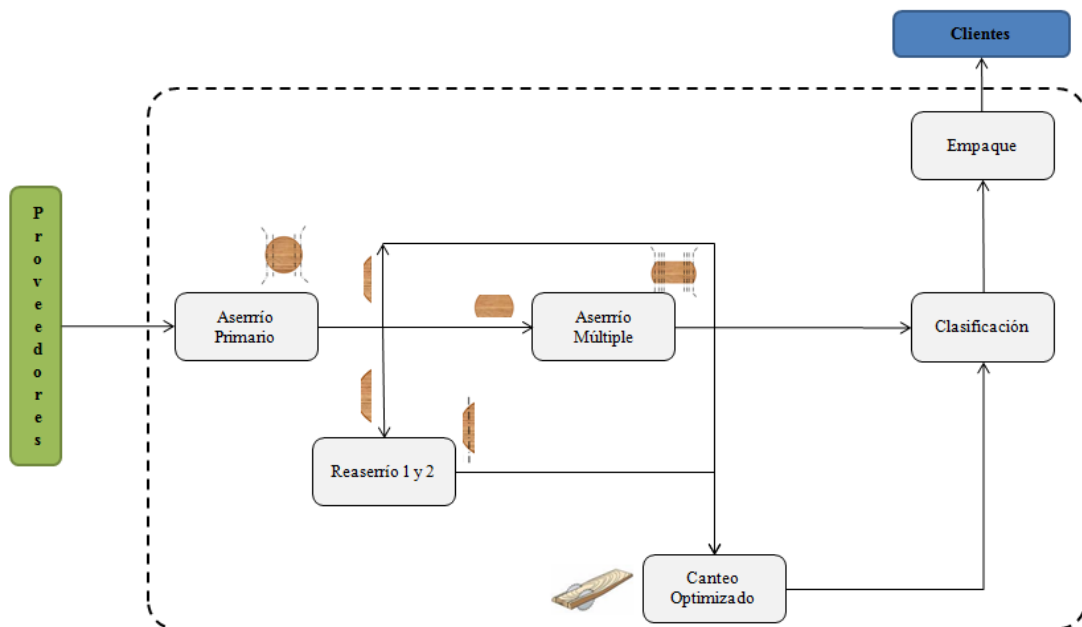


Figura 3.1: Esquema del flujo del proceso de aserrío (Fuente: Elaboración propia)

- i. **Aserrío Primario:** esta es la primera estación de trabajo del proceso, es el equipo donde se define el corte inicial de un trozo. En este equipo se precisa la orientación óptima para un mayor aprovechamiento volumétrico de la materia prima, dicha orientación se logra con la información recopilada por un software, el cual realiza un escaneo óptico al trozo y en base a esta información los elementos mecánicos del equipo posicionan el trozo para lograr el mayor aprovechamiento. El equipo de aserrío primario está compuesto por transportadores de posicionamiento de trozos, un Chipper Canter, equipo que tiene por función realizar el destape de los rollizos, y una maquina Huincha Twin, la cual está compuesta por 4 volantes en los cuales se instalan dos sierras huincha las que tienen por función cortar las dos primeras piezas de madera del trozo. Dependiendo de los diámetros a procesar el equipo posee una capacidad nominal promedio de $230 \text{ m}^3/\text{h}$, cuenta con la operación de una persona por turno, la cual se encarga de que el proceso se mantenga en operación

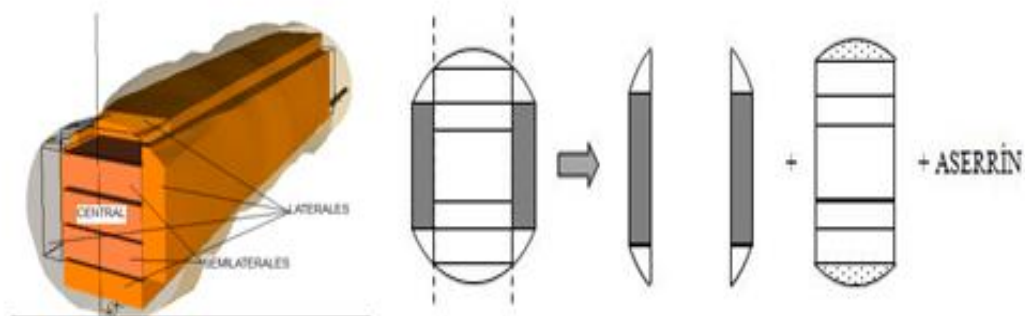


Figura 3.2: Lectura de software de optimización y esquema de corte (Silva, 2011)

- ii. **Aserrío Múltiple:** esta unidad de trabajo es la segunda en la línea principal y tiene por función dar formato al producto terminado, generando las materias primas para otros procesos. Entrega el formato a la madera, transformando el rollizo en tablas mediante el uso de sierras circulares. Este equipo posee un segundo Chipper Canter, que tiene la misma función del que existe en la máquina de aserrío primario, pero realiza el destape en la parte contraria de la semi basa, entregando la basa con 4 caras planas para el aserrío múltiple. Dependiendo de los esquemas de corte programados, en este equipo es factible montar sierras circulares de \varnothing 600 mm, permitiendo armar cortes partiendo de 3 sierras con un máximo de 7 sierras con alturas de corte desde 120 – 255 mm. El seteo del equipo se hace de forma manual cada vez que se realiza un cambio de programa de producción; dependiendo de la distribución de sierras es posible armar hasta dos esquemas de corte distintos sin sobrepasar el máximo de sierras que permite el diseño del equipo. El equipo es operado durante los turnos por una persona, la cual tiene por función mantener el quipo operativo, realizar los chequeos necesarios a los componentes y realizar los cambios de esquemas de corte. Este equipo posee una capacidad nominal promedio de $150 \text{ m}^3/\text{h}$, dependiendo de los diámetros procesados.

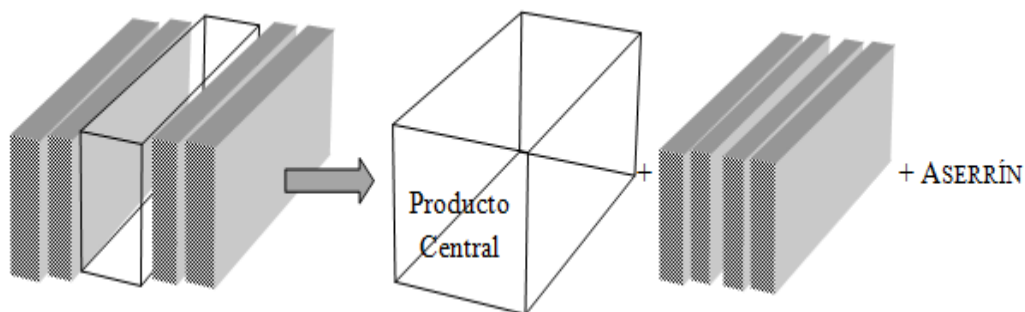


Figura 3.3: Diagrama de esquema de corte de aserrío múltiple (Silva, 2011)

- iii. Clasificación:** es el proceso en el cual se asigna la calidad del producto bajo normas definidas; está compuesto por dos secciones en línea, la primera es completamente manual en la cual operarios denominados clasificadores son los encargados de asignarle la calidad a cada una de las piezas de madera mediante signos que son rayados con crayones de cera con propiedades fluorescentes. Posterior a ello, las maderas pasan por un lector de aquellas marcas realizadas anteriormente, asignando la ubicación en la cual se depositará posteriormente la pieza, esperando a tener la cantidad necesaria para formar un paquete de madera con características de calidad similar. Posterior a pasar por los lectores de marca, las piezas de madera pasan por la lectura de un escáner longitudinal, el cual mediante la interpretación de un software de optimización define el largo y características de calidad final de la pieza de madera. Una vez definida la calidad de las piezas de madera, éstas se convierten en productos finales listos para ser empaquetados y quedar a la espera para el proceso posterior. Este proceso cuenta con 1 operador y 6 colaboradores y posee una capacidad nominal promedio de 160 m³/h.

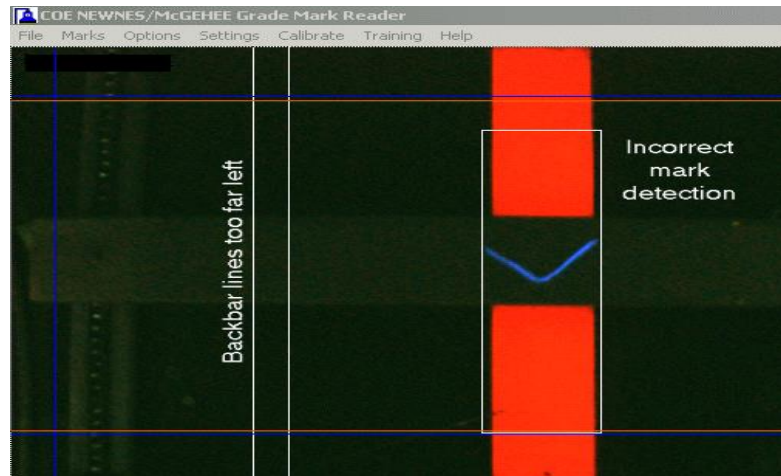


Figura 3.4: Imagen de lector de marcas de clasificación (USNR, 2010)



Figura 3.5: Pantallas de software de optimización y clasificación (USNR, 2010)

- iv. **Canteo Optimizado:** esta unidad de trabajo es la encargada de formatear las piezas de madera eliminando los “cantos muertos”, o sea, permite entregarle a la pieza de madera una geometría ortogonal definida. Está compuesta por un sistema de escaneo de tablas, la cual permite un posicionamiento óptimo de la pieza de madera, para luego enfrentar un par de sierras circulares móviles con las cuales se eliminan lo que se denomina como “canto muerto”. Posee dos sierras circulares de \varnothing 300 mm, las cuales mediante un sistema

automático de posicionamiento, el cual es accionado por la información que procesa el escáner, realiza el corte sobre la madera a una velocidad de avance máxima de 140 m/min. Una de las restricciones en este equipo es la altura de corte de las sierras la cual puede ser como máximo 50 mm. El equipo es operado por una persona por cada turno y posee una capacidad nominal 52 m³/h.

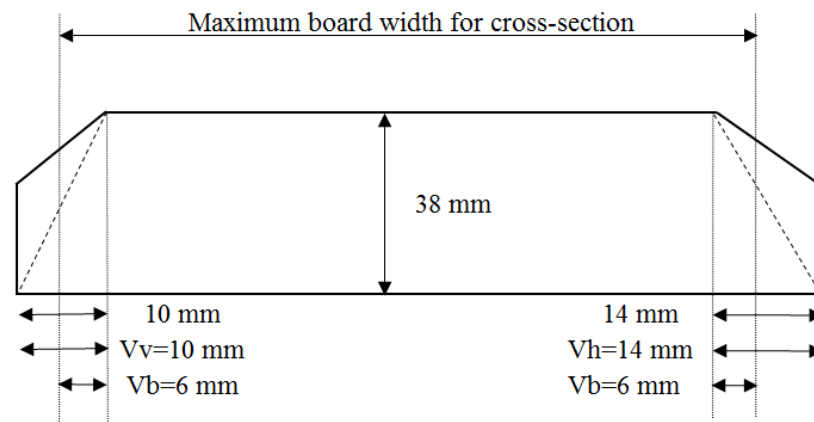


Figura 3.6: Esquema de pieza de madera con canto muerto y optimización de corte

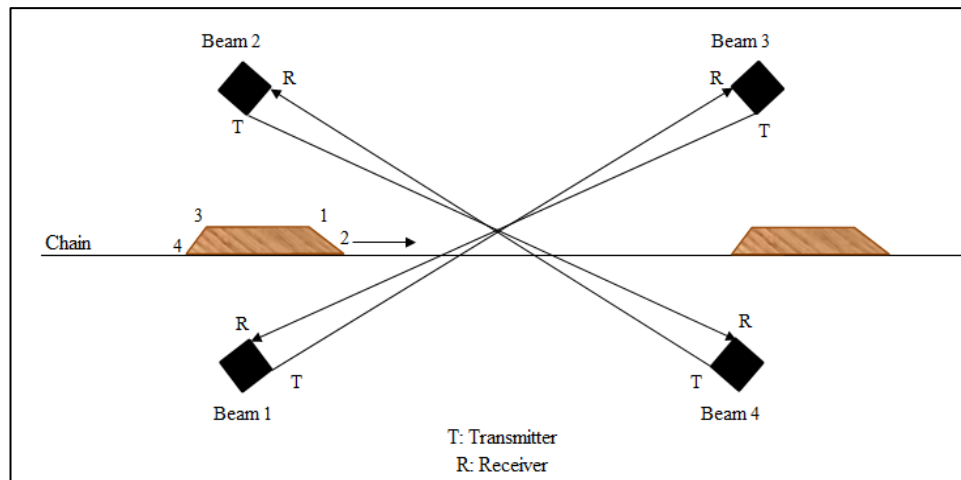


Figura 3.7: Esquema de escáner de optimización (Eriksson, 1996)

- v. **Empaque:** esta unidad es la encargada de empaquetar y entregar la madera al cliente final o al cliente interno para un proceso posterior. En esta unidad se empaqueta la madera agrupadas por calidad y dimensiones que seleccionó anteriormente el proceso de clasificación, tomando la madera agrupada por calidades y de acuerdo a la cantidad necesaria para el armado de un paquete de madera desde los buzones de clasificación del proceso anterior. Es un proceso operado por una persona y consta con 3 colaboradores, los cuales se encargan de suministrar los “palillos” (piezas de madera de 18x33x1200 mm), para armar paquetes de madera que irán a un proceso de secado industrial. El proceso de empaque posee una capacidad nominal de 210 m³/h.
- vi. **Reaserrío:** Esta unidad está compuesta por dos equipos en forma paralela y no son parte de la línea principal; son las encargadas de procesar los laterales producidos por la máquina de aserrío primario. Ambas máquinas son sierras

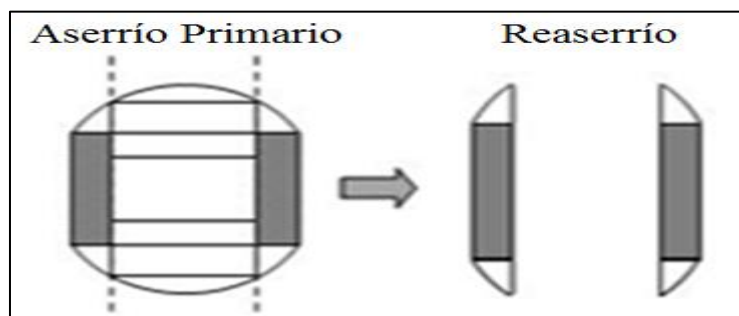


Figura 3.8: Esquema de corte para Resierras

huincha simple, con características en cinemática de corte equivalentes a la máquina Twin del aserrío primario. La lógica en el uso de estos equipos se basa en la necesidad de obtener laterales de alta calidad, los cuales se obtienen de materias primas denominadas trozos podados, debido a que éstos han tenido un manejo en los bosques, por lo cual se pueden obtener piezas de

madera libre de nudos, mejorando así su calidad estructural como visual. La capacidad nominal en conjunto de estos equipos alcanza los 18 m³/h, y son operados por 2 operadores.

4 CONSTRUCCIÓN DEL MAPA DE VALOR (VSM)

El Mapa de Valor es una representación gráfica de elementos de producción e información que permiten conocer y documentar el flujo de valor de un proceso. Una cadena de valor son aquellas operaciones que transforman productos y son necesarias para ofrecerle al cliente un producto terminado. Según Womack y Jones (2003), en su libro *Lean Thinking*, proponen como objetivo principal de la creación de un mapa de flujo de valor: clasificar las acciones necesarias para diseñar, solicitar y fabricar un producto o servicio específico.

El Mapa del estado actual es un documento de referencia para demostrar la situación actual de la cadena de valor en estudio. En este mapa será factible observar la información de cada operación con respecto a las capacidades, disponibilidad y eficiencia, además de los inventarios en procesos que se presentan durante la producción. Por otra parte proporciona información sobre el comportamiento de la demanda de los clientes, la forma en que se debe procesar la información de los clientes y de los proveedores, cómo es la distribución de los proveedores, para finalmente entender cómo se suministra la información a los procesos productivos.

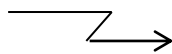
4.1 Simbología para la construcción del VSM

Para el modelamiento del flujo de valor del proceso en estudio, en primer lugar se define como base una familia de productos; en este caso el flujo de valor se construye a partir de la materia prima definida como trozos de pino radiata (*Pinus radiata D. Don*), de 28 centímetros de diámetro, especie ampliamente utilizada en Chile debido a la vasta extensión de plantaciones existentes, la cual supera los 1,4 millones de hectáreas (INFOR, 2013).

Para la construcción del mapa de valor será necesario conocer los símbolos que entrega la herramienta del mapeo de valor, para finalmente diseñar el mapa de valor del proceso. Alguna de la simbología básica se detalla a continuación.



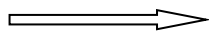
Fuentes externas, representa clientes y proveedores.



Información electrónica.



Stock o inventario.



Flecha de traslado de proveedor a proceso o de proceso a cliente.



Movimiento de material.



Operación del proceso.

Tiempo de Cicla		
Operador	1	pers.
Lote transferida	33633	m ³

Casillero de datos de las operaciones. En éste se incluye la información como tiempo de ciclo, tiempo de cambio entre producto, fiabilidad del equipo, tiempo disponible por turno, entre otros.



Movimiento FIFO.



Estantería con funcionamiento tipo supermercado.



Tarjeta kanban de producción o de movimiento (P/M).

4.2 Definiciones para la construcción del VSM

- i. **Tiempo Disponible:** es el tiempo disponible definido para cumplir un plan de producción. Para éste caso se define el tiempo disponible en 1 mes, lo cual equivale a 393 h/mes.
- ii. **Tiempo de Ciclo:** es el tiempo necesario para producir 1 m³ de madera aserrada.
- iii. **Dotación:** es el número de operarios necesarios para operar cada proceso en cada turno de trabajo.
- iv. **OEE** (Overall equipment effectiveness) indicador que mide el Rendimiento total en el uso de los equipos, en el que se incluyen tres aspectos fundamentales: (% Disponibilidad de los equipos durante la jornada de trabajo) x (% Eficiencia en el uso de los equipos v/s su capacidad nominal) x (% Calidad).
- v. **TVA:** Tiempo de Valor Agregado por unidad, es un subconjunto del tiempo de ciclo, en el que sólo se considera el tiempo en el que efectivamente ocurre la transformación. En éste no se consideran tiempos de espera, ni de transporte, ni desperdicio alguno. Para calcular el TVA de todo el sistema, se suman los TVA de los procesos involucrados.
- vi. **WIP:** Inventario de trabajo en proceso, el cual además de medirse en unidades físicas como m³, también se expresa en términos de días de inventario, cuando se desea calcular el Lead Time del sistema.
- vii. **Lead Time:** es el tiempo que transcurre desde que se inicia un proceso de producción hasta completarlo. En algunos casos se incluye el tiempo necesario para entregar el producto al cliente.

- viii. Venta diaria:** la venta diaria es el valor que corresponde a la producción diaria que el proceso debe producir para dar respuesta oportuna a los pedidos de los clientes. El cálculo se obtiene dividiendo la demanda mensual por los días de producción del mes; para este análisis se consideran 24 días (393 h / 16,5 h/día \approx 24 días). En este caso el valor de venta diaria alcanza los 1.347 m³.
- ix. Cantidad de turnos:** la forma de trabajo de las operaciones se divide en 2 turnos al día, identificados como turno 1 y 2 los cuales rotan de forma semanal en jornadas nocturnas que van desde las 00:00 – 8:00 horas y de 8:20 – 17:50 horas.
- x. Capacidad Nominal:** capacidad de producción del equipo, especificada por su fabricante (m³/h).
- xi. Producción Real:** es la producción lograda realmente por el proceso, en un mes de trabajo (m³/mes). Este valor no se calcula, se obtiene del proceso real y por lo tanto incluye todas las interrupciones, desperdicios y mudas existentes.
- xii. Producción Nominal:** es la producción que se podría lograr en cada proceso, si este funciona en capacidad nominal durante todo el tiempo disponible, sin interrupciones ni desperdicios.
- xiii. Rotación de Inventario:** número de veces al año que rotan las existencias (productos terminados, WIP y Materias Primas):

$$Rot. Inv. = \frac{\text{tiempo anual disponible}}{\text{Lead Time}} \quad [\text{veces/año}]$$

- xiv. Cociente de Valor:** es la división del TVA del sistema y el Lead Time

$$\% = \frac{TVA}{LT} \quad [\%]$$

3.3 Medibles lean de cada proceso

Para cada proceso se presentarán sus medibles (tiempo de ciclo, dotación, producción real, capacidad nominal, producción nominal, OEE y TVA) los que ya fueron descritos en el punto anterior.

3.3.1 Aserrío Primario

T. de Ciclo	Tiempo Efectivo	Dotación	Cap. Real	Prod. Real	Lote Transferido	Cap. Nominal	Prod. Nominal	OEE	TVA
0,3 min/m ³	265 min/mes	1 operador	145 m ³ /h	55.883 m ³ /mes	52.913 m ³ /mes	230 m ³ /h	88.918 m ³ /mes	60%	0,3 min/m ³

- **Tiempo de ciclo:** el proceso de aserrío primario cuenta con un tiempo de ciclo real de 0,3 min/m³, el cual fue medido empíricamente.
- **Tiempo Efectivo de Trabajo:** corresponde al tiempo real de agregación de valor en el proceso, para este caso fue de 265 minutos al mes.
- **Dotación:** este proceso cuenta con un total de 3 operadores los cuales rotan en 3 turnos, 1 por cada turno de producción y un tercer operador (denominado desfasado), que presta apoyo durante las mantenciones programadas.
- **Capacidad Real:** la capacidad real de este proceso es 145 m³/h.
- **Producción Real:** para el periodo de análisis, este proceso tuvo una producción real de 55.883 m³/mes.
- **Lote Transferido:** corresponde al volumen sin problemas de calidad transferido al proceso siguiente, el cual fue de 52.913 m³/mes.

- **Capacidad Nominal:** la capacidad nominal de este proceso es 230 m³/h, según las especificaciones proporcionadas por el fabricante.
- **Producción Nominal:** la producción nominal de este proceso es de 88.918 m³/mes.

$$Prod. Nominal = tiempo de trabajo pot. \times Cap. Nominal$$

$$Prod. Nominal = 387 h/mes \times 230 m^3/h = 88.918 m^3/mes$$

- **OEE:** la efectividad total de este equipo es 60%.

$$OEE = \frac{Lote Transferido}{Prod. Nominal}$$

$$OEE = \frac{52.913 m^3/mes}{88.918 m^3/mes} = 60 \%$$

- **TVA:** el tiempo de valor agregado para éste proceso fue de 0,3 min/m³.

$$TVA = \frac{Tiempo efectivo de trabajo \times 60 min/h}{Lote transferido}$$

$$TVA = \frac{265 h/mes \times 60 min/h}{52.913 m^3/mes} = 0,3 min/m^3$$

3.3.2 Aserrío Múltiple

T. de Ciclo	Tiempo Efectivo	Dotación	Cap. Real	Prod. Real	Lote Transferido	Cap. Nominal	Prod. Nominal	OEE	TVA
0,65 min/m ³	225 min/mes	1 operador	86 m ³ /h	32.017 m ³ /mes	20.761 m ³ /mes	150 m ³ /h	55.830 m ³ /mes	37%	0,65 min/m ³

- **Tiempo de ciclo:** el proceso de aserrío múltiple cuenta con un tiempo de ciclo real de 0,65 min/m³, el cual fue medido empíricamente.
- **Tiempo Efectivo de Trabajo:** corresponde al tiempo real de agregación de valor en el proceso, para este caso fue de 225 minutos al mes.
- **Dotación:** este proceso cuenta con un total de 3 operadores los cuales rotan en 3 turnos, 1 por cada turno de producción y un tercer operador (denominado desfasado), que presta apoyo durante las mantenciones programadas.
- **Capacidad Real:** la capacidad real de este proceso es 86 m³/h.
- **Producción Real:** para el periodo de análisis, este proceso tuvo una producción real de 32.017 m³/mes.
- **Lote Transferido:** corresponde al volumen sin problemas de calidad transferido al proceso siguiente, el cual fue de 20.761 m³/mes.
- **Capacidad Nominal:** la capacidad nominal de este proceso es 150 m³/h, según las especificaciones proporcionadas por el fabricante.
- **Producción Nominal:** la producción nominal de éste proceso es de 55.830 m³/mes.

$$\textit{Prod. Nominal} = \textit{tiempo de trabajo pot.} \times \textit{Cap. Nominal}$$

$$\textit{Prod. Nominal} = 372 \textit{ h/mes} \times 150 \textit{ m3/h} = 55.830 \textit{ m3/mes}$$

- **OEE:** la efectividad total de este equipo es 37%.

$$OEE = \frac{\text{Lote Transferido}}{\text{Prod. Nominal}}$$

$$OEE = \frac{20.761 \text{ m}^3/\text{mes}}{55.830 \text{ m}^3/\text{mes}} = 37\%$$

- **TVA:** el tiempo de valor agregado para este proceso fue de 0,65 min/m³.

$$TVA = \frac{\text{Tiempo efectivo de trabajo} \times 60 \text{ min/h}}{\text{Lote transferido}}$$

$$TVA = \frac{225 \text{ h/mes} \times 60 \text{ min/h}}{20.761 \text{ m}^3/\text{mes}} = 0,65 \text{ min/m}^3$$

3.3.3 Reaserrío

T. de Ciclo	Tiempo Efectivo	Dotación	Cap. Real	Prod. Real	Lote Transferido	Cap. Nominal	Prod. Nominal	OEE	TVA
3,3 min/m ³	368 min/mes	2 operador	18 m ³ /h	7.132 m ³ /mes	6.623 m ³ /mes	18 m ³ /h	7.132 m ³ /mes	93%	3,33 min/m ³

- **Tiempo de ciclo:** el proceso de aserrío múltiple cuenta con un tiempo de ciclo real de 3,33 min/m³, el cual fue medido empíricamente.
- **Tiempo Efectivo de Trabajo:** corresponde al tiempo real de agregación de valor en el proceso, para este caso fue de 368 minutos al mes.
- **Dotación:** este proceso cuenta con un total de 2 operadores, uno por cada máquina, éstos solo operan durante los turnos de día.
- **Capacidad Real:** la capacidad real de éste proceso es 18 m³/h.
- **Producción Real:** para el periodo de análisis, este proceso tuvo una producción real de 7.132 m³/mes.

- **Lote Transferido:** corresponde al volumen sin problemas de calidad transferido al proceso siguiente, el cual fue de 6.623 m³/mes.
- **Capacidad Nominal:** la capacidad nominal de este proceso es 18 m³/h, según las especificaciones proporcionadas por el fabricante.
- **Producción Nominal:** la producción nominal para éste proceso es de 7.132 m³/mes.

$$Prod. Nominal = tiempo de trabajo pot. \times Cap. Nominal$$

$$Prod. Nominal = 392 h/mes \times 18 m^3/h = 7.132 m^3/mes$$

- **OEE:** la efectividad total de este equipo es 93%.

$$OEE = \frac{Lote transferido}{Prod. Nominal}$$

$$OEE = \frac{6.623 m^3/mes}{7.132 m^3/mes} = 93 \%$$

- **TVA:** el tiempo de valor agregado para este proceso fue de 3,3 min/m³.

$$TVA = \frac{Tiempo efectivo de trabajo \times 60 min/h}{Lote transferido}$$

$$TVA = \frac{368 h/mes \times 60 min/h}{6.623 m^3/mes} = 3,33 min/m^3$$

3.3.4 Canteo Optimizado

T. de Ciclo	Tiempo Efectivo	Dotación	Cap. Real	Prod. Real	Lote Transferido	Cap. Nominal	Prod. Nominal	OEE	TVA
1,4 min/m ³	352 min/mes	1 operador	42 m ³ /h	16.006 m ³ /mes	15.093 m ³ /mes	58 m ³ /h	22.104 m ³ /mes	93%	1,4 min/m ³

- **Tiempo de ciclo:** el proceso de aserrío múltiple cuenta con un tiempo de ciclo real de 1,4 min/m³, el cual fue medido empíricamente.
- **Tiempo Efectivo de Trabajo:** corresponde al tiempo real de agregación de valor en el proceso, para este caso fue de 352 minutos al mes.
- **Dotación:** este proceso cuenta con un total de 2 operadores, uno por cada turno de producción.
- **Capacidad Real:** la capacidad real de éste proceso es 42 m³/h.
- **Producción Real:** para el periodo de análisis, este proceso tuvo una producción real de 16.006 m³/mes.
- **Lote Transferido:** corresponde al volumen sin problemas de calidad transferido al proceso siguiente, el cual fue de 15.093 m³/mes.
- **Capacidad Nominal:** la capacidad nominal de este proceso es 58 m³/h, según las especificaciones proporcionadas por el fabricante.
- **Producción Nominal:** la producción nominal para éste proceso es de 22.104 m³/mes.

$$Prod. Nominal = tiempo de trabajo pot. \times Cap. Nominal$$

$$Prod. Nominal = 381 \text{ h/mes} \times 58 \text{ m}^3/\text{h} = 22.104 \text{ m}^3/\text{mes}$$

- **OEE:** la efectividad total de este equipo es 74%.

$$OEE = \frac{Lote Transferido}{Prod. Nominal}$$

$$OEE = \frac{15.093 \text{ m}^3/\text{mes}}{22.104 \text{ m}^3/\text{mes}} = 68 \%$$

- **TVA:** el tiempo de valor agregado para este proceso fue de 1,4 min/m³.

$$TVA = \frac{Tiempo efectivo de trabajo \times 60 \text{ min/h}}{Lote transferido}$$

$$TVA = \frac{352 \text{ h/mes} \times 60 \text{ min/h}}{15.093 \text{ m}^3/\text{mes}} = 1,4 \text{ min/m}^3$$

3.3.5 Clasificado

T. de Ciclo	Tiempo Efectivo	Dotación	Cap. Real	Prod. Real	Lote Transferido	Cap. Nominal	Prod. Nominal	OEE	TVA
0,37 min/m ³	199 min/mes	7 operador	97 m ³ /h	37.369 m ³ /mes	32.336 m ³ /mes	161 m ³ /h	61.727 m ³ /mes	52%	1,4 min/m ³

- **Tiempo de ciclo:** el proceso de aserrío múltiple cuenta con un tiempo de ciclo real de 0,37 min/m³, el cual fue medido empíricamente.
- **Tiempo Efectivo de Trabajo:** corresponde al tiempo real de agregación de valor en el proceso, para este caso fue de 199 minutos al mes.
- **Dotación:** este proceso cuenta con un total de 7 operadores por turno.
- **Capacidad Real:** la capacidad real de éste proceso es de 97 m³/h.

- **Producción Real:** para el periodo de análisis, este proceso tuvo una producción real de 37.369 m³/mes.
- **Lote Transferido:** corresponde al volumen sin problemas de calidad transferido al proceso siguiente, el cual fue de 32.336 m³/mes.
- **Capacidad Nominal:** la capacidad nominal de este proceso es 161 m³/h, según las especificaciones proporcionadas por el fabricante.
- **Producción Nominal:** la producción nominal para éste proceso es de 61.727 m³/mes.

$$\text{Prod. Nominal} = \text{tiempo de trabajo pot.} \times \text{Cap. Nominal}$$

$$\text{Prod. Nominal} = 383 \text{ h/mes} \times 161 \text{ m}^3/\text{h} = 61.727 \text{ m}^3/\text{mes}$$

- **OEE:** la efectividad total de este equipo es 52%.

$$OEE = \frac{\text{Lote Transferido}}{\text{Prod. Nominal}}$$

$$OEE = \frac{32.336 \text{ m}^3/\text{mes}}{61.727 \text{ m}^3/\text{mes}} = 52 \%$$

- **TVA:** el tiempo de valor agregado para este proceso fue de 0,37 min/m³.

$$TVA = \frac{\text{Tiempo efectivo de trabajo} \times 60 \text{ min/h}}{\text{Lote transferido}}$$

$$TVA = \frac{199 \text{ h/mes} \times 60 \text{ min/h}}{32.336 \text{ m}^3/\text{mes}} = 0,37 \text{ min/m}^3$$

3.3.6 Empaque

T. de Ciclo	Tiempo Efectivo	Dotación	Cap. Real	Prod. Real	Lote Transferido	Cap. Nominal	Prod. Nominal	OEE	TVA
0,72 min/m ³	388 min/mes	4 operador	86 m ³ /h	33.633 m ³ /mes	32.336 m ³ /mes	120 m ³ /h	46.824 m ³ /mes	69%	1,4 min/m ³

- **Tiempo de ciclo:** el proceso de aserrío múltiple cuenta con un tiempo de ciclo real de 0,72 min/m³, el cual fue medido empíricamente.
- **Tiempo Efectivo de Trabajo:** corresponde al tiempo real de agregación de valor en el proceso, para este caso fue de 388 minutos al mes.
- **Dotación:** este proceso cuenta con un total de 4 operadores por turno.
- **Capacidad Real:** la capacidad real de éste proceso es 86 m³/h.
- **Producción Real:** para el periodo de análisis, este proceso tuvo una producción real de 33.633 m³/mes.
- **Lote Transferido:** corresponde al volumen sin problemas de calidad transferido al proceso siguiente, el cual fue de 32.336 m³/mes.
- **Capacidad Nominal:** la capacidad nominal de este proceso es 120 m³/h, según las especificaciones proporcionadas por el fabricante.
- **Producción Nominal:** la producción nominal para éste proceso es de 46.824 m³/mes.

$$Prod. Nominal = tiempo de trabajo pot. \times Cap. Nominal$$

$$Prod. Nominal = 390 h/mes \times 120 m^3/h = 46.824 m^3/mes$$

- **OEE:** la efectividad total de este equipo es 69%.

$$OEE = \frac{\text{Lote Transferido}}{\text{Prod. Nominal}}$$

$$OEE = \frac{32.336 \text{ m}^3/\text{mes}}{46.824 \text{ m}^3/\text{mes}} = 69\%$$

- **TVA:** el tiempo de valor agregado para este proceso fue de 0,72 min/m³.

$$TVA = \frac{\text{Tiempo efectivo de trabajo} \times 60 \text{ min/h}}{\text{Lote transferido}}$$

$$TVA = \frac{388 \text{ h/mes} \times 60 \text{ min/h}}{32.336 \text{ m}^3/\text{mes}} = 0,72 \text{ min/m}^3$$

3.4 VSM Resultante (Mapeo del estado actual y descripción general)

Con el cálculo de todos los indicadores descritos anteriormente es factible esquematizar el mapa de valor actual. El primer paso es colocar los símbolos que describen al cliente, los cuales van conectados mediante simbología de flujos con la unidad de Planificación de Producción y éste a su vez conectado también por simbología de flujo, enviando la información de requerimiento de materiales a los proveedores. Luego se dibuja la secuencia de las operaciones, estableciendo el tiempo de ciclo, la dotación, la producción real, la capacidad nominal, la producción nominal el OEE y el TVA. Luego se hace la conexión entre la unidad de Planificación y los centros de producción, indicando el programa de producción de cada uno de ellos. Uniendo todos estos símbolos se dibuja en la parte inferior una línea de tiempo escalonada en la cual se colocan los tiempos que agregan valor al proceso, en los escalones superiores y aquellos valores que no agregan valor, en los inferiores. Para este caso se convierten los inventarios de cada proceso en días, dividiendo cada inventario por la demanda diaria (1.347 m^3).

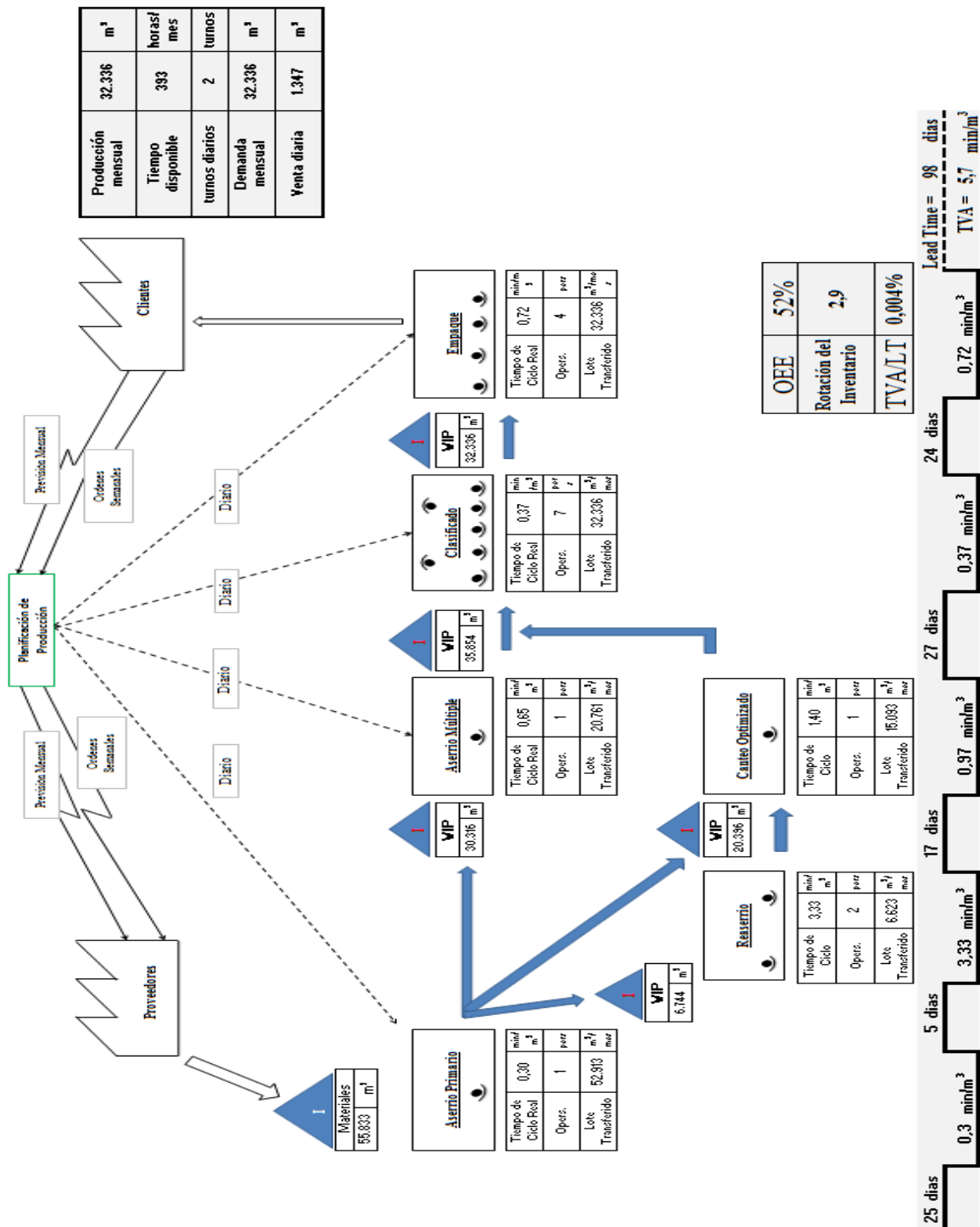


Figura 4.1: VSM actual del proceso

Una vez que se realizó el esquema del mapa de valor actual es posible señalar en él algunos indicadores globales del proceso estudiado que son de importancia para entender el comportamiento del mismo. Uno de estos indicadores es el Lead Time, el cual se obtiene sumando los inventarios en proceso y convirtiéndolos en días, al dividir el volumen de stock en proceso por la venta diaria; este indicador permite conocer el tiempo desde que se inicia el proceso de producción hasta completarlo y entregarlo al cliente. Junto con el Lead Time, es factible calcular el TVA (tiempo de valor agregado), el cual suma los valores de la parte inferior de la línea escalonada de tiempo. Con estos dos valores es posible obtener el %TVA, el cual representa el porcentaje del tiempo en el cual se agrega valor en las operaciones.

Lead Time: 98 días

TVA: 5,7 minutos

$$\%TVA = \frac{TVA}{Lead\ Time} \times 100\% = \frac{5,7\ min}{98\ día \times 24\ hora/día \times 60\ min/hora} \times 100\%$$

$$\%TVA = 0,004\%$$

Finalmente están dos indicadores más, que son el OEE y la Rotación de Inventario, estos dos indicadores nos permiten saber el estado operacional del proceso, por un lado conociendo la eficiencia de manera global y que tan eficiente se es para gestionar los recursos disponibles mediante la medición de los tiempos en los cuales los inventarios fluyen en el proceso. Para este caso se obtiene un OEE de 51%, con lo cual es factible inferir que existe un alto potencial de crecimiento al aumentar este indicador.

Por definición, el OEE es la razón porcentual del producto entre la disponibilidad operativa multiplicada por la eficiencia y por la calidad de un proceso productivo (Busso, 2013).

$$OEE = Disponibilidad \times Eficiencia \times Calidad$$

Tomando como referencia el siguiente esquema es factible el cálculo de las tres variables que finalmente arrojaran el valor de OEE del proceso.

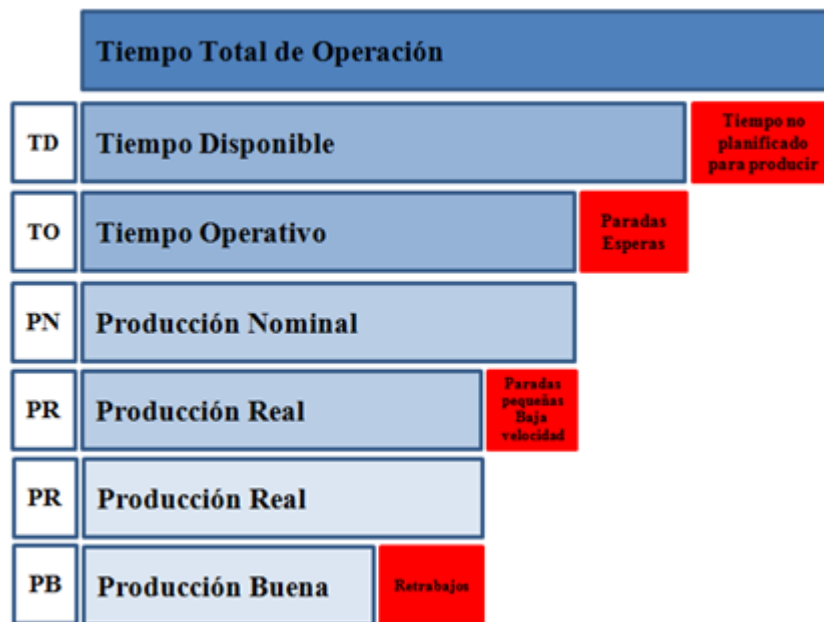


Figura 4.2: Esquema para cálculo de OEE (Fuente: elaboración propia)

Por lo que se tendrá:

$$OEE = \frac{TO}{TD} \times \frac{PR}{PN} \times \frac{PB}{PR}$$

Para el caso de estudio se considera el cálculo de OEE en el proceso de Clasificado, ya que es el último proceso, considerando que el rendimiento en el proceso de empaque es de 100%, para ello se tiene lo siguiente:

$$TD = 393 \text{ h/mes}$$

$$TO = 388 \text{ h/mes}$$

$$PR = 35.929 \text{ m}^3/\text{mes}$$

$$PN = 61.727 \text{ m}^3/\text{mes}$$

$$PB = 32.336 \text{ m}^3/\text{mes}$$

Por lo tanto:

$$OEE = \frac{TO}{TD} \times \frac{PR}{PN} \times \frac{PB}{PR} = \frac{388 \text{ h/mes}}{393 \text{ h/mes}} \times \frac{35.929 \text{ m}^3/\text{mes}}{61.727 \text{ m}^3/\text{mes}} \times \frac{32.336 \text{ m}^3/\text{mes}}{35.929 \text{ m}^3/\text{mes}}$$

$$OEE = 52\%$$

Por otra parte al observar el indicador de Rotación de Inventario se puede determinar que la gestión de inventarios no es la adecuada dado los niveles de producción deseada, debido a los altos niveles de inventarios en proceso, lo que finalmente afecta la fluidez de las operaciones.

El cálculo de la Rotación de inventarios es factible obtenerlo de la siguiente manera:

Días Operación = 24 días

Lead Time = 98 días

$$\text{Rotación Inventario} = \frac{\text{Días Operación} \times \text{Meses del año}}{\text{Lead Time}} = \frac{24 \frac{\text{días}}{\text{mes}} \times 12 \text{ meses}}{98 \text{ días}}$$

Rotación Inventario = 2,9 veces al año

5 IDENTIFICACIÓN DE BRECHAS LEAN MANUFACTURING

5.1 Examen de Oportunidades

Para cada una de las cajas de datos que representan a cada proceso, se examinarán cuáles son las brechas y oportunidades de mejora existentes, para posteriormente seleccionar aquellas con mayor potencial para el sistema como un todo.

5.1.1 Aserrío Primario

Al analizar el proceso de Aserrío Primario, es factible observar que se dispone de un tiempo de trabajo potencial de 393 horas al mes, de las cuales sólo se aprovechan en producción 265 horas. El proceso posee un tiempo de ciclo breve en comparación a los demás procesos, por lo cual no existe una oportunidad de mejoramiento en este indicador, pero sí existe una oportunidad de mejora en el lote transferido desde este proceso hacia los siguientes, pudiendo tener un aumento potencial de un 59%; esto va en estrecha relación con un aumento de la disponibilidad del tiempo de trabajo efectivo. Por otra parte, con el aumento de disponibilidad se observaría un aumento del OEE del proceso, al poder aumentar el lote transferido hacia los procesos posteriores. Con la capacidad nominal del proceso no es factible realizar mayores cambios debido a que el equipo opera al máximo de su desempeño.

5.1.2 Aserrío Múltiple

Para el caso del aserrío múltiple, es un proceso con un alto tiempo de ciclo, dadas las características propias del mismo; también posee una baja disponibilidad ya que existe deficiencia en el uso del tiempo disponible. En comparación al proceso de aserrío primario, posee una capacidad nominal menor lo que limita el valor del lote transferido hacia procesos posteriores. Dada la menor capacidad nominal, una

baja disponibilidad hace muy sensible el aumento o disminución del lote transferido, por lo cual se convierte en uno de los más críticos. Con lo anterior se observa un reducido OEE, el cual debiese verse incrementado si el tiempo de trabajo efectivo aumentase. Otra oportunidad del proceso sería el aumento de la capacidad nominal mediante la modificación de la tecnología disponible, con lo cual sería factible aumentar el lote a transferir.

5.1.3 Reaserrío

El proceso de Reaserrío, a pesar de ser un proceso compuesto por dos equipos en paralelo, posee un tiempo de ciclo muy elevado en comparación con las demás estaciones de trabajo. Este proceso está bastante controlado por lo que presenta pocas oportunidades de mejora, ya que los indicadores claves se encuentran con un buen desempeño; de hecho presentan el OEE más elevado al poseer una efectividad bastante aceptable del tiempo utilizado, siendo capaz de transferir un lote de producción cercano a su potencial.

5.1.4 Canteo Optimizado

El canteo optimizado es un proceso que se encuentra bajo altas exigencias operacionales, dado que genera información necesaria para que el proceso de clasificado se realice de manera óptima, evitando con esto la generación de desperdicios. El tiempo de ciclo del canteo es elevado, por lo cual se hace necesario una posible disminución de este tiempo y con ello permitir un alza del lote transferido; con esto sería factible un aumento del OEE, con lo cual mejoraría el desempeño global del proceso.

5.1.5 Clasificado

Como se menciona anteriormente, el proceso de clasificado utiliza información que proporciona el proceso de canteo mediante la lectura del escáner de optimización, el cual asigna cierto esquema de corte y que posteriormente es leído por el escáner del equipo de clasificación entregando una calidad final al producto. Este proceso presenta un desempeño muy por debajo de lo esperado. Por esta razón es que se observan importantes brechas que pueden abordarse como oportunidades de mejora para el aumento del lote a transferir, aumentando las horas de trabajo efectivo. Por otra parte se observa una oportunidad de mejora al aumentar de alguna manera la capacidad nominal del proceso, de tal forma de permitir que este sea capaz de procesar los lotes que le son transferidos.

5.1.6 Empaque

El empaque, al igual que el clasificado, es un proceso que se encuentra limitado por su capacidad nominal por lo cual no es capaz de procesar los lotes que le son transferidos y se transforma en el cuello de botella del sistema completo. Por esta razón, es el punto de partida para comenzar el plan de mejoramiento; primero potenciando la capacidad nominal y luego la reducción del tiempo de ciclo, con tal de aumentar la capacidad.

5.2 Selección de Oportunidades

La selección de las oportunidades de mejora se desprenderá del VSM actual, para ello se analizará el proceso partiendo por el final (Empaque).

5.2.1 Selección Oportunidades Proceso de Empaque

- i. Aumento de Dotación:** mediante el VSM actual es posible detectar que el proceso de empaque se convierte en un cuello de botella, debido principalmente a que no es capaz de procesar el lote que se le transfiere en un flujo continuo. Para ello se propone el aumento de dotación en 3 personas, pasando de 4 a 7, las cuales deberían realizar la operación de esta actividad. La justificación de ésta propuesta se basa en que actualmente el personal que opera éste proceso debe duplicar sus funciones y al realizar esto, parte del proceso no es atendido correctamente interrumpiendo el flujo correcto, por ejemplo: dependiendo de los esquemas de corte producidos el operador debe detener la línea en reiteradas ocasiones para solicitar apoyo de uno de los operadores del equipo palillero, el cual debe abandonar su actividad para dar soporte a la actividad del operador, esto produce una pérdida de velocidad de la línea, finalmente esto afecta la productividad.
- ii. Aumento de la Capacidad Nominal:** con el aumento de dotación se estima que el aumento de la capacidad nominal pasaría de 120 m³/h a 210 m³/h, teniendo en cuenta que la capacidad nominal del equipo se basa en el uso de 4 personas operando el equipo para un mix de productos definido por el fabricante del equipo, cosa que hoy bajo el escenario actual es muy diferente con un mix de productos mucho menos homogéneo y que cambia continuamente. Asumiendo que cada operador es capaz de procesar 30 m³/h cada uno, la justificación de esta propuesta se basa en la necesidad de reducir el tiempo de ciclo del proceso, al evitar que el personal alterne su puesto de trabajo para suplir la falta de apoyo en otros sectores del proceso.
- iii. Disminución del Tiempo de Ciclo:** con el aumento de la capacidad nominal el proceso de empaque será capaz de procesar sobre el 98% del lote transferido del proceso anterior, permitiendo con esto un flujo continuo. Esto permitirá la eliminación de aquellos tiempos muertos que afectan un correcto desempeño del proceso, el cual es medido por el Factor de

Operación, permitiendo apuntar a un alza de este indicador. Esto será factible por lo indicado anteriormente, donde el equipo evitará detenciones o disminución de la velocidad de proceso al intercambiar operadores entre los puestos de trabajo, y de esta forma los puesto quedaran cubiertos siempre.

5.2.2 Selección de Oportunidades Proceso de Clasificado

- i. Aumento de Dotación:** al igual que el proceso de empaque, se propone en primer lugar el aumento de dotación en 2 persona, pasando de 7 actualmente a 9 personas en la operación de clasificado. La justificación de esta propuesta se basa en atacar una *muda* detectada al observar algunos movimientos innecesarios de los operadores, al tener que desplazarse entre 20 y 50 metros para operar parte del proceso, por lo cual se propone la creación de dos puestos de trabajo con lugares definidos y evitar estos movimientos innecesarios que provocan esperas para el proceso anterior, afectando el flujo continuo de todo el proceso.
- ii. Aumento de Capacidad Nominal:** la necesidad de aumentar la capacidad nominal del proceso de clasificación responde netamente a evitar los tiempos muertos que se producen por falta de capacidad. Con el aumento de dotación en 2 personas, y tomando en cuenta que la capacidad nominal del proceso está calculado en base a la operación de 7 personas con una productividad promedio de $23 \text{ m}^3/\text{h}$ por persona, el proceso de clasificado pasaría de $161 \text{ m}^3/\text{h}$ a $207 \text{ m}^3/\text{h}$, con lo cual es factible reducir el tiempo de ciclo en más de un 20%, al evitar éstas pérdidas de tiempo por movimientos innecesarios y esperas.
- iii. Aumento Tiempo de Trabajo Efectivo:** al aumentar la capacidad nominal necesariamente se debe aumentar el tiempo de trabajo efectivo pasando de un estado inicial con un muy bajo aprovechamiento del tiempo con 199 h/mes a un estado futuro de 354 h/mes, lo que permitirá al proceso de

clasificado aumentar el lote a transferir. Esto se justifica mediante la necesidad de permitir que el flujo del proceso sea continuo evitando desperdicios provocados por el mal aprovechamiento del tiempo disponible, impactando fuertemente en el aumento de capacidad del proceso.

- iv. Disminución del Tiempo de Ciclo:** mientras más rápido sea el proceso en tratar cada unidad que produce y el flujo tenga una mayor continuidad, la disminución del tiempo de ciclo del proceso de clasificado será también un punto que se propone mejorar, disminuyéndolo y ajustándolo a la demanda del proceso (tiempo takt). De igual forma esta disminución del tiempo de ciclo apunta a fortalecer el indicador de Factor de Operación del proceso en forma global.

5.2.3 Selección de Oportunidades del Proceso de Aserrío Múltiple

- i. Aumento Capacidad Nominal:** a diferencia de las propuestas anteriores para el aumento de la capacidad nominal, donde se indica el aumento de dotación, para el caso del aserrío múltiple no es factible por el hecho que este proceso depende netamente de la capacidad del equipo instalado. Por ello se propone el aumento de capacidad, realizando un up-grade de mejora en los equipos, potenciando las capacidades con nueva tecnología que permita incrementar su capacidad para lograr procesar un mayor lote. Esto se justifica principalmente por el aumento de la demanda de productos.
- ii. Aumento del Tiempo de Trabajo Efectivo:** se propone un aumento del tiempo de trabajo efectivo, reduciendo los tiempos muertos por acción de cambios de programas de producción, con lo cual es factible dar cumplimiento a la demanda del proceso posterior. Esta propuesta se justifica netamente en optimizar el uso del tiempo disponible y brindar mayor flexibilidad para ajustarse a las demandas actuales.

iii. Disminución del Tiempo de Ciclo: al disminuir el tiempo de ciclo se aumentará el lote a transferir al proceso posterior, con lo que los indicadores generales del proceso de aserrío múltiple se verán incrementados. La justificación de esta propuesta se basa en que las exigencias son mayores por lo cual se hace necesario potenciar este proceso, con el fin de mejorar el Factor de Operación.

5.2.4 Selección de Oportunidades del Proceso de Aserrío Primario

- i. Aumento del Tiempo de Trabajo Efectivo:** la propuesta de aumentar el tiempo de trabajo efectivo del proceso de aserrío primario, se explica por la necesidad de satisfacer la demanda de acuerdo al ritmo con la cual el cliente solicita el producto, por lo tanto se estima que este proceso debe hacer un uso óptimo del tiempo disponible. Al aumentar el tiempo de trabajo efectivo en un 25% sería posible un aumento de más de 30% en el lote a transferir, con lo cual se satisface la demanda diaria del cliente.
- ii. Disminución del Tiempo de Ciclo:** la disminución del tiempo de ciclo en conjunto con la propuesta anterior de aumentar el tiempo de trabajo efectivo, permitiría al proceso aumentar el lote de producción a transferir. Esta propuesta se justifica en función del aumento de la demanda, por lo que es necesario optimizar los recursos y exigir a los procesos el máximo desempeño posible en función de impactar positivamente en la mejora del Factor de Operación.

5.2.5 Selección de Oportunidades en la Rotación del Inventario

En el VSM actual es factible observar una rotación de inventario muy baja, apenas 2,5 veces al año; esto representa un costo muy alto para la compañía, dado que se mantienen altos stock de productos en proceso, lo que afecta principalmente la

calidad del producto además de incumplimientos a los clientes internos y posteriormente a los clientes finales, por lo cual la propuesta es un aumento en la rotación del inventario. El logro de esta propuesta se basa en el resultado de las demás propuestas expuestas anteriormente, permitiendo que se produzca un flujo continuo entre cada proceso con lo cual es factible reducir los inventarios antes de cada uno de los procesos, limitándolo tan solo a $183 \text{ m}^3/\text{h}$, lo cual se explica al hacer que el proceso sea capaz de ajustar la producción a lo que efectivamente el cliente está demandando, sin producir más ni menos de lo que el cliente demanda de forma diaria.

6 PROPUESTA DEL MODELO DE MEJORA

En esta etapa se describirá el modelo de Mejora Propuesto (Value Stream Map Futuro) el cual incluirá las acciones necesarias y la evaluación económica de la posible implementación en bien del logro de las brechas seleccionadas en la etapa anterior. Partiendo del VSM actual es posible plantear una evolución hacia una producción en flujo continuo sin interrupciones.

Como se ha mencionado anteriormente, las propuestas de mejora planteadas buscan que el proceso sea un proceso lean, esto quiere decir que los procesos que componen la línea de producción completa deben fabricar únicamente lo que necesita el siguiente proceso en el momento adecuado y en la cantidad requerida, de tal forma de eliminar la producción de desperdicios. Para ello el VSM futuro es de gran utilidad, ya que permitirá detectar aquellos procesos que rompen el flujo lógico y generan una destrucción de valor, lo que finalmente genera pérdidas las cuales pueden ser monitoreadas mediante el resultado de indicadores deficientes que finalmente se transforman en pérdidas monetarias para la compañía.

El VSM permitirá observar y ligar todos los procesos desde el cliente hasta la materia prima en un flujo que genere un tiempo de ciclo de valor agregado más corto, con la más alta calidad y al menor costo.

6.1 Descripción del Modelo de Mejora

Al principio del presente estudio se planteó como objetivo la propuesta de un modelo de mejora basado en la filosofía Lean Manufacturing para la operación de una planta productora de madera aserrada, utilizando el VSM como herramienta principal para la detección de oportunidades de mejora. Para el logro de este objetivo se analizó cada proceso que compone la línea de producción, recopilando información que permitiera modelar el mapa de valor actual de tal forma de identificar aquellos procesos que generan una destrucción de valor, para luego proponer un estado futuro mediante el modelo de un nuevo VSM identificando aquellas brechas que permitan el logro de un proceso esbelto, eliminando aquellos puntos que generan una pérdida de flujo mediante el desarrollo e implementación de acciones y técnicas lean.

6.2 Acciones y Técnicas Lean a Implementar

Las acciones y técnicas lean que se proponen implementar nacen del análisis del VSM futuro que se ha expuesto anteriormente, en conjunto con las brechas y selección de oportunidades detectadas. Para la descripción y propuesta de las acciones y técnicas lean se tomarán los puntos señalados en el VSM futuro. Para una correcta y óptima aplicación de acciones y técnicas, se recomienda crear eventos Kaizen para cada una de las áreas donde se pretenden implementar las mejoras, de tal manera de abordar las oportunidades en forma conjunta, definiendo claramente cómo se realizará la implementación de las acciones y técnicas. Tomando como base El Diagrama de la Casa del TPS, expuesto al inicio del informe, se propondrán las acciones y técnicas que se pueden implementar para la consecución de los resultados esperados.

6.2.1 Eventos Kaizen para la Aplicación de Mejoras

Para cada una de las mejoras planteadas en la etapa de selección de oportunidades de mejora, se propone establecer Eventos Kaizen, con la finalidad de analizar la problemática y la mejora planteada. Mediante ésta herramienta lean será factible encontrar la causa raíz de la problemática y además permitirá el trabajo en equipo de los actores que se desempeñan en las áreas intervenidas.

En cada una de las oportunidades levantadas a partir del VSM actual deberán conformarse equipos Kaizen que deberán trabajar cada una de las oportunidades detectadas.

Para llevar a cabo un evento Kaizen se plantea el siguiente procedimiento:

1. Se deben detectar las oportunidades para llevar a cabo un evento Kaizen. Generalmente las oportunidades de mejora deben ser planteadas por cualquier persona de la organización, e incluso clientes o proveedores o cualquiera que pueda visualizarlas, para éste caso se tomarán las mejoras planteadas a partir del VSM actual analizado anteriormente.
2. Cada evento deberá tener un líder de equipo, que tenga un liderazgo claro y conocimiento cabal de la problemática.
3. Se deberá elegir los integrantes del equipo, lo deseable es que el equipo lo compongan entre 7 a 10 participantes, entre ellos deben estar operadores, ingenieros, personal de control de procesos, e incluso si es necesario, deben estar los clientes y proveedores.
4. El evento debe prepararse y organizarse correctamente, esto significa que debe contarse con los medios y herramientas necesarias para realizar la reunión de los participantes.
5. Se debe comunicar a los participantes.
6. Es aconsejable llevar un informe con los detalles del evento (Anexo A).
7. Se debe contar con la documentación necesaria de acuerdo al tipo de evento a realizar, teniendo en cuenta que herramientas serán utilizadas.

Pasos para un evento Kaizen:

1. El líder da a conocer a los integrantes del equipo, definiendo los objetivos, los alcances, los plazos y los avances que deben entregarse.
2. Se debe entregar información referente al evento, con respecto a los antecedentes, definición de las herramientas Lean a utilizar, las mediciones que deben realizarse, los beneficios que trae la implementación, los procedimientos para llevar a cabo la implementación, las actividades que el equipo realizará durante el evento y todas aquellas consideraciones importantes de la implementación.
3. Se debe establecer la situación actual mediante el VSM, como también mediante graficas o tendencias de indicadores que indiquen problemas como: cuellos de botella, altos tiempos de cambio de producto, defectos de calidad, confiabilidad de equipos, aumento de inventarios, entre otras.
4. Se debe revisar en terreno (*gemba*) el área a intervenir, con la finalidad de observar y detectar las oportunidades de mejora.
5. Los integrantes del equipo deben tomar nota de las oportunidades detectadas mediante lo que se puede definir como tarjeta de oportunidad (Anexo A).

Para el caso de esta propuesta de modelo de mejora, los eventos Kaizen que debiesen desarrollarse serán en base a la selección de oportunidades detalladas en el capítulo anterior. Dado que ya se cuenta con el desarrollo del VSM, se proponen el uso e implementación de cinco herramientas lean que apoyen la solución de las oportunidades seleccionadas, estas son:

- ✓ Las 5S, para orden y limpieza.
- ✓ Trabajo Estándar.
- ✓ Control Visual.
- ✓ Cambios Rápidos de Productos (SMED).
- ✓ Mantenimiento Productivo Total (TPM).

Para cada intervención que se realice en los centros de trabajo definidos, deberá llevarse el control del avance de las mejoras mediante un documento de registro de actividades (Anexo A), con el fin de mantener informados a todos en el área de intervención y así mantener un seguimiento a las mejoras.

Para el desarrollo de un evento Kaizen será necesario que los participantes consideren los siguientes aspectos:

- ✓ Los participantes siempre deberán mantener la mente abierta con el fin de realizar cambios.
- ✓ Siempre se debe mantener una actitud positiva e incluso ante condiciones adversas.
- ✓ Los desacuerdos deben hacerse evidentes ante el equipo, nunca reservarlos.
- ✓ Siempre debe existir un ambiente de cooperación.
- ✓ El respeto mutuo es fundamental.
- ✓ Todas las opiniones son validas, independiente de quien las emita.
- ✓ Siempre será válido preguntar ante todo el equipo.

6.2.2 Implementación de Metodología 5S

Del análisis realizado a partir del VSM actual se propone la implementación de la metodología 5S, con la finalidad de brindar al proceso completo un estándar de orden que facilite el desarrollo de futuras implementaciones de herramientas lean de mayor complejidad, partiendo de la base que 5S debiese ser el punto de partida para un proceso de mejora continua. Por esta razón se propone, en primera instancia, implementar 5S en el área de: Empaque, Clasificación, Aserrío Múltiple y Aserrío Primario. Esto también sería válido para las demás áreas del proceso, en una segunda instancia, incluyendo además los talleres de mantención y de elementos de corte.

Procedimiento para la Implementación de las 5S

Planificación y Preparación:

1. Es fundamental la capacitación de todo el personal, esto significa explicar de qué se trata el método de las 5S, cual es su utilidad y cómo se llevará adelante la implementación.
2. Se debe realizar una difusión clara de los fundamentos del método, donde quede establecido y para conocimiento la utilidad y los beneficios que se pueden lograr para todos al conseguir una implementación exitosa.
3. Ideal es realizar benchmarking, en lugares donde se ha conseguido una implementación exitosa.
4. Para comenzar es recomendable aplicar 5S en una o dos áreas de manera piloto, de tal manera de mostrar resultados y que todos comprendan el proceso.
5. Debe existir un responsable en cada área de implementación el cual velará por la correcta implementación y seguimiento de cada etapa del método.
6. Deberá existir un tablero en el cual se evidencien los avances de la implementación realizada en cada una de las áreas.
7. Debe existir una instancia formal del inicio del proceso de implementación, en este caso es aconsejable que dé inicio al proceso la persona con mayor rango al interior de la compañía, delineando claramente que un proceso como éste es un esfuerzo estratégico para asegurar una operación de clase mundial.
8. Como buena práctica es recomendable fotografiar las áreas antes de iniciar la implementación, para así evidenciar el punto de partida.

Implementación de la Primera S: La Selección

1. Se debe crear un equipo, el cual liderará el proceso para la primera etapa. Este equipo se encargara de: fotografiarlas áreas designadas y generará una evaluación inicial.

2. La selección consiste en retirar del lugar de trabajo todos los artículos que no son necesarios, o sea, se debe eliminar todo lo que no se necesita o se desconoce si en realidad es necesario. Un buen parámetro para decidir es tomar en cuenta los objetos que no se han utilizado durante el último mes o aquellos que no se utilizarán en el futuro cercano, retírelos de forma de liberar espacio.
3. Los objetos seleccionados que han sido identificados como no necesarios se serán llevados a un sector previamente establecido para esto. Para control es recomendable hacer uso de tarjetas rojas en cada uno de los artículos innecesarios. Cada una de estas etiquetas debe tener un número, el departamento al cual pertenece, la fecha y el motivo por el cual ha sido etiquetado (Anexo B).

Implementación de la Segunda S: El Orden

En esta etapa se debe dar orden a los artículos que fueron seleccionados como necesarios para el desarrollo del trabajo, estableciendo un lugar específico para cada uno de los artículos, de manera de facilitar la identificación, localización, disposición y devolución al mismo sitio luego de ser utilizado.

1. Seccionar el área de trabajo en partes manejables y fáciles de identificar.
2. Confeccionar una guía de ubicaciones.
3. Establecer sitios para cada artículo.
4. Un buen ejercicio es pintar las siluetas o delimitar con colores la posición de los objetos en su correspondiente área designada.



Figura 6.2: Ejemplo de Orden (*Fuente: leanroots*)

Implementación de la Tercera S: La Limpieza

La limpieza consiste en eliminar la suciedad del área de trabajo. Se debe tener presente que al limpiar se está haciendo una inspección, así es posible identificar problemas antes de que pasen a ser problemas críticos de difícil solución.

- ✓ Se diseña un programa de limpieza.
- ✓ Se definen los métodos de limpieza.
- ✓ Se establece una disciplina.
- ✓ Se deben asignar responsables de las actividades de limpieza.
- ✓ Se debe definir la frecuencia y los tiempos en que se lleva a cabo la actividad.
- ✓ Hacer una lista con las actividades que se realizaran.
- ✓ Hacer una lista con los artículos necesarios para realizar las actividades de limpieza.
- ✓ Documentar las actividades en un procedimiento.

Lo fundamental que debe entender el personal, es que esta etapa no se trata de limpiar, sino que buscar maneras de no ensuciar.

Implementación de la Cuarta S: La Estandarización

La estandarización es lograr que los procedimientos, prácticas y actividades se ejecuten de forma consistente para asegurar que las etapas anteriores de: selección, organización y limpieza se mantengan en las áreas de trabajo.

En esta etapa es recomendable elaborar un procedimiento de estandarización con la finalidad de mantener las 5S en el tiempo en aspectos como: estandarización de colores, color y tipo de líneas, codificación de artículos, guías de ubicación de artículos, tarjetas, estándares para la organización, estándares para la limpieza, reglamentos, entre otras que puedan ayudar a una correcta implementación.

Será necesario también evaluar los avances de las áreas. Estas evaluaciones deben ser objetivas, para lo cual debe existir personal designado para esta actividad. En esta evaluación debe hacerse evidente la condición anterior a la implementación y la posterior, de forma de comparar y observar los avances (Anexo B).

Implementación de la Quinta S: El Seguimiento

Esta etapa consiste en convertir en hábito las actividades de las 5S, conservando y llevando a cabo los procesos generados mediante el compromiso de todos los involucrados. En esta etapa es recomendable:

- ✓ Dar a conocer a todos los logros que se han conseguido.
- ✓ Mostrar en gemba los avances.
- ✓ Capacitación continua.
- ✓ Hacer reconocimiento al equipo involucrado.

6.2.3 Implementación de Trabajo Estándar

Se plantea la opción de realizar la implementación de Trabajo Estándar en todos los procesos analizados, de esta manera se asegurará un punto de partida para las demás oportunidades de mejora que se puedan detectar.

Para seguir una secuencia se recomienda comenzar con el proceso de Aserrió Primario para luego continuar con los demás procesos de tal forma de conseguir un estándar definido para el proceso completo.

Para la implementación en cada proceso se recomienda seguir el siguiente procedimiento:

Procedimiento de implementación de Trabajo Estándar

- i. Observar el desarrollo del proceso haciendo un seguimiento de todas las actividades que realizan los operadores, es recomendable tomar nota de éstas actividades.
- ii. Medir los tiempos de cada actividad realizada por los operadores, esto quiere decir, identificando el momento en que comienza una actividad hasta que termina y así sucesivamente con todas las actividades realizadas dentro del proceso. Para esto se recomienda el uso de la planilla de Medición de Tiempos (Anexo C).
- iii. Hacer cálculos de la capacidad de los procesos analizados, registrar esta información en Hoja de Capacidad de Operación, (Anexo C), con el fin de saber la real capacidad de los procesos y ajustar la producción al tiempo takt.
- iv. Con la información recopilada anteriormente se debe diseñar la secuencia óptima de la capacidad del proceso, detallando cada actividad en una secuencia óptima y los tiempos asociados a cada una de las actividades. Se recomienda el uso de la Tabla Combinada de Operaciones Estandarizadas (Anexo C).
- v. Finalmente se debe generar el procedimiento de operación estándar, en el cual se recomienda usar fotografías de las actividades señalando la secuencia estándar de operación, con la finalidad que cada operador entienda rápidamente y de forma clara cada paso de su operación.

Para eso se recomienda el uso de la Hoja de Instrucción de Operación (Anexo C).

6.2.4 Implementación de Control Visual

Del análisis del VSM actual es factible proponer el uso de la herramienta lean Control Visual en todos los procesos, con la finalidad de ayudar comunicar tanto al personal del proceso como a aquellas partes interesadas dentro del proceso que necesiten conocer: indicadores, actividades, necesidades o cualquier información de importancia.

i. Empaque

En el caso del proceso de Empaque, por ejemplo, se plantea la opción de implementar sistemas de señal luminosa para dar aviso de evacuación de productos desde las mesas de empaque. Esta señal debiese implementarse en las zonas de evacuación de productos para dar aviso a los operadores de grúas, cuando hay producto listo para ser retirado de las mesas de evacuación y ser trasladado a las zonas de acopio. Otra oportunidad de implementar control visual en el área de empaque puede ser la definición y demarcación de los sectores de acopio de palillos para las maderas empalilladas, ya que representan un problema al momento de definir las cantidades y orden de éstos, por lo cual sería de gran utilidad corregir esta desviación disminuyendo los tiempos que los operadores dedican a gestionar éste tipo de materiales.

ii. Clasificado

En el caso de del proceso de Clasificado, se plantea la opción de implementar señales luminosas que permitan advertir cuando un buzón de almacenaje de productos está listo para ser evacuado y de esta forma optimizar los desplazamientos de los operadores. De la misma forma se plantea implementar una señal, puede ser luminosa, en la parte del proceso de clasificado por donde entra la

madera de reproceso, la cual en ciertas ocasiones presenta trabamiento de piezas, lo que en ciertas ocasiones representa grandes detenciones para poder evacuar el sector.

iii. Aserrío Múltiple

En el caso del proceso de Aserrío Múltiple, se plantea la opción de implementar una señal luminosa que alerte al personal del taller de elementos de corte cuando se esté pronto a un cambio de elementos en el equipo y así optimizar los tiempos de respuesta por parte del taller. Lo mismo en el caso que el proceso esté próximo a realizar un cambio de producto. Señales visuales en el sector de la máquina para el correcto uso de los elementos de setup del equipo.

iv. Aserrío Primario

Para el proceso de Aserrío Primario, se plantea la opción de instalar sistemas de señal luminosa para advertir cuando ocurran problemas en la zona de alimentación de trozos, evitando con esto la pérdida de tiempo que conlleva los trabamientos de trozos en las mesas de alimentación.

Se plantea la opción de sistemas de información implementados en cada proceso para dar a conocer el desempeño de estos en forma constante con los indicadores de mayor importancia, de esta forma permitirá a todo el personal conocer el desempeño del proceso de forma global.

Mediante los Eventos Kaizen será factible la propuesta de otros elementos de Control Visual, por parte de los propios operadores, que permitan optimizar de mejor manera el proceso.

6.2.5 Implementación de Cambios Rápidos (SMED)

Se propone la implementación de de SMED en el proceso de Aserrío Primario y Aserrío Múltiple, ya que es en estos equipos es donde se identifican los mayores tiempos de detención del proceso al realizar los cambios de productos, lo cual en promedio significan 50 minutos detenidos por turno, por lo cual se observa una importante oportunidad de mejora al lograr reducir estos tiempos. Para una correcta aplicación de SMED, será necesario que los operadores de éstas máquinas den cumplimiento al siguiente procedimiento:

Procedimiento de Implementación SMED

Etapa 1: Separación de actividades de set-up internas y externas

En esta etapa es recomendable realizar una lista de todas las piezas y herramientas que se deben utilizar durante un cambio de productos. En esta lista se pueden incluir: nombres, especificaciones, número de herramientas, número de partes a cambiar, presiones y temperaturas de operación, parámetros numéricos de productos y cualquier información referente al cambio que se realizará. El uso de este tipo de checklist permitirá a los operadores eliminar errores que se traduzcan en pérdidas de tiempos que no agregan valor al proceso. Estos checklist se deben generar para cada equipo de manera específica, esto quiere decir que para la propuesta debe generarse un checklist para: Aserrío Primario y Aserrío Múltiple.

Otro chequeo útil será sobre las condiciones de los elementos que se utilizaran para realizar los cambios de producto; esto sirve para asegurar el estado de los elementos antes de ser usados en las actividades internas para evitar paradas a raíz del mal estado de estos, con lo cual se transforma una actividad que antes era interna en externa.

Otro punto de importancia dentro de la implementación SMED trata sobre el transporte de los elementos necesarios para el cambio de producto (en estos casos

serán los elementos de corte de ambas máquinas); el operador debe asegurarse de trasladar o solicitar todos los elementos necesarios para el cambio, los cuales deben estar en el tiempo y cantidad requerida. Una vez que los elementos se han utilizado, se deberán regresar a la zona de almacenamiento o al taller para su reparación. Esta actividad debe asegurarse que siempre sea de carácter externo, o sea, se realiza cuando la máquina está en pleno funcionamiento sin afectar el flujo de la producción.

Etapas 2: Convertir actividades de set-up internas en externas

En esta etapa se busca transformar actividades, que previamente se han clasificado como internas en externas y de esta forma reducir los tiempos de cambio de productos. Una herramienta útil en esta etapa será la estandarización de partes y piezas que se utilizan durante un cambio de producto. Esta estandarización se debe realizar con aquellas partes y piezas que son estrictamente necesarias, desde el punto de vista operativo, para realizar los cambios de producto y evitar así generar un desperdicio al estandarizar piezas que finalmente no agreguen valor a la actividad. Cuando se lleve a cabo la estandarización se deberán analizar todas las actividades realizadas durante un cambio de producto una a una de tal forma de identificar aquellas actividades en las cuales es posible estandarizar elementos que aporten valor durante la actividad. Para el caso de estudio se propone la estandarización de elementos y actividades durante los cambios de esquemas de corte en el proceso de Aserrío Múltiple, el cual demanda tiempos que pueden ir de 12 – 15 minutos e incluso en algunos caso sobrepasar los 20 minutos, además de poseer un gran número de actividades que al analizarlas representan un gran desperdicio en el proceso y muchas de estas actividades no agregan valor.

Por otra parte se debe prestar atención en aquellas actividades que agregan valor y que ya se realizan de forma eficiente; estas actividades no deben sufrir alteración sino que deben unirse a las mejoras de estandarización que se realicen.

La estandarización deberá ir acompañada de procedimientos que deben seguir los operadores al momento de realizar los cambios de producto; esto tiene relación con actividades que normalmente realizan durante el cambio de productos, ahora deberán llevarlas a un punto fuera del tiempo utilizado para el cambio de producto, con el propósito de convertir actividades internas en externas. Para el caso en estudio, serán aquellas actividades donde los operadores de los procesos transportan y seleccionan las herramientas de corte de los equipos, las cuales deberán ser transportadas y seleccionadas mientras el equipo esté en funcionamiento y no durante el proceso de cambio de producto. Por otra parte se debe analizar la opción de automatizar algunas actividades internas, con el fin de realizarlas en menor tiempo o convertirla en actividades externas, por ejemplo: sistemas de limpieza interna automáticos y bloqueo mecánicos y eléctricos de equipos en un solo punto.

Etapa 3: Organización de las operaciones al momento de los set-up

En la etapa final de una implementación SMED la organización de las áreas de los procesos será fundamental. Para el caso de Aserrío Primario se recomienda implementar una zona de almacenaje de los elementos de corte (sierras huincha), justo en el sector en el cual se realiza el cambio de estos elementos, esto contempla tener un stock de herramientas adecuado para enfrentar los cambios de producto en el menor tiempo posible, para lo cual el área de apoyo encargada de la mantención de estos elementos debe estar alineado con la metodología SMED, entendiendo que un punto fundamental será proveer las herramientas en la cantidad y el tiempo necesario para así agregar valor al proceso. En el Aserrío Múltiple, de igual forma, se deben disponer de las herramientas necesarias para los cambios de producto siempre cerca del equipo; estos deben ser proveídos por el taller (sierras circulares, guías de corte y separadores), además deben asegurar la pronta reparación de aquellos elementos ya utilizados para tenerlos listos para un próximo cambio.

6.2.6 Implementación de Mantenimiento Productivo Total (TPM)

Para los procesos operativos señalados en el VSM se plantea desarrollar e implementar actividades de mejora en un entorno TPM (Empaque, Clasificado, Aserrío Múltiple y Aserrío Primario).

Para una correcta implementación de TPM, como ya se mencionó anteriormente, deben estar involucrados tanto personal de operaciones como los mantenedores de los equipos; ambas partes deben aportar para que el sistema avance definiendo tareas para cada uno y que todos sientan la responsabilidad de que el proceso debe estar en un flujo continuo. Para el control y registro de las actividades el método TPM, generalmente va acompañado de cartillas de operación en la cual se registran todos aquellos puntos de los equipos que poseen variables para el desarrollo de las operaciones; en esta cartillas debe quedar expresamente claro que variables deben estar bajo control para asegurar el correcto desempeño del proceso, teniendo una producción de calidad. Estas cartillas serán un instructivo para los operadores al momento de poner en funcionamiento sus equipos y sabrán prestar atención en aquellas variables de los equipos que pueden generar algún tipo de falla que afecte la operación del proceso, estas cartillas también serán de utilidad para el personal de mantención, ya que conocerán que puntos son los que deben tener especial atención en caso de falla o avería. Otra herramienta de utilidad serán los checklist, los cuales permitirán detectar anomalías que deben ser mejoradas para asegurar un correcto desempeño de los equipos. Mediante estos, tanto operaciones como mantención, podrán definir y decidir la mantención a aplicar a los equipos. Por otra parte es recomendable que se generen planes de mantenimiento en los cuales se deben registrar las actividades de mantención a realizar en los equipos, según: las especificaciones del fabricante, alcances de mantenedores y operadores. De esta forma se mantendrá claridad para todo el equipo de lo que se debe realizar en las máquinas para evitar problemas que afecten el correcto desempeño de éstas.

Para el caso del modelo se propone implementar TPM en los cuatro centros de operación especificados en el VSM futuro, con tal de mejorar los indicadores particulares de cada equipo y así aportar a un beneficio global del proceso.

Se plantea la implementación de TPM en las áreas mencionadas anteriormente, para ello será necesario:

- i. Definir claramente la máquina en el cual se desarrollará el evento Kaizen.
- ii. Crear un equipo de implementación, el cual deberá estar compuesto por los operadores, mantenedores e ingenieros.
- iii. Capacitar al equipo en los conceptos de TPM.
- iv. Planificar y definir reglas de la implementación.
- v. Preparar documentos necesarios para la correcta implementación, con el fin de registrar cada actividad que se realice.

De manera posterior al evento Kaizen se deberán seguir los principios de TPM que son:

- i. **Realizar una limpieza a fondo en las máquinas a intervenir y el área de trabajo (operadores y mantenedores):** la finalidad de este primer paso es que los propios operadores y mantenedores al estar realizando una limpieza exhaustiva, detectaran elementos que necesitan cambio, piezas flojas, cables cortados, entre otras oportunidades de mejora que deberán ser solucionadas durante el evento o posteriormente si son de una complejidad mayor.
- ii. **Implementar mantenimiento autónomo:** Para la implementación de este paso será necesario que el área a intervenir cuente previamente con la implementación de las 5S, ya que el orden y limpieza serán la base para el mantenimiento autónomo. El mantenimiento autónomo permitirá concretar un programa que sea

aplicado de forma diaria, el cual considerará básicamente las siguientes actividades:

- ✓ Lubricación de los equipos (Sierra cinta doble, Sierra múltiple, Clasificadora y Empaquetadora).
- ✓ Limpieza.
- ✓ Revisión de parámetros de operación.
- ✓ Ajustes menores.

Para el control de estos pasos será necesario registrar estas actividades en la Planilla de mantenimiento autónomo (Anexo D).

iii. Mantenimiento preventivo y predictivo

Para la aplicación de este paso será necesario que el equipo posea los conocimientos necesarios de las maquinas, por lo tanto deberán tener acceso a: manuales, recomendaciones del fabricante, la experiencia de los mantenedores y operadores. Luego se debe establecer la frecuencia de mantenimiento además de analizar la disponibilidad de repuestos en las bodegas.

iv. Análisis de confiabilidad

El análisis de confiabilidad se deberá desarrollar con el fin de identificar todos los componentes críticos que forman parte de las máquinas y establecer las fallas más probables de ocurrir y que tendrían un impacto en: funcionamiento correcto de la máquina, problemas de calidad del producto o probabilidad de accidentes para operadores o mantenedores.

En primera instancia se plantea seguir esta metodología en el área de: Aserrío Primario, Aserrío Múltiple, Clasificación y Empaque.

6.3 Evaluación Económica

Para el desarrollo de la evaluación económica de la propuesta del modelo de mejora planteado, se tomarán algunas consideraciones pertinentes para el desarrollo de dicha evaluación.

Se considerará un periodo de 10 años para evaluar el proyecto de implementación, dado que es el horizonte de evaluación definido por la compañía para cualquier tipo de proyecto de inversión. Una inversión inicial asociada a los costos de implementación de las herramientas propuestas en conjunto con el proceso de consultoría (información provista por una empresa de consultoría internacional). Una inversión para la mejora de equipos, lo cual se propone para el aumento de capacidad con una depreciación lineal durante los 10 años, costos asociados a salarios del personal extra para las tareas a potenciar en parte de los equipos, con el fin de aprovechar al máximo su capacidad y finalmente un costo asociado a la mantención de los equipos potenciados.

Para el cálculo de los ingresos se considerará el aumento del indicador clave del proceso, que es el Factor de Operación, el cual se estimará con una meta de 80% lo que representa un crecimiento de producción anual de 110.000 m³ (información entregada por Dpto. Control de Gestión), con lo cual el volumen de producción anual pasaría de 388.000 m³ a 498.000 m³.

Con esta información se construye un flujo de caja para la propuesta planteada.

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Producción adicional		110.000	110.000	110.000	110.000	110.000	110.000	110.000	110.000	110.000	110.000
Ingresos		6.160.000	6.160.000	6.160.000	6.160.000	6.160.000	6.160.000	6.160.000	6.160.000	6.160.000	6.160.000
Costos		-5.833.278	-5.833.278	-5.833.278	-5.833.278	-5.833.278	-5.833.278	-5.833.278	-5.833.278	-5.833.278	-5.833.278
Margen Bruto		326.722	326.722	326.722	326.722	326.722	326.722	326.722	326.722	326.722	326.722
Depreciación		-37.500	-37.500	-37.500	-37.500	-37.500	-37.500	-37.500	-37.500	-37.500	-37.500
EBIT		289.222	289.222	289.222	289.222	289.222	289.222	289.222	289.222	289.222	289.222
Impuesto (20%)		-57.844	-57.844	-57.844	-57.844	-57.844	-57.844	-57.844	-57.844	-57.844	-57.844
Ingreso Neto		231.378	231.378	231.378	231.378	231.378	231.378	231.378	231.378	231.378	231.378
Depreciación			37.500	37.500	37.500	37.500	37.500	37.500	37.500	37.500	37.500
Inversión	-637.500										
Flujo Caja	-637.500	268.878	268.878	268.878	268.878	268.878	268.878	268.878	268.878	268.878	268.878

Tasa	10%
VAN	\$ 954.638
TIR	37%

Para el cálculo del flujo de caja se considera un costo de producción de 53 USD/m³ y un precio de venta de 56 USD/m³.

Los siguientes cuadros muestran la estructura de costos e ingresos asociados a la implementación propuesta:

Costos Implementación	Cantidad	Unidad	USD/unid.	Total USD
Servicios de Cosnsultoría				
Análisis inicial	1	Consultoría	300.000	300.000
Implementación Metodología 5S				
<i>Capacitación</i>	60	horas	45	2.700
<i>Gastos de implementación</i>	1	unid.	1.500	1.500
Implementación Control Visual				
<i>Capacitación</i>	60	horas	45	2.700
<i>Gastos de implementación</i>	1	unid.	1.500	1.500
Implementación TPM				
<i>Capacitación</i>	60	horas	45	2.700
<i>Gastos de implementación</i>	1	unid.	1.500	1.500
Implementación SMED				
<i>Capacitación</i>	60	horas	45	2.700
<i>Gastos de implementación</i>	1	unid.	3.000	3.000
Implementación Trabajo Estándar				
<i>Capacitación</i>	60	horas	45	2.700
<i>Gastos de implementación</i>	1	unid.	1.500	1.500
Sub Tota			USD	322.500
Costos de Mejoras en Equipos				
Aumento de capacidad Nominal Proceso Aserrió Múltiple	1	unid.	300.000	300.000
Mejoramiento de Equipos de Proceso Empaque	1	unid.	75.000	75.000
Sub Tota			USD	375.000
Costos Aumento de Dotación				
Aumento de Dotación Proceso de Calsificado	4	personas	13.000	52.000
Aumento de Dotación Proceso de Empaque	6	personas	10.000	60.000
Mantenimiento	1	unid.	12.500	12.500
Sub Tota			USD	124.500
Total			USD	822.000

Ingresos Estado Futuro	Cantidad	Unidad	USD/m ³	Total USD
Producción Visión Futura (80% de FO)	110.000	m ³	56	6.160.000
Total Ingresos			USD	6.160.000

Costo Producción Estado Futuro	Cantidad	Unidad	USD/m ³	Total USD
Producción Visión Futura (80% de FO)	110.000	m ³	53	5.830.000
Costo Mantenimiento Visión Futura	110.000	m ³	0,11	12.500
Costo Total			USD	5.842.500

6.3.1 Análisis de Sensibilidad de la Evaluación Económica

Mediante la utilización de la herramienta Solver de Excel, se realiza un análisis de sensibilidad del flujo de caja presentado, determinando que:

1. Si la evaluación se realiza en un periodo de 10 años, el proyecto es indiferente ($VAN=0$), para una producción de 45.912 m³/año durante los 10 años de evaluación, esto representaría una mejora de 3% en el Factor de Operación, o sea, aumentar el indicador a 77%.
2. Si se asume el supuesto que el crecimiento real del Factor de Operación sea de 1% anual, el análisis de sensibilidad nos arroja que el proyecto sería rentable ($VAN>0$), a partir del año 8.
3. Finalmente si el crecimiento de Factor de Operación es radical alcanzando el 80% a partir del año 1, el proyecto será rentable ($VAN>0$) a partir del año 4.

7 CONCLUSIÓN

Mediante la información descrita en el presente trabajo se entrega como resultado el Mapa de Valor de la línea de producción de Aserrío Primario de la planta analizada. Este resultado tiene como finalidad presentar los indicadores lean asociados a las actividades estudiadas y las oportunidades de mejora factibles de implementar en el proceso, eliminando parte de los desperdicios propios de un modelo de producción en masa.

Por otra parte se han descrito las actividades lean factibles de utilizar y las acciones a realizar para una eventual implementación.

Finalmente se presentan los beneficios económicos factibles de percibir por parte de la compañía, si esta decidiera una implementación lean en sus operaciones.

En cuanto a los resultados obtenidos durante el estudio es factible señalar que la línea de Aserrío Primario de la compañía posee una rotación de inventario muy baja (2,5 veces/año), lo cual significa que posee un Lead Time de 98 días con tan solo 5,1 minutos de agregación de valor por cada m³ de madera producida. Esto trae como consecuencias mermas económicas al tener costos de inventarios muy altos, lo que sin duda es de mucha importancia para el correcto desempeño de la compañía. Este enorme problema responde en gran medida al diseño de la planificación de la producción, dado que funciona como una típica empresa de producción en masa, basándose en predicciones de demandas, lo cual impacta fuertemente en los niveles de inventarios tanto de materias primas, productos en procesos y productos terminados. Por otra parte, es factible observar que durante el proceso ocurren problemas por una mala nivelación en la producción, ya que existen equipos que son claros cuellos de botella, los cuales muchas veces se ven superados por los niveles de producción.

A todo lo anterior se puede agregar la falta de orden durante la ejecución de los procesos, la falta de estándares de producción, fallas recurrentes en equipos que

reducen el tiempo disponible para producir, todo esto en conjunto afecta la eficiencia de la línea productiva.

8 RECOMENDACIONES

Para asegurar operaciones en un ambiente ordenado y limpio, se recomienda la implementación de la metodología 5S, en aquellas secciones o áreas donde sea necesario. Esta metodología es el punto de partida para la implementación de otro tipo de mejoras y además se crea el hábito de trabajar en zonas limpias y ordenadas, reduciendo la probabilidad de ocurrencia de accidentes y además permite evidenciar anomalías que generalmente están cubiertas por desperdicios que no aportan ningún valor.

Para un flujo continuo de la producción se recomienda poner en práctica el Trabajo Estándar para asegurar que las operaciones se realicen siempre de la mejor forma conocida y abierto siempre a la mejora continua, con ello se puede asegurar disminuir la variabilidad de los procesos, mejorando con ello los resultados de las operaciones.

Se recomienda utilizar el Control Visual en aquellas áreas donde sea necesario, de tal manera de mejorar las operaciones mediante elementos visuales que permitan a los operadores desarrollar sus labores de manera más fluida, haciendo evidente los problemas, comunicando las necesidades y haciendo fluir la información importante a lo largo de proceso.

Para mantener los equipos productivos al máximo desempeño se recomienda la implementación de TPM (Mantenimiento Productivo Total); con esta herramienta se entrega la responsabilidad de los equipos a los propios operadores y mantenedores, los cuales deben velar por el correcto desempeño de sus máquinas y no que se limiten solo a operarlas.

Durante el desarrollo del estudio fue factible observar los largos tiempos de set-up y cómo éstos impactan en los indicadores del proceso; por esta razón se recomienda el uso de la herramienta SMED (Single Minute Change of Die), la cual es una herramienta potente para reducir los tiempos de cambios de productos.

9 ESTUDIOS FUTUROS

En el presente estudio se entrega el flujo de valor del proceso analizado con las recomendaciones que se han listado anteriormente como el punto de partida para convertir las operaciones normales en operaciones Lean, sin duda este trabajo no representa la verdad absoluta y dado que la mejora continua es un proceso iterativo será factible en un futuro buscar herramientas puntuales que permitan mejorar partes específicas del proceso.

Por esta razón queda abierta la posibilidad de extender un estudio de los procesos aguas abajo, los cuales presentan el mismo o incluso mayores desafíos, los cuales pueden ser enfrentados mediante la filosofía lean.

Los estudios posteriores incluirían las áreas de secado de madera aserrada y cepillado y junto a esta última sería factible incluir un estudio del área de molduras de madera y de esta forma abarcar el proceso globalmente desde el proveedor de materias primas hasta el cliente final de producto terminado, con resultados que impliquen todas estas áreas sería factible pensar en una compañía lean sólida y los beneficios serían mucho mayores.

10 BIBLIOGRAFÍA

Abdullah, F. (2003). *Lean Manufacturing Tools and Techniques in the Process Industry with a Focus on Steel*. Pittsburgh, Pensilvania, EE.UU.: University of Pittsburgh.

Busso, C. M. (2013). An Analysis of the Application of Indicators Alternative to Overall Equipment Effectiveness (OEE) in the Management of a Plant's Overall Performance. *Produção* , 23 (2), 205-225.

Carrizo y Campos, A. C. (2011). Single Minute Exchange of Die. A Case Study Implementation. *Journal of Technology Management & Innovation* , 6 (1), 129 - 146.

Eriksson, S. (1996). *Technical manual Edgar: Scanning and optimization system*. Sweden: Söderhamn Eriksson.

Espejo, L. (2011). *Aplicación de herramientas y técnicas de mejora de la productividad en una planta de fabricación de artículos de escritura* . Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).

Feld, W. M. (2000). *Lean Manufacturing, Tools, Techniques, And How To Use Them*. Boca Raton : Taylor & Francis.

Imai, M. (1986). *Kaizen: La clave de la ventaja competitiva japonesa*. New York: McGraw-Hill.

INFOR. (22 de junio de 2013). *Instituto Forestal de Chile*. Obtenido de <http://www.infor.cl>

Jones & Womack, J. P. (2003). *Lean Thinking* (Primera ed.). (E. Atmetlla, Trad.) Barcelona, España: Gestión 2000.

Kwon & Lee, O. K. (2004). Calculation methodology for contributive managerial effect by OEE as a result of TPM activities. *Jorurnal of Quality in Maintenance Enh* , 263 - 272.

LeanRoots. (17 de abril de 2013). *LeanRoots*. Obtenido de LeanRoots: <http://www.leanroots.com/poka-yoke.html>

Levinson, W. (2002). *Lean Enterprise: A Synergistic Approach to Minimizing Waste*. Milwaukee: ASQ Quality Press.

- Liker, J. K. (2010). *The Toyota Way: 14 Management principles from the world's greatest manufacturer*. Maryland: Natl. Book Network.
- Pirraglia A., S. D. (2009). *Status Of Lean Manufacturing Implementation on Secondary Wood Industries Including Residential, Cabinet, Millwork, and Panel Markets*. (N. A. BioResources, Editor) Recuperado el 8 de diciembre de 2013, de http://www.ncsu.edu/bioresources/http://ojs.cnr.ncsu.edu/index.php/BioRes/article/view/BioRes_04_4_1341_Lean_Manufacturing_Secondary_Wood_Ind
- Ray, C. Z. (2006). The Lean Index: Operational "Lean" Metrics for Wood Products Industry. *Wood and Fiber Science Journal* , 238 - 255.
- Shingo, S. (1985). *A Revolution In Manufacturing, The SMED System*. Cambridge , MA, United States of America: Productivity Press.
- Silva, H. S. (2011). *Análisis, evaluación y propuesta de clasificación de rollizos de pino radiata para aserradero Horcones I, Arauco S.A.* Concepción.
- Soriano-Meier H., & F. (2002). A Model for Evaluating the Degree of Leanness of Manufacturing Firms. *Integrated manufacturing Systems* , pp. 104 -109.
- Tinoco, J. C. (2004). *Implementation of Lean Manufacturing*. Wisconsin: University Wisconsin-Stout.
- USNR. (2010). *Grade Mark Reader Operations Manual*. Quebec: USNR.
- Womack & Jones, J. P. (1991). *The Machine that Changed the World: The story of Lean Production*. New York: Harper-Perennial.

11.2 Anexo B: 5S Orden y Limpieza

i. Tarjeta Roja

Área: Tarjetado por:	Tarjeta Roja Número _____ Fecha ____/____/____
	Razón de Tarjeta _____ _____ _____ Donde: _____ Cuando: _____

ii. Evaluación 5S

Evaluación 5S		
Area _____	Observaciones: _____ _____ _____ _____ _____	
Fecha	Antes	Actual
Selección		
Orden		
Limpieza		
Estandarización		
Autodisciplina		
Imágenes Antes	Imágenes Después	

11.4 Anexo D: Mantenimiento Productivo Total

Cartilla de Mantenimiento Autónomo

Máquina: _____
 Operador: _____
 Mes: _____

Actividad		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
Nº	Antes de comenzar el turno																																
1																																	
2																																	
3																																	
4																																	
n																																	
Nº	Durante el turno																																
1																																	
2																																	
3																																	
4																																	
n																																	
Nº	Al finalizar el turno																																
1																																	
2																																	
3																																	
4																																	
n																																	

Observaciones: _____

i. Cartillas de Mantenimiento Autónomo

11.5 Anexo E: Cajas de Proceso

Aserrío Primario

Parámetro	VSM inicial	VSM futuro	unidad
Tiempo de Ciclo Real	0,30	0,27	min/m ³
Operadores	1	1	personas
Lote Transferido	52.913	77.477	m ³ /mes
Tiempo de Trabajo Efectivo	265	354	h/mes
Tiempo de Trabajo Potencial	387	393	h/mes
Capacidad Nominal	230	230	m ³ /h
Producción Nominal	88.918	90.390	m ³ /mes
Tiempo de Ciclo Nominal	0,26	0,26	min/m ³
OEE	60%	86%	%
TVA	0,26	0,26	min/m ³

Aserrío Múltiple

Parámetro	VSM inicial	VSM futuro	unidad
Tiempo de Ciclo Real	0,65	0,38	min/m ³
Operadores	1	1	personas
Lote Transferido	20.761	56.356	m ³ /mes
Tiempo de Trabajo Efectivo	225	354	h/mes
Tiempo de Trabajo Potencial	372	393	h/mes
Capacidad Nominal	150	167	m ³ /h
Producción Nominal	55.830	65.749	m ³ /mes
Tiempo de Ciclo Nominal	0,4	0,36	min/m ³
OEE	37%	86%	%
TVA	0,4	0,36	min/m ³

Clasificado

Parámetro	VSM inicial	VSM futuro	unidad
Tiempo de Ciclo Real	0,37	0,29	min/m ³
Operadores	7	9	Personas
Lote Transferido	32.336	73.216	m ³ /mes
Tiempo de Trabajo Efectivo	199	354	h/mes
Tiempo de Trabajo Potencial	382	393	h/mes
Capacidad Nominal	161	207	m ³ /h
Producción Nominal	63.273	81.351	m ³ /mes
Tiempo de Ciclo Nominal	0,37	0,29	min/m ³
OEE	52%	90%	%
TVA	0,37	0,29	min/m ³

Empaque

Parámetro	VSM inicial	VSM futuro	unidad
Tiempo de Ciclo Real	0,72	0,32	min/m ³
Operadores	4	7	pers
Lote Transferido	32.336	72.112	m ³ /mes
Tiempo de Trabajo Efectivo	388	388	h/mes
Tiempo de Trabajo Potencial	390	393	h/mes
Capacidad Nominal	120	210	m ³ /h
Producción Nominal	46.824	81.351	m ³ /mes
Tiempo de Ciclo Nominal	0,5	0,29	min/m ³
OEE	69%	89%	%
TVA	0,72	0,29	min/m ³

Reaserrío

Parámetro	VSM inicial	VSM futuro	unidad
Tiempo de Ciclo Real	3,33	3,33	min/m ³
Operadores	2	2	personas
Lote Transferido	6.623	6.623	m ³ /mes
Tiempo de Trabajo Efectivo	368	368	h/mes
Tiempo de Trabajo Potencial	392	393	h/mes
Capacidad Nominal	18	18	m ³ /h
Producción Nominal	7.132	7.150	m ³ /mes
Tiempo de Ciclo Nominal	3,3	3,3	min/m ³
OEE	93%	93%	%
TVA	3,3	3,3	min/m ³

Canteo Optimizado

Parámetro	VSM inicial	VSM futuro	unidad
Tiempo de Ciclo Real	1,4	1,21	min/m ³
Operadores	1	1	pers
Lote Transferido	15.093	17.441	m ³ /mes
Tiempo de Trabajo Efectivo	352	352	h/mes
Tiempo de Trabajo Potencial	381	393	h/mes
Capacidad Nominal	52	52	m ³ /h
Producción Nominal	22.104	20.436	m ³ /mes
Tiempo de Ciclo Nominal	1,15	1,15	min/m ³
OEE	68%	85%	%
TVA	1,4	1,15	min/m ³