



Universidad Nacional de Córdoba

Facultad de Ciencias Exactas,

Físicas y Naturales

Escuela de Ingeniería Industrial

Análisis de Actividades No Productivas en un Aserradero

Autora:

VIER, DAVINA Matrícula: 34.767.529

Tutor:

ING. ANTÓN, FERNANDO

CÓRDOBA, MAYO 2014



“Cuando se buscan soluciones para mejorar,
existen infinitos caminos para lograr cualquier objetivo.”

Taiichi Ohno (1912-1990)



Dedicado a esas dos personas que dieron todo por mí
desde el momento en que nació: Mamá y Papá.



AGRADECIMIENTOS

A Dios, gracias por esta vida llena de oportunidades, por rodearme de personas maravillosas, por darme salud y haberme permitido realizar esta carrera.

A Papá y Mamá, mis ejemplos de vida a seguir, gracias por tanto amor, por estar siempre conmigo, por inculcarme sus valores, por confiar en mí y apoyarme incondicionalmente.

A mis hermanos, gracias por su paciencia eterna y comprensión, por su complicidad, por todo lo que vivimos juntos.

A Gabriel, mi compañero de vida, gracias por ser mi apoyo y no dejarme caer, por hacerme feliz cada día y estar siempre a mi lado.

A mi abuela Auria y a Paula mi abuela del corazón, gracias por todo su amor, por sus cuentos e historias, por cuidarme desde cerca y desde lejos también.

A mis abuelos que me cuidan desde el cielo, gracias por haber formado parte de mi vida y brillar cada noche en alguna estrella, recordándome que están conmigo siempre.

A mis compañeros, amigos del corazón, gracias por cada momento que vivimos juntos, por sus consejos, por sus abrazos, por su ayuda, me llevo mucho de cada uno de ustedes.

Al Ingeniero Fernando Antón, un gran profesor a quien admiro, gracias por su paciencia, por sus consejos tanto de carrera como de vida y por ayudarme en este proyecto.

A Mauro Paiaro, gracias por enseñarme a aplicar la teoría en la práctica y por su ayuda en la realización de este proyecto.

A la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, la gran casa de estudio en la que me formé, gracias por esta inmensa oportunidad, gracias por las experiencias, los aprendizajes y los retos, me llevo mucho más que un título universitario.

A mis tíos, primos y todos aquellos que forman parte de mi vida.

A todos simplemente gracias.



RESUMEN

El objetivo más importante de este trabajo es lograr identificar y reducir pérdidas, principalmente aquellas que más afectan la productividad de la empresa.

El método utilizado para llevar a cabo este proyecto es muy simple, primero se identifica el principal cuello de botella que determina la capacidad productiva del aserradero y se trabaja sobre él buscando las pérdidas que lo afectan hasta lograr reducirlas y de esta forma convertirlo en un no cuello de botella, luego se toma la siguiente restricción y se aplica el mismo procedimiento. Por otro lado, se detectan actividades no productivas que si bien no determinan la capacidad del sistema, generan deficiencias o entorpecen la producción.

Como muchas veces no es fácil identificar las pérdidas, se utiliza como guía las propuestas por Taiichi Ohno de Toyota teniendo en cuenta que no son las únicas y que las mismas pueden presentarse de otras formas. Para intentar erradicar estas actividades no productivas, se aplican métodos y conceptos como SMED, Kanban, 5S, entre otros, y sobre todo se busca encontrar soluciones simples y lógicas al alcance de una empresa pequeña como la estudiada.

Si bien es imposible eliminar todas las pérdidas y se trabaja sólo sobre algunas de ellas, los resultados obtenidos son muy significativos ya que se logra aumentar un 63% la capacidad productiva del aserradero y mejorar situaciones que hoy en día paran la producción sin necesidad de comprar máquinas, trabajar horas extras o hacer grandes inversiones.

Finalmente, se incluye un análisis económico para evaluar la factibilidad de realizar los cambios y los beneficios monetarios que éstos traerían. Teniendo en cuenta las inversiones a realizar, los nuevos gastos mensuales que se generarían y los ingresos extra por ventas debidas al aumento de capacidad, se calcula el flujo de fondos que termina de describir numéricamente la conveniencia de eliminar estas pérdidas, ya que muestra que todas las inversiones son recuperadas en menos de un mes y se obtiene una buena ganancia neta mensual generada sólo por la diferencia de capacidad productiva.



ABSTRACT

The most important objective of this work is identify and reduce waste, mainly those that have more impact on the enterprise productivity.

The method used to carry out this project is very simple. First the main bottleneck (wich determines the capacity of the sawmill) is identified and the waste that affect it are reduced to turn it into a non-bottleneck. Then the following restriction is taken and the same procedure is applied. On the other hand, non-value-adding activities, wich not determine the system's capacity but can generate deficiencies or hinder the production, are detected.

As is often not easy to identify the waste, is used as a guide the ones proposed by Toyota considering that they are not the only ones and can be presented in other ways. To try to eliminate these non-productive activities, methods and concepts like SMED, Kanban, 5S, and others are applied and specially seeks to find simple and logicall solutions which can be reached by a small enterprise.

Although it is impossible to eliminate all the non-value-added activities and only works on some of them, the results obtained are very significative as achieved increase 63% the productive capacity of the mill and improve situations that today stop the production without the need to buying machines, working overtime or making large investments.

Finally, and economical analysis is included to evaluate the feasibility of making changes and monetary benefits they would bring. Considering the investments, the new monthly costs generated and the extra incomes from sales due to increased capacity, cash flow is calculated and this finished numerically describe the convenience of eliminating these activities, since it shows that all investments are recovered in less than a month and a good net profit is obtained, generated only by the difference of production capacity.



ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	3
RESUMEN.....	4
ABSTRACT.....	5
ÍNDICE.....	6
LISTA DE TABLAS.....	7
LISTA DE FIGURAS.....	8
LISTA DE GRÁFICOS.....	9
1.INTRODUCCIÓN.....	10
1.1.EL PROBLEMA.....	10
1.2.PRINCIPALES OBJETIVOS.....	10
2.LA EMPRESA.....	11
2.1.LOCALIZACIÓN.....	11
2.2.PRODUCTOS.....	11
2.2.1.Principales defectos.....	11
2.3.MATERIA PRIMA.....	11
2.3.1.Pino Paraná.....	16
2.3.2.Pino Elliotti.....	16
2.3.3.Pino Taeda.....	16
2.4. ANÁLISIS DE LA ORGANIZACIÓN.....	16
2.5.MERCADO DE LA MADERA EN LA ARGENTINA.....	16
2.5.1.Facturación.....	17
2.5.2.Clasificación de las empresas de acuerdo a la cantidad de empleados.....	17
2.5.3.Distribución territorial.....	17
Misiones.....	18
2.5.4.Utilización de materia prima y producción industrial de madera aserrada	18
2.5.5.Utilización de planta y estado general del equipamiento.....	18
2.5.6.Gestión.....	19
2.5.7.Comercio Exterior.....	20
2.5.8.La empresa dentro del mercado.....	20
2.6.BREVE DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.....	20
3.MARCO TEÓRICO.....	22
3.1.EL CONCEPTO DE PÉRDIDA.....	22
3.2.LAS SIETE PÉRDIDAS DE TOYOTA.....	22
3.2.1.SOBREPRODUCCIÓN.....	22
3.2.2.TIEMPO DE ESPERA.....	22

LISTA DE GRÁFICOS



3.2.3.	TRANSPORTE INNECESARIO.....	22
3.2.4.	EXCESO DE PROCESO.....	23
3.2.5.	INVENTARIO.....	23
3.2.6.	MOVIMIENTO INNECESARIO.....	23
3.2.7.	PRODUCTOS DEFECTUOSOS.....	23
3.2.8.	DESPERDICIO DE TALENTO HUMANO.....	23
3.3.	TEORÍA DE LAS RESTRICCIONES.....	23
3.3.1.	RESTRICCIONES O CUELLOS DE BOTELLA.....	23
3.3.2.	INDICADORES FINANCIEROS Y OPERATIVOS.....	24
3.3.3.	LOS CINCO PASOS DE LA TOC.....	24
3.3.4.	LAS NUEVE REGLAS DE APLICACIÓN.....	24
3.3.5.	EL SISTEMA DBR.....	24
3.4.	HERRAMIENTAS PARA REDUCIR PÉRDIDAS.....	24
3.4.1.	LAS 5S.....	25
3.4.2.	SMED.....	25
3.4.3.	KAN BAN.....	25
	Cantidad de contenedores.....	26
3.4.4.	DISTRIBUCIÓN DE PLANTA O LAYOUT.....	26
	Manejo de Materiales.....	27
4.	ANÁLISIS DE ACTIVIDADES NO PRODUCTIVAS	29
4.1.	EL PROCESO PASO A PASO.....	29
4.2.	LA CAPACIDAD PRODUCTIVA Y EL CUELLO DE BOTELLA.....	30
	<i>Proceso de obtención de la capacidad de la Panera.....</i>	<i>30</i>
4.3.	DISMINUCIÓN Y/O ELIMINACIÓN DE PÉRDIDAS EN RELACIÓN A LOS CUELLOS DE BOTELLA.....	32
4.3.1.	EL PRIMER CUELLO DE BOTELLA: LA CANTEADORA	32
4.3.2.	EL SEGUNDO CUELLO DE BOTELLA: EL PROCESO DE APILADO.....	33
	Cambio de layout para el proceso de apilado.....	34
4.3.3.	EL TERCER CUELLO DE BOTELLA: LA MACHIMBRADORA.....	35
	Aplicación de SMED al proceso de machimbrado.....	35
4.3.4.	EL CUARTO CUELLO DE BOTELLA: LA PANERA.....	37
4.3.5.	EL CUELLO DE BOTELLA PRINCIPAL: EL HORNO.....	37
	Aplicación de Kanban al proceso de secado.....	37
4.4.	OTRAS ACTIVIDADES NO PRODUCTIVAS ENCONTRADAS.....	38
4.4.1.	DESABASTECIMIENTO.....	38
	Aplicación de Kanban al abastecimiento de materia prima.....	38
4.4.2.	FALTA DE ORDEN Y LIMPIEZA.....	38
	APLICACIÓN DE 5S.....	39
5.	RESULTADOS OBTENIDOS.....	42
6.	ANÁLISIS ECONÓMICO DE LAS MEDIDAS TOMADAS.....	43
6.1.	INGRESOS.....	43

LISTA DE GRÁFICOS



6.2.EGRESOS.....	43
6.2.1.Materia prima.....	43
6.2.2.Mano de Obra.....	43
6.2.3.Energía Eléctrica.....	43
6.2.4.Impuesto sobre los Ingresos Brutos.....	44
6.3.INVERSIONES.....	44
<i>Ley de Rendimientos Decrecientes</i>	44
6.4.PRÉSTAMO.....	44
6.5.FLUJO DE FONDOS.....	45
7.CONCLUSIÓN.....	47
8.BIBLIOGRAFÍA.....	48
9.ANEXO I: MEDICIONES DE TIEMPO.....	49
10.ANEXO II: CAPACIDADES PRODUCTIVAS EN M/MIN.....	51
10.1.MÚLTIPLE.....	51
10.2.ALIMENTADORA Y CANTEADORA.....	51
10.3.APILADO.....	51
10.4.HORNO.....	51
10.5.MACHIMBRADORA.....	51
10.6.EMBALAJE.....	51
11.ANEXO III: CÁLCULO PORCENTAJE DERIVADO A MÚLTIPLE Y ALIMENTADORA	52
11.1.DESDE PANERA.....	52
11.2.DESDE MÚLTIPLE.....	53



LISTA DE TABLAS

LISTA DE GRÁFICOS

LISTA DE FIGURAS

Figura 37 - Estructura de alimentación PROPUESTA PARA LA CANTEADORA.....	61
FIGURA 38 - NUEVAS CAPACIDADES CAMBIANDO LA ESTRUCTURA DE ALIMENTACIÓN DE LA CANTEADORA	61
FIGURA 39 - CARRO DE SEPARADORES.....	63
FIGURA 40 - RECORRIDOS EN EL PROCESO DE APILADO.....	64
FIGURA 41 - NUEVOS RECORRIDOS EN EL PROCESO DE APILADO.....	66
FIGURA 42 - ESQUEMAS SEPARADORES ACTUALES (ARRIBA) Y PROPUESTOS (ABAJO).....	67
FIGURA 43 - MEDIDOR DE DIÁMETROS.....	73
FIGURA 44 - PLANILLA DE CONTROL DE MATERIA PRIMA.....	73
FIGURA 45 - PROCEDIMIENTO DE KANBAN EN EL PROCESO DE SECADO.....	76
FIGURA 46 - PROCESO DE ABASTECIMIENTO ACTUAL.....	77
FIGURA 47 - ESTRUCTURA DE CONTENCIÓN DE MATERIA PRIMA PROPUESTA.....	78
FIGURA 48 - PROCESO DE ABASTECIMIENTO UTILIZANDO KANBAN.....	79
FIGURA 49 - COSAS INSERVIBLES O FUERA DE LUGAR.....	80
FIGURA 50 - IZQUIERDA: TALLER DE CARPINTERÍA. DERECHA: TALLER DE AFILADO.....	81
FIGURA 51 - IZQUIERDA: MESA DE TRABAJO. DERECHA: MATAFUEGOS FUERA DE LUGAR Y SIN IDENTIFICAR	81
FIGURA 52 - OFICINA DE QUIENES DIRIGEN LA EMPRESA.....	82
FIGURA 53 - DEMARCACIÓN DE MÁQUINAS.....	84
FIGURA 54 - ASIGNACIÓN DE UN LUGAR FIJO AL MATAFUEGO.....	85
FIGURA 55 - ESTANTERÍA TALLER. IZQUIERDA: ANTES. DERECHA: DESPUÉS.....	85
FIGURA 56 - AFILADORA ANTES Y DESPUÉS.....	86
FIGURA 57 - TALLER. IZQUIERDA: ANTES. DERECHA: DESPUÉS.....	86
FIGURA 58 - DETALLE DE TALLER. IZQUIERDA: ANTES. DERECHA: DESPUÉS.....	86
FIGURA 59 - IZQUIERDA:TALLER DE 5S. DERECHA:DETALLE DE HOJAS DE SIERRA.....	87
FIGURA 60 - PLANILLA DE ASIGNACIÓN Y CONTROL DE LIMPIEZA.....	88
FIGURA 61 - INSTRUCTIVO PARA LA INSPECCIÓN DE 5S EN EL TALLER DE AFILADO.....	89
FIGURA 62 - PLANILLA DE INSPECCIÓN DE 5S.....	90
FIGURA 63 - REPRESENTACIÓN CUCHILLAS MÚLTIPLE Y TABLAS OBTENIDAS POR PASADA.....	108
FIGURA 64 - REPRESENTACIÓN DE ÁREAS UTILIZADAS PARA CALCULAR EL PORCENTAJE DE MADERA DERIVADO A CADA MÁQUINA.....	111
FIGURA 65 - REFERENCIAS DE MEDIDAS UTILIZADAS.....	113

LISTA DE GRÁFICOS



LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - FACTURACIÓN ANUAL SECTOR MADERERO.....	13
GRÁFICO 2 - TAMAÑO EMPRESAS DEL SECTOR MADERERO.....	14
GRÁFICO 3 - DISTRIBUCIÓN TAMAÑO DE ASERRADEROS Y EMPRESAS DE REMANUFACTURAS DE MADERAS.	15
GRÁFICO 4 - MATERIA PRIMA UTILIZADA EN EL SECTOR POR AÑO.....	17
GRÁFICO 5 - PRODUCCIÓN DE MADERA POR AÑO.....	17
GRÁFICO 6 - LEY DE RENDIMIENTOS DECRECIENTES DE LOS AUMENTOS DE CAPACIDAD.....	98



1. INTRODUCCIÓN

1.1. El problema

La situación en la que se encuentra el aserradero Los Pinales SRL actualmente es crítica. La capacidad a la que se produce es muy baja comparada con lo que se debería producir. Absolutamente todos los pedidos se entregan con demoras que van desde las dos semanas hasta meses, esto hace que los clientes busquen otros proveedores o pidan menores precios.

La primera y única solución que muchos se plantean en esta instancia es que debe invertirse en maquinaria nueva con mayor capacidad y que debe contratarse más personal para acelerar la producción. Pero, si una persona que tiene alguna idea de qué es una pérdida y puede identificarla, se detiene a observar el proceso por un momento, enseguida se da cuenta que el problema no son las máquinas ni la falta de personal. El problema son las pérdidas.

Las pequeñas, medianas y grandes pérdidas que se producen a lo largo de los procesos, son las que hacen disminuir la utilización de la capacidad y con ello la productividad de todo el sistema. Por más insignificante que parezca, su efecto puede ser catastrófico en la vida de una empresa.

1.2. Principales objetivos

Con la realización de este trabajo, se busca:

- Saber distinguir entre lo que es pérdida y lo que no.
- Encontrar las principales pérdidas que están afectando la producción de la empresa y eliminarlas o por lo menos lograr disminuirlas para aumentar, no sólo la capacidad de la misma, sino también la productividad.
- Demostrar la eficacia de la aplicación de algunos conceptos y herramientas simples como ser los cuellos de botella, el SMED, el Kanban y las 5S, entre otros.

2. LA EMPRESA

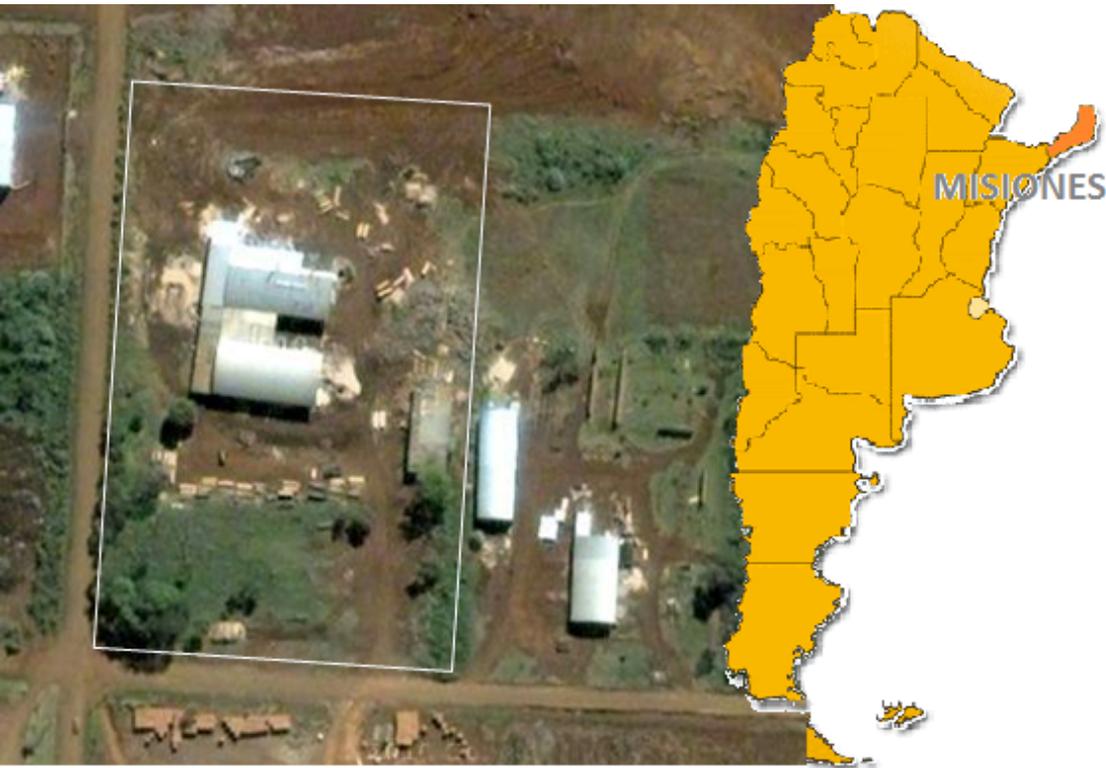
Los Pinales SRL fue fundada como una sociedad de responsabilidad limitada en el año 1999 por sus tres socios que hoy se encargan de la administración de la misma. Es una empresa pequeña, dedicada al procesamiento de madera para la obtención de machimbre, tablas y tirantes.



Figura - Aserradero Los Pinales SRL

2.1. Localización

La planta se encuentra ubicada en el Parque Industrial de Puerto Rico, Provincia de Misiones, donde la mayor actividad económica es la derivada de la industria maderera. Cuenta con una superficie cubierta de mil ochocientos metros cuadrados en un predio de alrededor de una hectárea y media, en las cercanías de la Ruta Nacional 12 y el Río Paraná.



2.2. Productos

Los pinales se dedica al procesamiento de madera de pino, de las variedades ellioti, taeda y paraná, para obtener los siguientes productos:

Machimbre o Machihembrado, son tablas sometidas a un proceso de secado y cepillado, que presentan en sus cantos laterales dos perfiles diferentes, ranura de un lado y lengüeta del otro, lo cual permite el encastre entre ellas. Gracias a la superficie lisa y solidaria que se logra es de gran utilidad en revestimientos de cielorrasos, paredes y muebles.

Se comercializan en metros cuadrados, en tres diferentes espesores, $\frac{1}{2}$ " , $\frac{3}{4}$ " y 1" y en anchos de 3" a 6". Además se diferencia cuando son de segunda o se encuentran manchadas, es decir cuando presentan algún tipo de defecto superficial. El precio del producto está fuertemente influenciado por el largo del machimbre, existiendo dos grandes categorías, de 0,6 a 1,7 metros y mayores a 1,8 metros de largo. Este producto, representa cerca del 90% del volumen de producción mensual de la planta, siendo el más importante y crítico para la empresa.

Por otro lado, se venden maderas aserradas, secadas de manera natural y pueden ser cepilladas o no, dependiendo de los requerimientos del cliente, dentro de esta categoría se incluyen:

- **Tablas:** son piezas de madera plana, de poco espesor en relación a su ancho y cuyas dos caras son paralelas entre sí.¹ Se utilizan principalmente en la construcción para realizar los encofrados, como embalajes o en la realización de muebles. También son sometidas a un proceso de secado y se presentan en diferentes medidas en su longitud, ancho y espesor.
- **Tirantes:** piezas de madera plana, de gran espesor en relación a su ancho y cuyas dos caras son paralelas entre sí, que son utilizados como materiales estructurales en la construcción. Se presentan en diferentes medidas en su longitud, ancho y espesor.
- **Listones:** son piezas de madera que presentan poco espesor y ancho respecto a su largo. Su uso es tanto funcional en la construcción como decorativo, en decoración de interiores y carpintería.

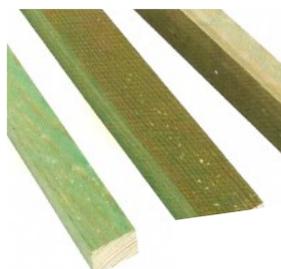
Estos productos se comercializan en pie cuadrados y en diferentes largos que van desde 6 a 21 pies. Pero para la realización de este trabajo sólo se tendrá en cuenta el machimbre que es el producto que más se comercializa.



MACHIMBRE



TABLAS



2.2.1. Principales defectos

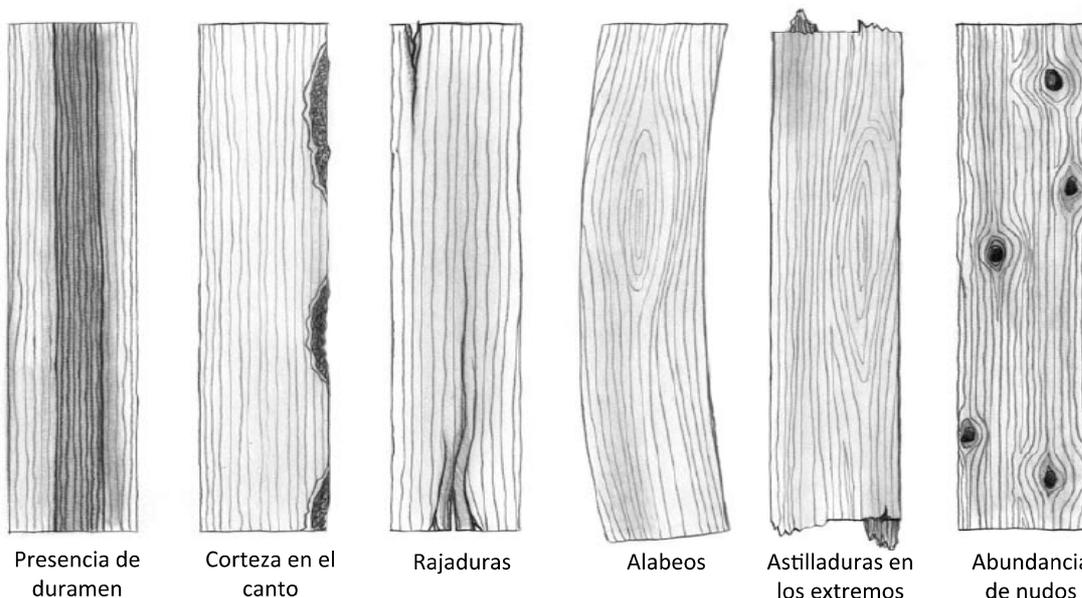
Los principales defectos de la madera aserrada son los siguientes:

- *Presencia de duramen*, es un defecto de origen natural. El duramen es la parte central del tronco, de color más oscuro, formado por células fisiológicamente inactivas, que protegen a la madera del ataque de los hongos, en cambio la albura es

¹ Según diccionario de Real Academia Española.

la madera de más reciente formación y por la que viajan la mayoría de los compuestos de la savia. Si bien la duramización constituye una ventaja para el empleo natural de la madera, presenta un inconveniente para la impregnación artificial o su tratamiento químico.

- *Corteza en el canto*, este tipo de defecto es originado por el mal aserrado de la madera dejando parte de la corteza en los bordes de la madera lo que impide tener el debido paralelismo de los cantos en las tablas y tirantes o bien no poder realizar el machihembrado correctamente.
- *Rajaduras*, son bastas separaciones a lo largo del grano que ocurren durante el proceso de conversión del rollo a tablas en el aserrado o durante el secado de la madera. Se extienden de una cara de la tabla a la otra.
- *Alabeos*, este defecto es producto de un mal proceso de secado que origina una distorsión del plano verdadero de la madera y pueden ser por torcedura, arqueadura, encorvadura o abarquillado.
- *Astilladuras en los extremos*, es la presencia de continuidades de fibras de la madera que no han sido cortadas correctamente por la sierra dejando un borde irregular y discontinuo.
- *Abundancia de nudos*, es defecto de origen natural en la madera. Los nudos son tejidos leñosos, resultantes de una rama incluida en la pieza de madera cuyas propiedades y características organolépticas son diferentes a la madera circundante. Puede localizarse en la cara, canto o arista de la pieza. Los mismos pueden ser sanos, es decir que no presentar rasgos de deterioro o pudrición, o pueden ser sueltos o huecos cuando las fibras que lo integran no están completamente unidas con la madera que lo rodea dejando un espacio vacío en la pieza.





2.3. Materia Prima²

La materia prima para el sector maderero puede ser diferenciada en dos grandes grupos. Por un lado, los rollizos de madera provenientes de los bosques nativos y, por otro lado, la de los bosques implantados.

En la Argentina, a principios del siglo veinte existían aproximadamente cien millones de hectáreas de bosques nativos, pero debido a la constante deforestación indiscriminada y no planificada y el avance de la frontera agropecuaria, actualmente existen menos de treinta millones, lo que hace peligrar muchas especies.

Con excepción de la lenga, el algarrobo y otras especies menores, que permiten realizar productos selectivos, la posibilidad de aplicar economía de escala en la producción con materia prima de bosques nativos es limitada. Es por ello que, a pesar de generar especies nobles de alto valor, existen problemas de disponibilidad de rollizos de grandes diámetros y su calidad se ve afectada.

La situación de los bosques implantados es diferente. El desarrollo de la implantación de bosques ha sido impulsado a partir de la implementación de diferentes regímenes de promoción forestal, fomentados por el Estado desde los años cincuenta, lo que combinado con las buenas condiciones agroecológicas para implantar especies de rápido crecimiento (especialmente pino y eucalipto), permitió que se realizaran grandes proyectos forestoindustriales integrados en forestación e industrialización, en especial para la producción de pasta de papel y tableros de madera reconstituida, generando un crecimiento importante en las hectáreas forestadas.

Sin embargo, en los últimos años, ya sea por razones de orden macroeconómico, institucionales o de financiamiento, la industria forestoindustrial local, incluida la celulósica-papelera no ha generado las inversiones necesarias para absorber la oferta total de rollizos. Según fuentes de AFOA (Asociación Forestal Argentina), Argentina posee una oferta anual ya madura de materia prima (rollizos para triturado y aserrado) de alrededor de veinte millones de toneladas, de las cuales sólo se industrializan anualmente el 50%, acumulando un stock en pie sin destino alguno. Esto genera que haya una gran oferta de materia prima.

² Fuente: MALASTÓN Carlos. 2011. Informe Plan *Estratégico Industrial. Argentina 2020. Sector Maderas y muebles.* INTI. Disponible en: http://inti.gov.ar/pdf/economia_industrial/PlanEstrategicoMaderayMuebles.pdf

A continuación se presenta una tabla con los tipos de maderas más utilizados de acuerdo al rubro según Encuesta RIMRA (Registro Industrial Maderero de la República Argentina) 2012.

Tipo de Madera	Aberturas, pisos y revestimientos	Aglomerados	Aserraderos y remanufacturas de madera	Carpintería en general	Envases y pallets	Muebles	Otros productos de madera	Tableros	Terciados, enchapados
Álamo	5 ^o	-	5 ^o	5 ^o	3 ^o	-	1 ^o	3 ^o	2 ^o
Algarrobo	6 ^o	-	-	-	-	-	-	-	-
Cedro	1 ^o	-	7 ^o	2 ^o	-	4 ^o	6 ^o	-	-
Eucalipto	2 ^o	2 ^o	1 ^o	-	1 ^o	5 ^o	3 ^o	2 ^o	3 ^o
Guatamb	4 ^o	-	6 ^o	1 ^o	-	1 ^o	4 ^o	-	-
Incienso	-	-	-	6 ^o	-	-	-	-	-
Kiri	-	-	-	-	-	-	7 ^o	-	-
Lapacho	7 ^o	-	-	-	-	-	-	-	-
Lenga	-	-	-	-	-	7 ^o	-	-	-
Paraíso	-	-	4 ^o	3 ^o	7 ^o	3 ^o	-	-	4 ^o
Pino	5 ^o	-	3 ^o	4 ^o	4 ^o	6 ^o	4 ^o	-	5 ^o
Pino	3 ^o	1 ^o	2 ^o	7 ^o	2 ^o	2 ^o	2 ^o	1 ^o	1 ^o
Saligna	-	-	-	-	6 ^o	-	-	-	-
Sauce	-	-	-	-	5 ^o	-	-	4 ^o	-

Tabla - Maderas más utilizadas

Como se puede observar en el rubro aserraderos y remanufactura de madera la materia prima más utilizada es el eucalipto seguido de los pinos Resinoso y Paraná, sin embargo esto puede variar mucho de empresa en empresa dependiendo de la ubicación y tipo de producto a realizar.

En Los Pinales se utiliza como materia prima el pino de bosques implantados de las zonas cercanas a Puerto Rico, principalmente de las variedades pino Paraná, Elliotti y Taeda.

Los pedidos de materia prima se realizan en toneladas puesto en planta y su precio puede variar hasta en un 60% según los diámetros de los rollos del paquete. La calidad de la madera en rollo abarca diversas características del tronco, como ser la conicidad, su rectitud, diferencia entre diámetro mayor y menor, y también sus dimensiones. En la Provincia de Misiones, específicamente en la zona de Puerto Rico, la clasificación de los diámetros más frecuentes son de 14-18 cm, 16-24 cm, 25-29 cm y 30-34 cm.³ Cada una de esas medidas conjuntamente con sus características definen el nivel de aprovechamiento que va a tener la materia prima.

2.3.1. Pino Paraná

También conocido como Pino Brasil, Pino Misionero, Curiy, entre otros nombres. Su madera es de color amarillo ocráceo con vetas color rojizo o verdosas, sus anillos de crecimiento son visibles, medianamente demarcados y grandes de hasta un centímetro en sentido radial. Puede secarse naturalmente o mediante horno, seca rápidamente y sin problemas estructurales, tiene cierta tendencia a agrietarse y deformarse pero no son comunes estos defectos.

Es una madera blanda, fácil de trabajar, cuya durabilidad natural al exterior enterrada se estima entre cinco y diez años, se clasifica como poco durable.



3 Según Área Economía e Información de la Dirección de Producción Forestal - MINAGRI

2.3.2. Pino Elliotti

El Pino Elliotti o Slash Pine pertenece a la familia de las pináceas. Su madera posee albura amarilla y duramen amarillo anaranjado a amarillo marrón rojizo claro, sus anillos de crecimiento están bien demarcados por una zona de tejido de color más oscuro bien notable.



Es una madera blanda cuya durabilidad natural al exterior enterrada en el suelo se estima en cinco años. A la intemperie, pero sin estar en contacto con el suelo es algo más durable. Responde perfectamente al secado artificial, sin problemas, con nula o baja tendencia a rajarse, agrietarse o deformarse, también puede secarse naturalmente.

2.3.3. Pino Taeda

También conocido como Pino del Lodazal o Pino amarillo del Sur, pertenece a la familia de las pináceas. Es una madera con albura amarilla y duramen amarillo anaranjado a amarillo marrón claro, sus anillos de crecimiento están bien demarcados, por zona de tejido de color más oscuro bien notable.

En el secado natural se comporta sin mayores problemas, seca rápido. Responde perfectamente al secado artificial con nula o baja tendencia a rajarse, agrietarse o deformarse. Su durabilidad natural al exterior enterrada en el suelo se estima en cinco años.



2.4. ANÁLISIS DE LA ORGANIZACIÓN

Para el análisis de la organización, Henry Mintzberg, en su libro *Diseño de Organizaciones Eficientes* (2004), propone un diagrama básico que ilustra las diferentes partes de la estructura organizativa y las interacciones entre sí.

La cumbre estratégica es el nivel más alto de una organización. Allí se encuentran las personas encargadas de la responsabilidad general de la empresa y tienen tres tipos de obligaciones, internas ya que deben supervisar que se logren los objetivos particulares en la organización asignando recursos, emitiendo órdenes de trabajo, autorizando decisiones importantes o resolviendo conflictos; externas, por ser el nexo con el ambiente en donde se encuentra, desarrollando nuevos proveedores, clientes o acuerdos con actores del rubro; y finalmente de tiempo, ya que se encargan de proyectar la organización en el futuro, definiendo su estrategia global, su visión, misión y objetivos.

En Los Pinales, esta parte de la organización está integrada por sus tres socios fundadores y el hijo de uno de ellos, existiendo una clara división de las obligaciones de cada uno. Las obligaciones de tipo tiempo son tomadas en consenso entre todos, mediante acuerdo mutuo en reuniones periódicas que se realizan durante el año. Uno de los socios junto a su hijo, son los encargados de la producción, controlando que se



cumplan cada una de las obligaciones del nivel operativo, así como también de controlar el ingreso de materias primas, repuestos, preparación de pedidos, etc. Otro de los socios es el encargado del área comercial, es decir cumple con una obligación de tipo externa. El tercer socio que no toma parte de ninguna obligación del tipo interna o externa, solamente participa en la definición de la estrategia a largo plazo de la empresa.

El núcleo operativo es aquel que realiza las actividades básicas de producción que mantienen viva a la empresa. Los Pinales SRL cuenta con doce personas en este nivel, que se encargan de operar las máquinas, mover la materia prima, materiales en proceso y productos terminados, preparar los pedidos, realizar mantenimiento a las maquinarias, etc. Respondiendo directamente a la cumbre estratégica.

La línea media en esta organización no existe debido a que no hay gerentes o supervisores que sean nexo entre el nivel operativo y la cumbre estratégica, sino que éstos se relacionan directamente. La tecnoestructura se encarga de estandarizar los procesos en todos los niveles de la organización, programando la producción, realizando estudios de tiempo, instituyendo sistemas de calidad de control, etc., en Los Pinales esta búsqueda de técnicas más apropiadas es prácticamente nula y en casos particulares de mejoras lo realizan en conjunto tanto el nivel operativo como el ápice estratégico. Es decir, no se presenta una tecnoestructura dentro de la empresa.

El staff de apoyo comprende a todas aquellas unidades de trabajo abocadas a tareas no productivas y sirven, como su nombre lo indica, de apoyo a la producción de la empresa. En Los Pinales, dichas tareas son realizadas por la misma cumbre estratégica y en casos muy particulares se busca ayuda externa, por lo que el staff de apoyo es prácticamente nulo.

En la empresa hay una clara definición de los puestos, obligaciones y responsabilidades, con una visión tradicional del organigrama permitiendo identificar con facilidad las posiciones que existen dentro de la organización, cómo se agrupan y cómo fluye entre ellas la autoridad, donde uno de los socios junto a su hijo son quienes imparten órdenes y tareas hacia los puestos operativos.

La estandarización de los procesos y las actividades es nula, cada persona aprende a hacer las tareas pero luego las realiza como le parezca mejor o como se sienta más cómodo. En cuanto a planificación de la producción, la empresa no cuenta con un plan detallado ni estricto, éste se realiza al corto plazo de acuerdo a las ventas que van surgiendo y se va modificando sobre el paso.



Esta empresa, posee una Configuración Estructural Simple, esto se debe principalmente a que la cumbre estratégica ejerce todo el poder en la toma de decisiones, el mecanismo de coordinación principal es la supervisión directa, no cuenta con tecnoestructura y el staff de apoyo es prácticamente inexistente, el comportamiento no es formalizado, el planeamiento es mínimo, entre otras cosas.

2.5. MERCADO DE LA MADERA EN LA ARGENTINA

El sector de la industria maderera está caracterizado por nueve actividades principales, las cuales se enuncian a continuación mostrando su porcentaje de participación, resaltando el sector al cual pertenece la empresa Los Pinales SRL⁴.

Subsector	%
Muebles	36,48
Aserraderos y remanufactura de madera	26,65
Otros productos de madera	12,1
Carpintería en general	9,64
Envases y pallets	6,99
Aberturas, pisos y revestimientos	5,86
Terciados y enchapados	1,32
Tableros	0,76
Aglomerados	0,19

Tabla - Actividades principales del sector maderero

⁴ Fuente: Encuesta RIMRA 2011.

2.5.1. Facturación

En el siguiente gráfico se puede observar la composición de las empresas del Sector Maderero con respecto a la facturación anual en pesos argentinos de acuerdo a los datos obtenidos de la Encuesta RIMRA 2011.

2.5.2. Clasificación de las empresas de acuerdo a la cantidad de empleados

Subsector	Micro 1 a 10		Pequeña 11 a 29		Mediana 30 a 89		Grande mas de 90	
	% Subrubro	% Total	% Subrubro	% Total	% Subrubro	% Total	% Subrubro	% Total
Aberturas, pisos y revestimientos	5,6	3,2	7,3	1,9	3,5	0,4	4,2	0,2
Aserraderos y remanuf. de madera	20,6	11,7	28,5	7,4	28,1	3,4	12,5	0,6
Carpintería en general	15,4	8,7	3,3	0,9	1,8	0,2	50,0	2,6
Envases y pallets	6,4	3,6	9,8	2,6	10,5	1,3	-	-
Muebles	36,3	20,6	39,0	10,2	38,6	4,7	-	-
Otros productos	15,0	8,5	10,6	2,8	12,3	1,5	25,0	1,3
Tableros	-	-	0,8	0,2	-	-	4,2	0,2
Terciado, enchapado	0,8	0,4	0,8	0,2	5,3	0,6	4,2	0,2
	100,0	56,7	100,0	26,1	100,0	12,1	100,0	5,1

Tabla - Clasificación por cantidad de empleados

2.5.3. Distribución territorial

Con excepción de la provincia de Buenos Aires y la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, las demás provincias firmaron tratados interprovinciales de integración conformando cuatro regiones:

- ▢ Región del Norte Grande Argentino. Formada por las provincias de Catamarca, Corriente, Chaco, Formosa, Jujuy, Misiones, Tucumán, Salta y Santiago del Estero. Abarcando 759.883 km².
- ▢ Región del Nuevo Cuyo. Formada por las provincias de La Rioja, Mendoza, San Juan y San Luis. Abarcando 404.906 km².
- ▢ Región Patagónica. Formada por las provincias de Chubut, La Pampa, Neuquén, Rio Negro, Santa Cruz, Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur. Abarcando 930.638 km².
- ▢ Región Centro. Formada por las provincias de Córdoba, Entre Ríos y Santa Fe. Abarcando 377.109 km².

Región	Participación porcentual
Capital Federal	8%
Buenos Aires	37%
Región Centro	27%
Norte Grande	18%
Nuevo Cuyo	6%
Patagónica	4%

Tabla - Participación de las regiones de acuerdo a la cantidad de empresas

Misiones

El 85% de las empresas de la Provincia de Misiones pertenece al subsector aserraderos, el 6% al subsector carpintería y el resto a muebles de madera, otras actividades y fábricas de terciado.

Las empresas están diseminadas por toda la provincia: el departamento de Oberá concentra el 17% de los establecimientos y sus ciudades más importantes son Oberá y Panambí; el departamento Eldorado tiene el 13% básicamente en su ciudad cabecera; Libertador General San Martín posee el 10% con la mitad de las empresas

en Puerto Rico; la Capital provincial contiene el 12% de los establecimientos; Cainguas el 8% y por último Guaraní y Montecarlo 7% cada uno.



2.5.4. Utilización de materia prima y producción industrial de madera aserrada

Como puede observarse en los siguientes gráficos, la producción de madera aserrada ha ido disminuyendo en los últimos años con la consecuente disminución de la materia prima utilizada⁵.

Gráfico - Materia prima utilizada en el sector por año

Gráfico - Producción de madera por año

5 Fuente: Series Estadísticas Forestales. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. <http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/PNEF/file/Series%202005-2011/Series%202005-2011.pdf>

2.5.5. Utilización de planta y estado general del equipamiento

Los distintos subsectores utilizan su planta en promedio un 75,5%, medida que se mantiene de años anteriores.

Porcentaje de Utilización de Planta	
Subsector	%
Aberturas, pisos y revestimiento	78,4
Aserraderos y reman. de madera	71,8
Carpintería en general	72,0
Envases y pallets	78,7
Muebles	79,3
Otros productos	76,7
Tableros	82,3
Terciado, enchapado	64,5
Promedio	75,5

Encuesta RIMRA 2011

Tabla - Utilización de planta

En cuanto al estado del equipamiento se observa que en general es bueno.

Estado del Equipamiento			
Subsector	Bueno	Regular	Obsoleto
Aberturas, pisos y revestimiento	80%	10%	10%
Aserraderos y reman. de madera	79,7%	18,8%	1,6%
Carpintería en general	72,9%	25%	2,1%
Envases y pallets	78,1%	15,6%	6,3%
Muebles	81,4%	18,1%	0,6%
Otros productos	79,3%	19%	1,7%
Tableros	100%	-	-
Terciado, enchapado	83,3%	16,7%	-
Promedio	81,84%	17,58%	3,70%

Encuesta RIMRA 2011

Tabla - Estado general del equipamiento

2.5.6. Gestión

En cuanto a la gestión, se analizan en la siguiente tabla los aspectos de sistema de costos, registro de producción y productividad, control de calidad, normas técnicas de productos, etc.

Gestión empresarial por subsectores (a)				
Subsector	Sistema de costos	Registro de producción y productividad	Control de calidad sistémico	Normas técnicas de productos
Aberturas, pisos y revestimiento	5,45%	5,71%	5,16%	3,97%
Aglomerados	0,50%	0,48%	0,47%	0,79%
Aserraderos y reman. de madera	25,25%	23,81%	26,76%	26,19%
Carpintería en general	4,95%	4,29%	5,63%	6,35%
Envases y pallets	7,92%	10,95%	8,45%	8,73%
Muebles	39,11%	38,10%	37,56%	34,92%
Otros productos	14,36%	13,81%	11,74%	14,29%
Tableros	1,98%	1,90%	1,88%	3,17%
Terciado, enchapado	0,50%	0,95%	2,35%	1,59%
Total general	100%	100%	100%	100%

Gestión empresarial por subsectores (b)				
Subsector	Programas de capacitación al personal	Asistencia técnica externa	Asesoramiento de diseño de productos	Contabilización sistematizada
Aberturas, pisos y revestimiento	4,38%	5,33%	2,33%	6,97%
Aglomerados	0,63%	0,67%	1,16%	0,41%
Aserraderos y reman. de madera	26,88%	24,67%	12,79%	27,87%
Carpintería en general	6,88%	6,00%	4,65%	4,51%

Envases y pallets	11,25%	8,00%	2,33%	7,79%
Muebles	32,50%	38,67%	61,63%	35,66%
Otros productos	13,13%	12,00%	9,30%	13,93%
Tableros	2,50%	2,67%	4,65%	1,23%
Terciado, enchapado	1,88%	2,00%	1,16%	1,64%
Total general	100%	100%	100%	100%

Encuesta RIMRA 2011

Tabla - Porcentaje de distintos aspectos de gestión de las empresas del sector

Analizando estos aspectos de la tabla anterior, se observa que el subrubro dentro del cual se encuentran los aserraderos, tiene uno de los mayores porcentajes en cuanto a importancia que se le otorga a la utilización de ciertas herramientas para la gestión. De todos modos el aserradero Los Pinales SRL prácticamente no cuenta con ninguna de ellas.

2.5.7. Comercio Exterior

Durante el año 2012 el comercio total del sector Madera y Muebles arrojó un superávit de USD 4,9 millones. Esto implica una caída del 92% respecto del año 2011. Cabe destacar que aunque las importaciones disminuyeron un 12% comparadas con el año anterior, el menor nivel en el saldo de la balanza se debió a una gran caída en las exportaciones, que en relación con el 2011, sufrieron una disminución del 27% totalizando USD 227,6 millones.

Balanza Comercial del Sector Madera y Muebles Enero - Diciembre 2012/2011 US\$ FOB					
	2009	2010	2011	2012	Var. % (2011-2012)
Exportaciones	292.947.468	312.668.908	311.455.909	227.638.307	-26,91
Importaciones	173.630.980	231.007.058	251.684.860	222.678.946	-12
Saldo	119.316.488	81.661.850	59.771.049	4.959.361	-91,70
Flujo comercial	466.578.448	543.675.966	563.140.769	450.317.252	-20,03

En base a AFIP/DGA

Tabla - Balanza comercial del sector

Las exportaciones de manufacturas de maderas, dentro de las cuales se encuentran el machimbre y la madera aserrada entre muchos otros totalizaron para el año 2012

USD 178 millones, lo cual representa para el sector una disminución del 30% respecto a lo exportado en el 2011.

A continuación se muestran las exportaciones desde el 2010 al 2012 de las manufacturas de madera más relevantes para este trabajo:

Exportaciones correspondientes a Manufacturas de Madera (expresadas en U\$S)

Descripción	2010	2011	2012	Var. % (2011-2012)
Madera aserrada	51.476.761	41.028.035	29.611.281	-28%
Mad. Perf. Machimbre	14.493.116	14.588.451	7.140.262	-51%
Tableros de madera	37.309.672	31.230.766	14.602.466	-53%
Carpintería construcc.	1.475.795	1.348.277	1.452.538	8%
Durmientes	56.465	73.984	245.253	231%

En base a AFIP/DGA

Tabla - Exportaciones del sector

2.5.8. La empresa dentro del mercado

Los Pinales SRL es una PYME con una facturación anual de entre tres y cuatro millones de pesos. De acuerdo a la cantidad de empleados se clasifica como empresa Pequeña. En cuanto a la gestión, se observa que en general es baja en el sector y no es un problema puntual de este aserradero.

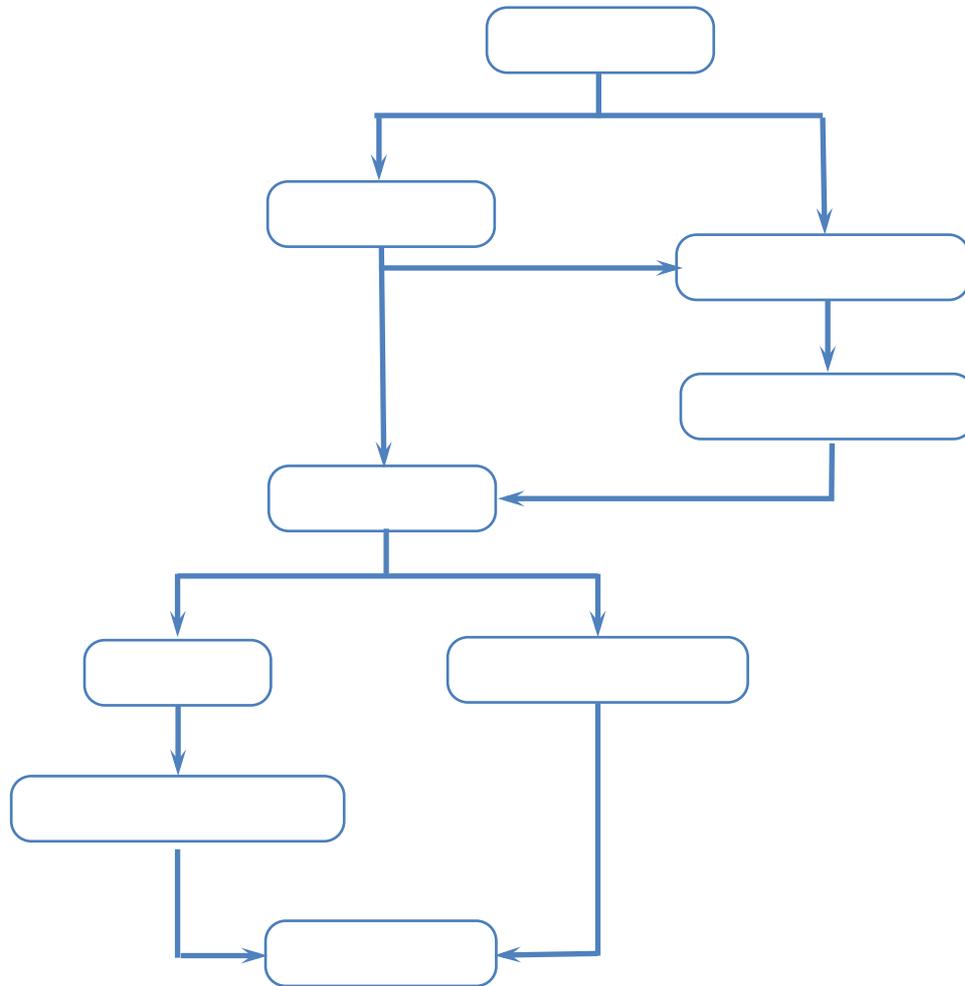
Esta empresa no se destaca por algo particular ni es una marca reconocida, pero los clientes que tiene desde hace años la siguen eligiendo por la calidad y el precio, aunque algunos han optado por irse a otros aserraderos por el incumplimiento de tiempos ya que las cargas siempre se entregan con retraso.

Los productos del aserradero se comercializan principalmente en Buenos Aires y Córdoba para pedidos grandes y Misiones para ventas más pequeñas. No se tiene una búsqueda activa de nuevos clientes, sino que éstos llegan por recomendación. Tampoco se buscó realizar ventas en el exterior.

Si bien los números muestran un decaimiento en las ventas del sector esto puede deberse a la situación económica actual, la madera es muy utilizada en el país y hay muchos clientes en busca de este producto, simplemente se debe procurar obtener una calidad buena con un precio justo y entregar a tiempo los pedidos.

2.6. BREVE DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

La materia prima principal que se utiliza son rollos de pino. Los mismos son traídos hasta el predio por camiones, una vez descargados, quedan a la espera de ser trasladados a la primera maquinaria de la línea productiva: la panera.



Los troncos ingresan a la panera o gemelas, allí son cortados quedando “panes” por un lado y “cantos” por otro. Los panes se derivan a la múltiple donde se cortan en tablas y cantos. Los cantos de ambas máquinas van hacia la alimentadora donde se corta de a una tabla por vez, quedando éstas con corteza en los bordes, por lo que pasan a la canteadora que se encarga de sacarles los costados.



UNC

Las tablas obtenidas tanto de la múltiple como de la canteadora van al proceso de apilado donde se las dispone de una manera especial para que circule aire entre ellas. De aquí una parte se deriva al secado al aire libre, que van a ser las tablas que se comercializarán como tales (sin proceso de machimbrado), la otra parte se coloca en el horno, donde el proceso de secado dura alrededor de cuarenta y ocho horas.





Una vez que las tablas secas salen de allí, están listas para ser machimbradas. La machimbradora realiza un cepillado arriba y debajo de la tabla mientras corta un borde macho y el otro hembra para poder encastrar las tablas entre sí. Al salir el machimbre es clasificado de acuerdo al espesor y ancho.

Por último se procede al embalaje del mismo. Se colocan de a diez tablas y se envuelve con una cinta en ambos extremos, se marca la primera con la medida y el producto está listo para ser cargado al camión que las llevará hacia el cliente.



UNC



3. MARCO TEÓRICO

El presente trabajo busca identificar, analizar y proponer soluciones a actividades no productivas que generan pérdidas en un aserradero. Para ello, es muy importante comprender primero **el concepto de pérdida** para saber distinguir las actividades que agregan valor de las que no lo hacen.

Como las pérdidas presentes en una empresa son innumerables, se deben concentrar los esfuerzos en disminuir en un principio las que mayor impacto tengan, es por esto que se presenta también **la teoría de las restricciones** para identificar **el cuello de botella** y trabajar sobre él, así mejorará todo el proceso.

Una vez identificado el área o proceso sobre el que se debe comenzar, se utilizarán **los siete desperdicios de Toyota** que son una guía para identificar distintas formas de pérdidas o para encontrarlas más fácilmente, sin embargo es importante aclarar que éstas no son las únicas que existen.

Luego se aplican algunas **herramientas** para comprender las causas raíces de estas improductividades y tratar de resolverlas, o por lo menos disminuir, el impacto de las mismas.

3.1. EL CONCEPTO DE PÉRDIDA

Pérdida o desperdicio es cualquier actividad o materia utilizada que añade costo al producto final pero no valor desde el punto de vista del cliente, es todo lo adicional a lo mínimo necesario de recursos (materiales, mano de obra, maquinaria, etc.) para fabricar un producto o prestar un servicio. Fujio Cho, de Toyota, lo define como *"Todo lo que no sea la cantidad mínima de equipos, materiales, piezas, espacio y tiempo del trabajador, que resulten absolutamente esenciales para añadir valor al producto"*⁶.

Dentro de las actividades que se realizan diariamente en una empresa, se pueden distinguir:

6 Fuente: CHASE Richard, JACOBS Robert y ALQUILANO Nicholas. 2005. Administración de la Producción y Operaciones para una ventaja competitiva. Décima edición. México: McGraw-Hill Interamericana.

- Actividades que agregan valor: son aquellas que modifican, dan forma o función al producto o servicio que requiere el cliente.
- Actividades que no agregan valor: son aquellas que no dan ninguna ventaja competitiva al producto o servicio y no muestran una mejora en el producto o servicio desde la perspectiva del cliente, es decir que éste no estará dispuesto a pagarlas.
- Las que son necesarias pero no agregan valor.

Esto último quiere decir que la eliminación de las pérdidas es un trabajo continuo y permanente, siempre habrá actividades que no agreguen valor. Se busca lograr disminuirlas hasta donde se pueda y sea conveniente a fin de aumentar la productividad y obtener un margen de ganancia mayor.

3.2. LAS SIETE PÉRDIDAS DE TOYOTA⁷

Dentro de una empresa hay innumerable cantidad de factores que producen pérdidas y que pueden o no ser identificadas. Mientras más profundo y detallado sea el análisis de cada proceso que se realice, mayor cantidad de desperdicios podrán encontrarse, pero distinguir las pérdidas no siempre es sencillo. Taiichi Ohno (1993), presenta siete categorías o formas de desperdicio que es importante tener en cuenta a la hora de analizar una industria y que se enumeran debajo:

1. Sobreproducción
2. Tiempo de espera
3. Transporte innecesario
4. Exceso de proceso
5. Inventario
6. Movimiento innecesario
7. Productos defectuosos

Además de estas siete formas de desperdicio, se agrega una octava que podría denominarse “Desperdicio de talento humano”. A continuación se explicará brevemente cada una de estas ocho pérdidas.

⁷ Bibliografía: HEIZER Jay y RENDER Barry. 2008. Dirección de la producción y de operaciones. HERNÁNDEZ MATÍAS Juan Carlos y VIZÁN IDOPE Antonio. 2013. Lean Manufacturing. Conceptos, técnicas e implantación. Madrid: Fundación EOI. Disponible en: http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:80094/EOI_LeanManufacturing_2013.pdf

3.2.1. SOBREPDUCCIÓN

La Sobreproducción implica producir más de lo que necesita el mercado generando inventario de producto terminado. Es hacer lo que es innecesario, cuando es innecesario y/o en cantidades innecesarias.

Normalmente esto se puede producir por diversas causas:

- No existe una buena comunicación con el cliente y por lo tanto se tienen nociones muy vagas de la demanda.
- No hay una correcta planificación previa.
- Se producen lotes muy grandes con el fin de ahorrar tiempos de puesta a punto, preparación, etc. o simplemente para reemplazar productos defectuosos.
- Se tiene una capacidad de planta excesiva y se pretende utilizarla lo más posible.

La Sobreproducción genera costos anticipados de algo que aún no se ha vendido ya que para el exceso de productos se invirtieron materia prima, horas hombre de trabajo y horas máquina, entre otras cosas. Se utilizan recursos que podrían ser útiles en la fabricación de otros productos, se realizan compras anticipadas y puede bloquearse el flujo de piezas. Todo esto en definitiva es incrementar el nivel de inventario lo cual implica dinero inmovilizado.

3.2.2. TIEMPO DE ESPERA

El Tiempo de Espera se produce cuando una máquina, persona o producto debe esperar inactivamente para continuar con el proceso, lo que provoca un aumento del tiempo de producción y por lo tanto aumento de los costos, además del espacio físico ocupado por materiales en proceso o personas a la espera de algo.

Es causado por producción en lotes muy grandes o una programación inadecuada, flujo productivo obstruido, elevado índice de reproceso, preparación de máquinas de larga duración, layout de planta equivocado o desequilibrio de capacidad entre otras cosas.



3.2.3. TRANSPORTE INNECESARIO

El transporte innecesario se refiere a cualquier transferencia o manipulación de materiales, partes o productos terminados desde un lugar a otro por cualquier razón. Esto también aumenta el tiempo de fabricación del producto y su costo.

En un proceso de manufactura que posee una mala distribución de planta, es decir, un lugar donde los centros de trabajo están ubicados de manera desordenada o incómoda, se generan dobles o triples manejos, por lo que el producto viaja más tiempo del necesario para ser terminado.

Este factor es difícil de distinguir ya que el transporte debe ser utilizado siempre en alguna parte del proceso y se ve a los operarios haciendo algo: moviendo el material. Por eso es que se debe estar atento a cuando esto es imprescindible y cuándo puede evitarse.

3.2.4. EXCESO DE PROCESO

El Exceso de Proceso se refiere a operaciones que pueden no ser necesarias, utilizar las herramientas o equipos inapropiados o proveer niveles de calidad más altos que los requeridos por el cliente. Esta forma de desperdicio es la más difícil de identificar y eliminar ya que reducirlo implica quitar elementos del trabajo mismo.

Este tipo de desperdicio puede ser causado porque los estándares de producción son desconocidos o no son claros, porque se tiene una idea errónea de lo que quiere realmente el cliente o porque se diseñaron mal los pasos necesarios para llegar al producto final.

3.2.5. INVENTARIO

El Inventario se refiere al excesivo almacenamiento de materia prima, producto en proceso y producto terminado. El principal problema con el exceso inventario radica en que oculta problemas que se presentan en la empresa. No agrega ningún valor al cliente, pero muchas empresas utilizan el inventario para minimizar el impacto de las ineficiencias en sus procesos. Para explicar este fenómeno, algunos autores utilizan una analogía que compara a la empresa con un barco que navega tranquilamente por un río plagado de rocas (problemas), un nivel adecuado de los inventarios (nivel



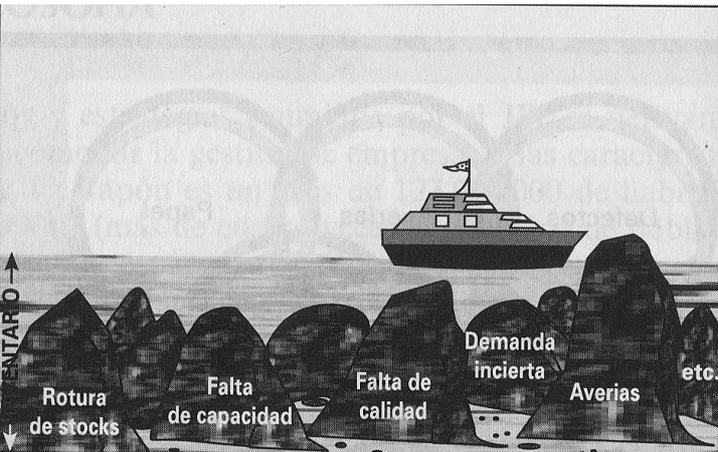
del agua), podrá conseguir que la empresa “navigue” plácidamente como lo muestra la figura.⁸

⁸ Fuente: DOMINGUEZ Machuca y otros. 1999. Dirección de operaciones: Aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios. Madrid: McGraw-Hill Interamericana.



Al bajar el nivel de inventario, los problemas, tales como falta de calidad, falta de capacidad, demanda incierta, rotura de stocks, etc., comienzan a “asomarse” por encima del nivel del agua obligando a los dirigentes de la empresa a resolverlos para que la misma pueda continuar “navegando”. Mientras más se baje el inventario, más problemas por resolver irán apareciendo.





Al ir resolviendo estos problemas, el barco podrá seguir su camino con un nivel de inventario más bajo hasta que otro problema aparezca y se deba resolverlo para continuar. Así, la empresa necesitará cada vez un menor “nivel de agua” para navegar.

El inventario que sobrepase lo necesario para cubrir las necesidades del cliente tiene un impacto negativo en la economía de la empresa y emplea espacio valioso. A menudo un stock es una fuente de pérdidas por productos que se convierten en obsoletos, posibilidades de sufrir daños, tiempo invertido en recuento y control y errores en la calidad escondidos durante más tiempo.

Las causas más comunes de Inventario son la aceptación del inventario como normal o como un “mal necesario”, layout inadecuado del equipamiento, tiempos de preparación de máquinas muy extensos, lotes de producción grandes, flujo de materiales obstruido, producción anticipada, diferentes velocidades de procesos, etc.

3.2.6. MOVIMIENTO INNECESARIO

El Movimiento Innecesario se produce cuando en los procesos de producción y áreas de servicio, los operarios tienen que realizar movimientos excesivos para tomar partes productivas, herramientas o realizar desplazamientos excesivos para poder efectuar su operación.

Este desperdicio se puede confundir con el de transporte, pero este caso se refiere a los movimientos dentro de un proceso, mientras que el otro considera al movimiento entre procesos. Los movimientos innecesarios están causados por un flujo de trabajo



poco eficiente, una distribución de planta incorrecta, métodos de trabajo inconsistentes o mal documentados, falta de capacitación o entrenamiento en los operarios, etc. Estos movimientos hacen que el operario se desplace más de lo que debería o que tenga que mover la materia prima de un lado para otro, aumentando su cansancio y disminuyendo el tiempo dedicado a realizar lo que realmente aporta valor.

3.2.7. PRODUCTOS DEFECTUOSOS

Los Productos Defectuosos incluyen todo aquel retrabajo, reparación o corrección realizada al producto por problemas de calidad así como también la sobre inspección como efecto de la contención de problemas en lugar de su eliminación.

Esto puede deberse principalmente a dispositivos a prueba de error poco efectivos, no se cuenta con una estandarización del trabajo realizado, provocando una variabilidad excesiva en el proceso, el mantenimiento del equipo o herramienta es poco efectivo, etc.

3.2.8. DESPERDICIO DE TALENTO HUMANO

Este octavo desperdicio se refiere a no tener en cuenta la capacidad de los trabajadores, no aprovechar sus ideas o su creatividad, sus conocimientos o su experiencia. Esto es un grave error debido a que las personas que están en permanente contacto con las operaciones diarias, con los productos y los procesos, son quienes mas las conocen y quizá vean cosas que otros no ven.

3.3. TEORÍA DE LAS RESTRICCIONES

Las pérdidas están presentes en cada uno de los procesos y no pueden ser eliminadas por completo, entonces debe establecerse un orden de prioridades para analizarlos. ¿Dónde influirá más una mejora? es lo que se pretende averiguar aplicando la Teoría de las Restricciones.

La Teoría de restricciones o TOC por sus siglas en inglés (*Theory of Constraints*), es una filosofía de gestión de sistemas o empresas que se crea sobre una guía y se diseña para lograr un proceso de mejora continua. La fortaleza de la TOC radica en la simplicidad con que se resuelve una realidad compleja. Se basa en que toda organización es creada para lograr una meta: ganar dinero de forma sostenida.

Si una empresa no gana dinero por producir y vender productos, o por contratos de mantenimiento o por vender algunos de sus haberes, o por



cualquier otro medio, esa empresa se acaba. Deja de funcionar. El dinero tiene que ser la meta, nada puede reemplazarlo. (Goldratt, 2004)

3.3.1. RESTRICCIONES O CUELLOS DE BOTELLA

De acuerdo a la definición expresada por Goldratt, en su libro *La Meta*, “*un cuello de botella es un recurso cuya capacidad es igual o menor a la demanda que hay de él*”. Aunque debe tomarse como un concepto más amplio: los recursos Cuello de Botella son las restricciones del sistema y por lo tanto determinan la capacidad de la planta o empresa independientemente de la demanda externa. Incrementar la capacidad de la planta es incrementar únicamente la capacidad de los cuellos de botella.

De aquí se desprenden otros dos tipos de recursos:

1. Los recursos que no son cuello de botella: su capacidad es mayor a la demanda que se le impone.
2. Los recursos restrictivos de la capacidad: son aquellos que se han convertido en cuello de botella como resultado de un incorrecto manejo o programación.

La capacidad de la planta es igual a la capacidad de sus cuellos de botella. Lo que los cuellos de botella produzcan en una hora, equivale a lo que la planta produce en una hora. Así que una hora perdida en un cuello de botella es una hora perdida en el sistema entero. (Goldratt, 2004)

De acuerdo a esta última reflexión, si un cuello de botella no está trabajando, el costo verdadero es el costo de una hora del sistema entero y no sólo de ese recurso en particular, lo cual implica una enorme pérdida.

Es importante aclarar, que las restricciones no sólo son por capacidad productiva, también pueden deberse al mercado, a la disponibilidad de materiales, a estrategias y políticas de la empresa, entre otras cosas.

3.3.2. INDICADORES FINANCIEROS Y OPERATIVOS

El análisis del grado de acercamiento de una empresa a su meta debe estar basado en el estudio de una serie de variables financieras a las que se denomina Parámetros de Gestión:

1. Beneficio neto o utilidad neta: es la medida absoluta del dinero ganado por la compañía durante un período determinado de tiempo.

2. Rentabilidad o retorno sobre la inversión (ROI): compara el beneficio o la utilidad obtenida en relación a la inversión realizada.
3. Liquidez: representa la capacidad de los activos de ser convertidos en dinero de manera inmediata. Este estado financiero no representa un indicador, sino más bien una condición necesaria. Cuando tenemos suficiente liquidez no importa. Cuando no tenemos suficiente, nada más importa.

Como estos indicadores son muy generales para ayudar a la toma de decisiones a nivel operativo, la Teoría de las Restricciones propone un método de contabilidad paralelo al de la contabilidad financiera que consiste en utilizar tres nuevos parámetros denominados de explotación u operativos:

1. *Throughput* (T): es la velocidad a la que el sistema genera dinero a través de las ventas.
2. Stock o Inventario (I): es todo el dinero que el sistema ha invertido en comprar cosas que pretende vender.
3. Gasto de Operación (GO): Es el dinero que el sistema gasta en transformar el stock en *Throughput*.

Para entender mejor la relación existente entre los dos tipos de indicadores, es necesario analizar cómo los Operativos afectan a los Financieros. Cuando hay un incremento en el *Throughput*, sin afectar ninguno de los otros dos indicadores operativos, hay un incremento simultáneo en la Utilidad Neta, el ROI y el flujo de efectivo. Del mismo modo sucede cuando se disminuyen los gastos de operación.

Una disminución del inventario de la organización, impactará de manera positiva en el ROI y en el flujo de efectivo, permaneciendo constante la utilidad neta. Para este caso, no significa que el inventario no reciba importancia, ya que estos tres medidores están directamente relacionados.

Goldratt considera que en un proceso de mejora continua los ingresos netos deben tener prioridad sobre los demás, ya que su incremento no está limitado, como lo están los inventarios y los gastos operativos, ya que estos últimos, en forma teórica pueden reducirse hasta cero. La segunda prioridad la asigna al inventario por los elevados gastos que produce, quedando los gastos operativos en tercer lugar.

La TOC plantea una nueva concepción de la gestión, donde el control de las operaciones no se fundamenta en el clásico seguimiento de los costos. El autor sostiene que las dificultades de controlar las operaciones mediante los costos

provoca que las decisiones frecuentemente se tomen en base a la intuición, con los altos riesgos que ello implica.

3.3.3. LOS CINCO PASOS DE LA TOC

1. **Identificar la/s restricción/es del sistema.** Cualquiera sea el sistema y su meta, siempre hay unos pocos elementos que determinan su capacidad, sin importar cuán complejo o complicado sea.
2. **Decidir como explotar la/s restricción/es del sistema.** Las restricciones impiden al sistema alcanzar un mejor desempeño en relación a su meta; explotar la restricción, implica buscar la forma de obtener la mayor producción posible de la restricción.
3. **Subordinar todo lo demás a la decisión del paso anterior.** Este paso consiste en obligar al resto de los recursos a funcionar al ritmo que marcan las restricciones del sistema (tambor), según fue definido en el paso anterior. Como la empresa es un sistema, existe interdependencia entre los recursos que la componen. Por tal motivo no tiene sentido exigir a cada recurso que actúe obteniendo el máximo rendimiento respecto de su capacidad, sino que se le debe exigir que actúe de tal manera que las restricciones puedan ser explotadas según lo decidido en el paso anterior.
4. **Elevar la/s restricción/es del sistema.** Esto significa aumentar la capacidad de las limitaciones. Sin embargo, puede suceder que una vez que se ha analizado el trabajo de la limitación y se explota al máximo su capacidad, ésta desaparece. Por ello es recomendable realizar este paso al final.
5. **Si en los pasos anteriores se elimina alguna restricción regresar al paso uno, pero no permitir que la inercia sea la causa de las restricciones en el sistema.** Una vez realizados los cuatro pasos anteriores es posible que la limitación haya desaparecido, debido a la mejora de la utilización o al incremento de su capacidad. Sin embargo este no es el final del proceso de mejora continua ya que aparecerá una nueva limitación en alguna otra parte de la organización.

3.3.4. LAS NUEVE REGLAS DE APLICACIÓN

Goldratt enuncia nueve reglas a lo largo de su libro *La Meta* que sintetizan los principios básicos para optimizar la producción.



1. **Equilibrar el flujo de producción, no la capacidad productiva.** El flujo debe ser diseñado en función del cuello de botella haciendo que éste marque el ritmo de producción.
2. **El uso de un recurso no cuello de botella está determinado por una limitación ajena al recurso.** Si a un recurso no cuello de botella se le establece una producción superior a la del flujo permitido por el cuello de botella, sólo se acumulará stock de materiales en proceso.
3. **No es lo mismo utilizar un recurso que activar un recurso.** De acuerdo al autor de la TOC utilizar un recurso significa hacer uso del recurso de un modo que mueva el sistema hacia la meta. Activar un recurso es como oprimir el botón de encendido de la máquina, funciona se deriven o no beneficios de su trabajo.
4. **Una hora perdida en un cuello de botella es una hora que pierde todo el sistema.** Se ha definido que la capacidad del cuello de botella determina la capacidad del sistema, por lo tanto, cuando éste pierde tiempo, es decir producción, el conjunto pierde la misma cantidad.
5. **Una hora ganada en un recurso no cuello de botella es un espejismo.** Si a un no cuello de botella no se le da otra actividad productiva es preferible que permanezca ocioso a que aumente las existencias sin aumentar los ingresos.
6. **Los cuellos de botella rigen tanto el inventario como la facturación del sistema.**
7. **El lote de transferencia puede no ser igual al lote en proceso.** El lote de transferencia es el que se utiliza para transportar elementos de un puesto de trabajo a otro mientras que el lote de proceso es el realizado por un centro de trabajo entre dos puestas a punto. Muchas veces puede convenir que los lotes de transferencia no sean los obtenidos por el proceso para que el siguiente puesto pueda ir utilizando lo que va saliendo del anterior sin tener que esperar a que se terminen grandes lotes. Cuando se subdividen los lotes de proceso en lotes más pequeños de transferencia, se acortan los tiempos totales del ciclo de producción. Esto también puede verse en el Sistema de Producción Toyota que alienta al flujo continuo moviendo de a una pieza a la vez.



8. **El lote de proceso puede ser variable a lo largo de su ruta y en el tiempo.**
9. **Las prioridades solo se pueden fijar teniendo en cuenta todas las limitaciones del sistema. El tiempo de fabricación es un derivado del programa.**

3.3.5. EL SISTEMA DBR

Goldratt, en su libro *La Meta*, propone un sistema de programación y control conocido como DBR (Drum=tambor, Buffer=colchon y Rope=cuerda):

1. El tambor representa el ritmo de la planificación y control de materiales, que dicta cuándo y cómo debe ser procesado el material en cada recurso productivo.
2. La cuerda proporciona la sincronización necesaria para tirar de las unidades a través del sistema. Permite acompañar la entrada de materia prima en el primer proceso productivo con las necesidades del cuello de botella, así ningún puesto de trabajo podrá procesar más material del que hace falta.
3. El colchón es el amortiguador que se realiza para evitar inconvenientes cuando hay un problema antes del cuello de botella.

3.4. HERRAMIENTAS PARA REDUCIR PÉRDIDAS

3.4.1. LAS 5S⁹

Las 5S son una técnica de gestión japonesa basada en cinco principios simples. Este método es una herramienta de transformación cultural que busca mejorar el lugar de trabajo de manera continua. Se denomina así debido a que en japonés cada una de las cinco etapas comienza con la letra S:

1. **Clasificar, separar, seleccionar sólo lo esencial (SEIRI).** Existen tres tipos de objetos en las áreas de trabajo: los innecesarios, los que están fuera de lugar y los que realmente se utilizan. Se deben dejar únicamente los últimos,

9 Bibliografía: DORBERSSAN José Ricardo. 2006. *Las 5S, herramientas de cambio*. Editorial Universitaria de la UTN. Disponible en: <http://www.edutecne.utn.edu.ar/5s/#5S>

asegurando agregar aquello que haga falta y eliminando por completo aquello que no se utiliza.

2. **Ordenar, organizar el espacio, ubicar con consenso (SEITON).** Se busca cumplir con el lema “Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar”. Consiste en establecer el modo en que deben ubicarse e identificarse los materiales necesarios, de manera que sea fácil y rápido encontrarlos, utilizarlos y reponerlos.
3. **Limpiar, asegurar la función del lugar (SEISŌ).** Consiste en identificar y eliminar las fuentes de suciedad, y en realizar las acciones necesarias para que no vuelvan a aparecer, asegurando que todos los medios se encuentran siempre en perfecto estado operativo. El principal objetivo de este paso es mantener las herramientas, maquinaria y puesto de trabajo en óptimas condiciones de manera que estén siempre disponibles para su uso. El incumplimiento de la limpieza puede tener muchas consecuencias, provocando incluso anomalías o el mal funcionamiento de la maquinaria.
4. **Estandarizar (SEIKETSU).** Crear una forma consistente para realizar las tareas. Consiste en detectar situaciones irregulares o anómalas, mediante normas sencillas y visibles para todos.
5. **Mantener la disciplina (SEIKETSUKE).** Se debe producir un cambio cultural, ya que las personas tienden a volver a su estado anterior por acostumbramiento, entonces esta etapa busca desarrollar el hábito de hacer o no hacer ciertas cosas para mejorar de manera continua el lugar de trabajo.

La aplicación de las 5S ayuda a organizar y gestionar el espacio y el flujo de trabajo, ser más productivos eliminando ineficiencias, cumplir mejor con las entregas, mejorar el bienestar de quienes trabajan, tener un lugar de trabajo más seguro, mejorar continuamente, tener una buena imagen empresarial, entre otras cosas.

Las actividades que se perciben a simple vista son buenos detonantes de cambio: ponen en evidencia los problemas, facilitan un mejor control autónomo, demuestran el compromiso a la mejora, etc.



3.4.2. SMED¹⁰

El SMED “*Single Minute Exchange of Die*” (cambio de modelo o preparación de un dígito) es una técnica de origen japonés que busca poder realizar cualquier cambio de herramienta en menos de diez minutos.

Se entiende por cambio de herramienta el tiempo que transcurre entre la fabricación de la última pieza conforme de un lote hasta lograrse la primera pieza de calidad (libre de defectos) del siguiente lote. Dentro de este período se distinguen dos tipos de operaciones:

1. Operaciones externas: son aquellas que se realizan mientras la máquina se encuentra produciendo.
2. Operaciones internas: son aquellas que se realizan con la máquina parada.

Es importante señalar que puede no ser posible alcanzar el rango de menos de diez minutos para todo tipo de preparaciones de máquinas, pero el SMED reduce dramáticamente los tiempos de cambio y preparación en casi todos los casos.

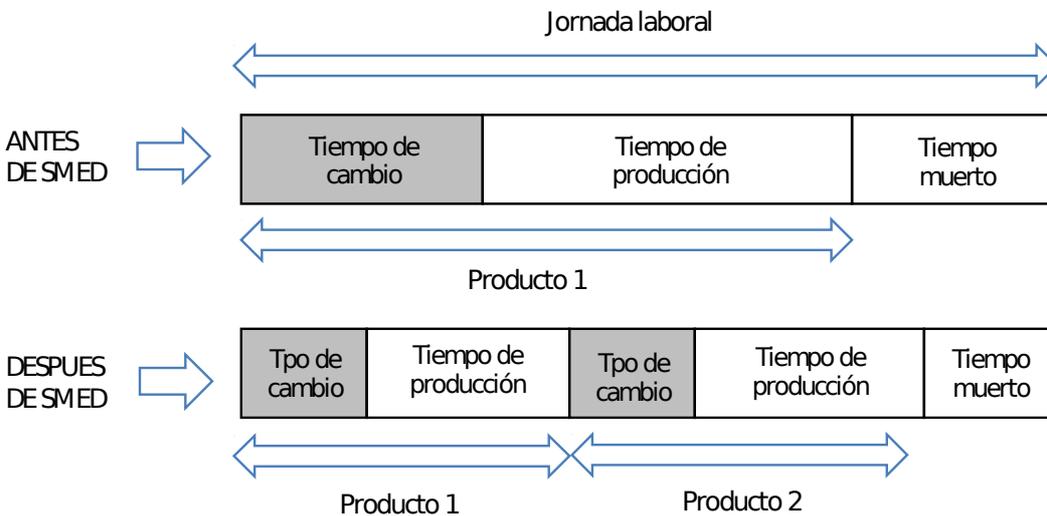
La aplicación del SMED conlleva varios beneficios:

- Transforma gran parte del tiempo de preparación (no productivo) en tiempo de fabricación (productivo).
- Estandariza los procedimientos de cambio lo que a su vez reduce los rechazos de puesta a punto y otros desperdicios producidos y permite el rápido aprendizaje.
- Permite disminuir el tamaño de los lotes de producción lo que genera una respuesta más rápida frente a los requerimientos de los clientes, disminuyendo a su vez el inventario.
- Se aumenta la capacidad productiva.

10 Bibliografía: MONDEN Yasuhiro. 1993. *El Sistema de Producción de Toyota*. Buenos Aires: Ediciones Macchi.

TENARIS. 2008. *El Mantenimiento en Tenaris. Introducción a la Gestión del Mantenimiento. Volumen Primero*. Tenaris University.

- Provee mayor flexibilidad.
- Reduce costos de variedad en herramientas o los redistribuye a otras más productivas.



El nivel de utilización de la maquinaria sobre su capacidad total se incrementara al reducirse el tiempo de preparación. Ha de advertirse, sin embargo, que es preferible un nivel bajo de utilización de la maquinaria, frente a una producción excesiva que originaria una situación de costes peor que una tasa de baja utilización. La minimización de las existencias, la producción orientada a los pedidos y la rápida adaptación a las modificaciones de la demanda constituyen las ventajas principales de la preparación de un solo dígito. (Yasuhiro Monden, 1993)

SMED consta de cuatro etapas para su aplicación:

Etapa preliminar: Estudio de la operación de cambio. Se realiza un análisis detallado del proceso que se quiere mejorar registrando tiempos para conocer su media y variabilidad y buscando las causas de esta variabilidad. Para ello es recomendable grabar en video todo el proceso para luego estudiarlo detalladamente y recurrir a los manuales de las máquinas.



Primera etapa: Separar tareas internas y externas. Se lleva a cabo un listado de las actividades secuenciales realizadas durante el set up, para poder identificar cuáles son internas y externas. Se detectan problemas de carácter básico como ser que se preparan o se buscan herramientas con la máquina parada aunque se sepa que no debe hacerse. En esta etapa se debe comprobar si las operaciones realizadas son realmente necesarias y si lo son debe estudiarse la posibilidad de hacerlas con la máquina en funcionamiento.

Segunda etapa: Convertir tareas internas en externas. Al tiempo en el cual el sistema no está produciendo se lo considera como desperdicio; por lo tanto, se requiere de su disminución. En esta etapa se realiza una revisión minuciosa de las actividades internas, para poder hacer todo lo necesario en preparar troqueles, matrices, punzones, o lo que se utilice, mientras la máquina está en funcionamiento para que cuando ésta se pare se haga el cambio necesario más rápidamente, de modo de que la producción este menos tiempo parada.

Tercera etapa: Perfeccionar las tareas internas y externas. Se busca perfeccionar los aspectos de la operación de preparación, incluyendo todas las operaciones elementales. Algunas de las acciones más utilizadas en esta etapa son la implementación de operaciones en paralelo y la utilización de anclajes funcionales.

La siguiente figura representa lo explicado anteriormente¹¹:

11 Fuente: <http://mtmingenieros.com/knowledge/que-es-smed/>

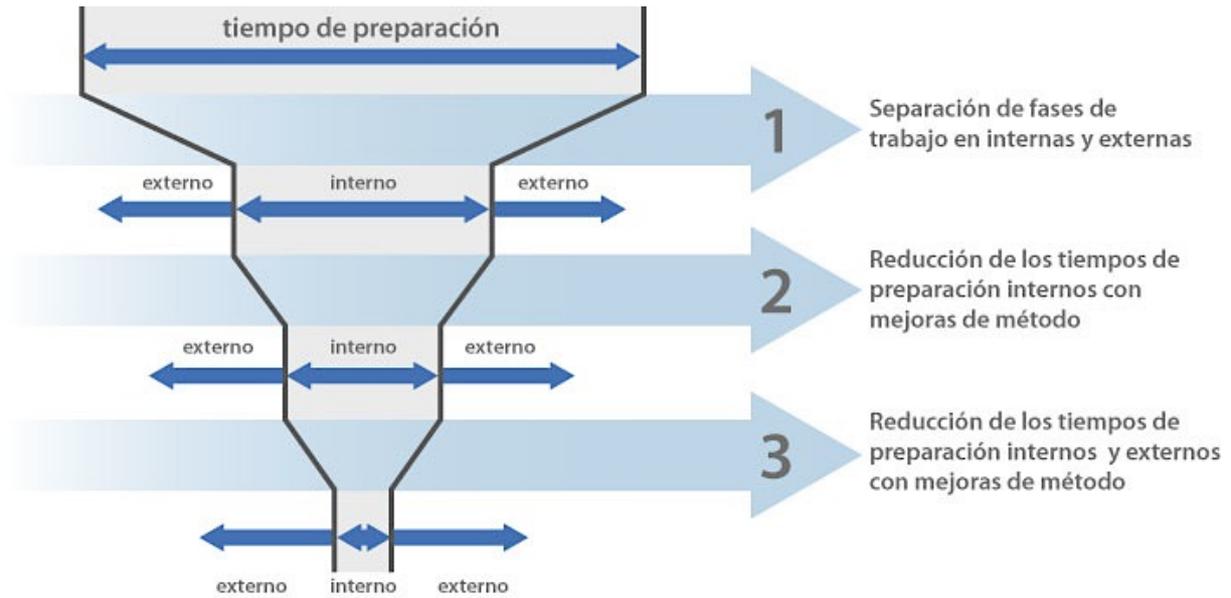


Figura - Pasos para aplicar SMED

3.4.3. KAN BAN¹²

El Sistema Toyota supone una revolución, en el sentido de que, en él, cada proceso recoge los elementos o piezas del anterior (método conocido como sistema de arrastre, pull). Puesto que únicamente la línea de montaje final puede conocer con precisión el tiempo y la cantidad de elementos que se necesitan, será ella la que requiera del proceso anterior esos elementos necesarios en las cantidades y en el tiempo precisos para el montaje, de modo que cada proceso habrá de producir los elementos que le sean requeridos por el proceso siguiente. De este modo, no es necesario elaborar a un tiempo los programas mensuales de fabricación para el conjunto de los procesos. En su lugar, basta con informar a la línea de montaje final de los cambios en los programas de producción. Para transmitir a todos los procesos la información sobre el momento y la cantidad de los elementos que deben producirse, Toyota utiliza el Kanban. (Yasuhiro Monden, 1983, pag.16)

12 Bibliografía: MONDEN Yasuhiro. 1993. *El Sistema de Producción de Toyota*. Buenos Aires: Ediciones Macchi.

OHNO Taiichi. 1993. *El Sistema de Producción Toyota. Más allá de la producción a gran escala*. Segunda edición. Barcelona: Ediciones Gestión 2000 S.A.



Kanban es una palabra japonesa que significa “tarjetas visuales” (kan significa visual, y ban tarjeta). De acuerdo a lo expresado por Yasuhiro Monden (1993) en su libro *El Sistema de Producción Toyota*, el Kanban es *“un sistema de información que controla de modo armónico la fabricación de los productos necesarios en la cantidad y en el tiempo necesarios en cada uno de los procesos que tienen lugar tanto en el interior de la fábrica como entre distintas empresas”*.

El Kanban se constituye como un sistema que permite sincronizar las etapas de los procesos de producción, logrando así, cumplir con la entrega de los productos en tiempos más reducidos y con una mayor calidad, así como también, evitar los stocks intermedios y el manejo excesivo de materiales, facilitando el control de la producción y obteniendo un sistema de producción con una gran flexibilidad según cada demanda particular.

Se utilizan principalmente dos tipos de Kanban:

- Kanban de transporte o de movimiento. Indican el tipo y las cantidades de productos a retirar del proceso anterior.
- Kanban de producción. Funciona como orden de producción, especifica el tipo y la cantidad de producto a fabricar por el proceso anterior.

En su libro “Dirección de Operaciones. Aspectos tácticos”, Domínguez Machuca (1999) indica información que es recomendable que contenga una ficha de Kanban:

- Kanban de transporte:
 1. Identificación del ítem transportado: código y descripción del mismo.
 2. Capacidad del contenedor: número de componentes que se incluye en cada contenedor.
 3. Número de orden de la tarjeta y número de tarjetas emitidas.
 4. Origen de la pieza mencionada: se debe indicar cuál es el proceso que fabrica el ítem y su punto de recogida.
 5. Destino: indica el lugar donde se necesita el ítem.
- Kanban de producción:



1. Identificación del ítem a fabricar: código y descripción del mismo.
2. Identificación del centro de trabajo: dónde se fabrica y su lugar de depósito.
3. Capacidad del contenedor.
4. Identificación de los componentes necesarios que intervienen como entradas y sus puntos de recogida.

Taiichi Ohno, en su libro *El sistema de producción Toyota*, enumera las funciones de Kanban junto con sus normas de uso:

FUNCIONES DEL KANBAN

NORMAS DE USO

Facilita la información de retirada o transporte.

El último proceso retira el número de artículos indicados por el kanban en el primer proceso.

Facilita información de producción.

El primer proceso facilita artículos en la

	cantidad y periodicidad indicadas en un kanban.
Previene el exceso de producción y el transporte innecesario.	No se transportan ni fabrican artículos sin un kanban.
Sirve como pedido de fabricación adherido a los productos.	Siempre debe adherirse a un kanban los productos.
Previene los productos defectuosos al identificar el proceso que los produce.	Los productos defectuosos no se envían al siguiente proceso. El resultado es de un 100% de productos sin defectos.
Revela los problemas existentes.	Reduciendo el número de kanban incrementa su eficiencia.

Tabla - Funciones y normas del Kanban

Cantidad de contenedores¹³

Para calcular la cantidad de contenedores que se necesitarán es fundamental que se estime con exactitud el tiempo de entrega (o *lead time*) que toma producir uno de ellos. Este tiempo de entrega está en función del tiempo de procesamiento del contenedor así como de cualquier tiempo de espera durante el proceso de producción y del tiempo necesario para transportar el material al usuario. Se necesitarán una cantidad suficiente de contenedores para cubrir la demanda durante el tiempo de reposición y una cantidad adicional como existencias de reserva. Entonces la cantidad de contenedores se calcula utilizando la siguiente fórmula:

Teniendo en cuenta que:

- Demanda media = Cantidad promedio de unidades que se necesitan en un período (puede ser hora, día, semana, etc.).

¹³ Bibliografía: CHASE Richard, JACOBS Robert y ALQUILANO Nicholas. 2005. *Administración de la Producción y Operaciones para una ventaja competitiva*. Décima edición. México: McGraw-Hill Interamericana.



- Plazo de entrega = Tiempo de reposición del material (se debe expresar en las mismas unidades que la demanda media).

3.4.4. DISTRIBUCIÓN DE PLANTA O LAYOUT¹⁴

“La distribución de planta consiste en la ordenación física de los factores y elementos industriales que participan en el proceso productivo de la empresa, en la distribución del área, en la determinación de las figuras, formas relativas y ubicación de los distintos departamentos”. (De la Fuente y Fernandez Quesada, 2005)

“La distribución en planta implica la ordenación física de los elementos industriales y comerciales. Esta ordenación ya practicada o en proyecto, incluye, tanto los espacios necesarios para el movimiento del material, almacenamiento, trabajadores indirectos y todas las actividades de servicio”. (Muther, 1992)¹⁵.

“El layout de las operaciones tiene numerosas implicaciones estratégicas, porque establece las prioridades competitivas de una empresa desde el punto de vista de la capacidad, procesos, flexibilidad y costes, así como también respecto de la calidad de vida en el trabajo, del contacto con el cliente y de la imagen.” (Heizer y Render, 2008).

Se busca promover la utilización eficiente de todo el “cubo de construcción”, es decir, aprovechar tanto el espacio horizontal como vertical. Existen algunos principios básicos de distribución de planta, propuestos por Trueba Jainaga, que se enlistan a continuación:

1. **Principio de la satisfacción y la seguridad.** A igualdad de condiciones, será siempre más efectiva la distribución que haga el trabajo más satisfactorio y seguro para los trabajadores. La mejora de las condiciones de trabajo

14 Bibliografía: DE LA FUENTE GARCÍA David y FERNANDEZ QUESADA Isabel. 2005. *Distribución en planta*. Asturias: Ediciones de la Universidad de Oviedo.

HEIZER Jay y RENDER Barry. 2008. *Dirección de la producción y de operaciones. Decisiones tácticas*. Octava edición. Madrid: Pearson Educación S.A.

15 MUTHER Richard. 1981. *Distribución en planta*. Cuarta edición. Barcelona: Editorial Hispano Europea.

permite reducir el esfuerzo necesario para realizar una tarea lo que ayuda a lograr una mayor producción por jornada.

2. **Principio de la integración de conjunto.** Se debe integrar a los hombres, materiales, maquinaria, actividades auxiliares y cualquier otro factor, de modo que resulte el compromiso mejor entre todas las partes.
3. **Principio de la mínima distancia recorrida.** Se busca que la distancia a recorrer por materiales, productos y personas sea la más corta posible a fin de disminuir el transporte innecesario.
4. **Principio de la circulación o flujo de materiales.** Se deben evitar los cruces y las interrupciones. En igualdad de condiciones, es mejor aquella distribución que ordene las áreas de trabajo de modo que cada operación o proceso esté en el mismo orden o secuencia en que se transformen, tratan o montan los materiales.
5. **Principio del espacio cúbico.** Se debe buscar utilizar todo el espacio disponible de una manera efectiva, tanto vertical como horizontalmente.
6. **Principio de la flexibilidad.** A igualdad de condiciones será siempre más efectiva la distribución que pueda ser ajustada o reordenada con menos costo o inconvenientes.

Manejo de Materiales¹⁶

“El manejo de materiales es la función que consiste en llevar el material correcto al lugar indicado en el momento exacto, en la cantidad apropiada, en secuencia y en posición o condición adecuada para minimizar los costos de producción.” (Meyers y Stephens, 2006).

La *American Society of Mechanical Engineers* (ASME), define el manejo de materiales como *“el arte y las ciencias que involucran el movimiento, el empaque y el almacenamiento de sustancias de cualquier forma”*.

De acuerdo a los autores del libro *“Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales”*, Meyers y Stephens, el manejo de materiales tiene cinco dimensiones a ser consideradas que se relacionan unas con otras:

16 MEYERS Fred E. y STEPHENS Matthew P. 2006. *Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales*. Tercera edición. México: Pearson Educación.



1. Movimiento. Transporte o transferencia de material de un lugar a otro.
2. Cantidad. Impone el tipo y naturaleza del equipo para manejar el material y su costo asociado.
3. Tiempo. Determina la rapidez con que se mueve el material, esto influye en la cantidad de trabajo en proceso, los inventarios en exceso, el manejo repetitivo del material, etc.
4. Espacio. Requerido para almacenar y mover el equipo.
5. Control. Incluye el seguimiento del material, la identificación y la administración del inventario entre otros aspectos.

Como puede observarse, todo el manejo de materiales en sí constituye una pérdida, ya que no agrega valor al producto, pero en la mayoría de los casos es necesario y si bien se puede disminuir no puede eliminarse por completo.

El *College Industrial Committee on Material Handling Education*, presenta veinte principios para manejar materiales que son lineamientos generales para la aplicación del criterio apropiado. Estos son:

1. **Principio de planeación.** Planear todo el manejo de materiales y las actividades de almacenamiento con el fin de obtener la eficiencia máxima en el conjunto de operaciones.
2. **Principio de los sistemas.** Todo equipo para manejar los materiales debe funcionar junto, de modo que cada elemento se adapte.
3. **Principio del flujo de materiales.** Disponer de una secuencia de operaciones y distribución del equipo que optimice el flujo del material.
4. **Principio de simplificación.** Simplificar el manejo por medio de la reducción, la eliminación o la combinación del movimiento y/o el equipo innecesarios.
5. **Principio de gravedad.** La fuerza de gravedad es gratuita y las formas de usarla en las estaciones de manufactura para llevar el material a éstas y transportar los artículos terminados son ilimitadas.
6. **Principio de la utilización del espacio.** Maximizar el espacio volumétrico, hacer uso óptimo de todo el espacio disponible.



7. **Principio del tamaño unitario.** Incrementar la cantidad, el tamaño o el peso de las cargas unitarias o la tasa de flujo.
8. **Principio de mecanización.** Aplicar energía para eliminar el transporte manual, implica el uso de herramientas mecánicas para mover el material.
9. **Principio de automatización.** Hacer automático el movimiento.
10. **Principio de selección del equipo.** Se debe recabar información sobre el producto (material) y el movimiento (trabajo) lo cual se puede hacer respondiendo a las preguntas ¿por qué se hace este movimiento? ¿qué se está moviendo? ¿de dónde y hacia dónde se mueve el material? ¿cuándo necesita moverse? y ¿cómo se llevara a cabo el movimiento?
11. **Principio de estandarización.** Si se tiene un tipo especial de equipo para cada movimiento o almacén, se tendrán demasiados tipos y tamaños distintos para inventariar y controlar. A la hora de elegir el equipo no deben tenerse en cuenta sólo el costo de compra y de mantenimiento, sino también el de operación que incluye la capacitación del personal, la energía a utilizar, etc.
12. **Principio de adaptabilidad.** Tratar de utilizar equipo que haga muchos trabajos diferentes sin que consuma tiempo o tenga costos excesivos.
13. **Principio del peso muerto.** Reducir la razón del peso del equipo al peso del producto.
14. **Principio de utilización.** Planear la utilización óptima del equipo y la mano de obra para el manejo de materiales.
15. **Principio de mantenimiento.** Planear el mantenimiento preventivo y programar las reparaciones de los equipos de manejo.
16. **Principio de obsolescencia.** Conforme el equipo deje de servir por el uso o aparezca otro método mejor y más eficiente, hay que sustituirlo y mejorar las operaciones.
17. **Principio de control.** Usar las actividades de manejo para mejorar el control del inventario de producción y la atención de las órdenes.
18. **Principio de capacidad.** Se desea obtener tanto como sea posible del equipo y de los empleados de producción. El equipo para el manejo de materiales ayuda a maximizar la utilización del de producción.



19. **Principio del rendimiento.** Determinar la eficacia del rendimiento del manejo en términos de gasto por unidad manejada.
20. **Principio de seguridad.** Es responsabilidad de la empresa proporcionar un ambiente seguro de trabajo.

4. ANÁLISIS DE ACTIVIDADES NO PRODUCTIVAS

El objetivo principal de este trabajo es identificar pérdidas y lograr eliminarlas o por lo menos reducirlas. Si se observa el proceso detenidamente por unos minutos, enseguida comienzan a notarse por todos lados diferentes tipos de actividades que no agregan valor: personas que caminan muchos metros una y otra vez, máquinas que se paran por falta de material y otras que tienen pilas de maderas a la espera del siguiente proceso, personas esperando, personas moviendo material de un lado al otro, tablas que se reprocessan, máquinas que se rompen, falta de organización, falta de previsión, desorden por todos lados, falta de limpieza, falta de comunicación, retazos de madera amontonados por todas partes, desconocimiento de stock disponible, entre muchas otras cosas. La primera pregunta que se plantea es ¿dónde comenzar? ¿por lo más urgente? Pero ¿qué es lo más urgente? ¿cuáles son los principales problemas a solucionar?.

En el marco teórico se explicó la Teoría de las Restricciones propuesta por Goldratt. En ella se encuentra una respuesta lógica a la pregunta anterior: lo primero que debe hacerse es identificar “el cuello de botella”, la principal restricción del sistema, y trabajar sobre él, porque es el que determina la capacidad de todo el proceso, es decir, si se logra aumentar la capacidad del cuello de botella, se aumentará la capacidad de toda la planta y esto equivale a reducir pérdidas que están impidiendo producir mayor cantidad y mejor calidad con los mismos recursos. Pero para poder encontrar el verdadero y más problemático cuello de botella, se necesitan tener bien en claro los procesos, sus entradas y salidas, sus tiempos de transformación, sus problemas y soluciones más frecuentes entre otras cosas, es decir, es necesario observar cada etapa desde diferentes ángulos y entenderlas en profundidad, preguntando todo lo que haga falta una y otra vez ¿para qué se realiza esa operación? ¿por qué de esa manera y no de otra? ¿por qué en ese orden y por qué esa cantidad?, etc., técnica que se conoce como “los 5 Por qué”.

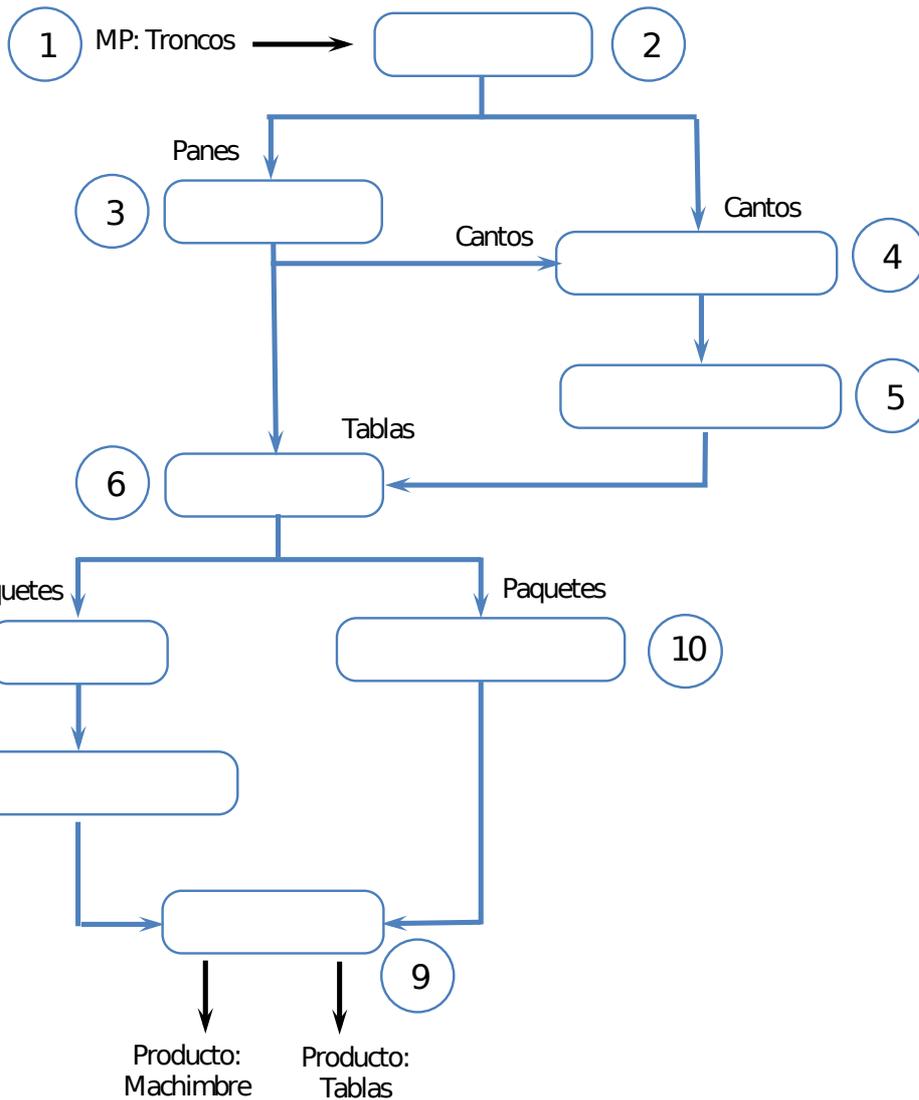
4.1. EL PROCESO PASO A PASO

Siguiendo el diagrama de flujo que se muestra a continuación, se irá explicando paso a paso el proceso desde que ingresan los troncos al aserradero hasta que se obtienen los productos.









1. Los troncos o “rollos” necesarios para la producción llegan en camiones, contratados por el proveedor de la materia prima, hasta el aserradero, donde son descargados y apilados con un tractor a unos cincuenta metros de la panera, al aire libre. El apilado de los mismos no sigue ningún orden o clasificación, simplemente se colocan todos los troncos juntos sean del tamaño que sean.
2. Antes de comenzar a procesar, los troncos deben ser trasladados hasta donde comienza el primer proceso: la panera o gemelas. Un operario toma de a tres, cuatro o cinco troncos con el tractor, los transporta y coloca sobre la línea de



alimentación de la panera, la cual posee un sistema de cadenas que permite que los troncos sean movidos unos tres metros hasta la máquina y caigan uno a uno.

La panera cuenta con dos sierras “gemelas” que son reguladas a una distancia igual al ancho de las tablas que se pretende obtener. Esto se regula al poner la máquina a punto.

El operario de la panera hace avanzar los rollos de la línea de alimentación hasta que uno cae sobre los rodillos de esta máquina. Entonces acomoda el tronco de la forma que crea más conveniente moviendo los rodillos para un lado y para el otro. En algunos casos, los rollos son muy anchos o contienen alguna irregularidad muy pronunciada que debe ser cortada con una sierra eléctrica manual para que no se trabe dentro de la máquina.

Una vez que adoptó la posición deseada, se hace avanzar el tronco hasta pasar por las gemelas. Estas sierras realizan dos cortes paralelos, uno a cada lado del rollo, dividiéndolo en tres partes: dos cantos y un pan. De aquí los cantos son derivados a la alimentadora y el pan hacia la múltiple. Actualmente el operario que maneja la múltiple es el mismo que se encarga de colocar los troncos en la línea de alimentación con el tractor.



TRONCO O ROLLO



SIERRAS GEMELAS



CANTO

PAN

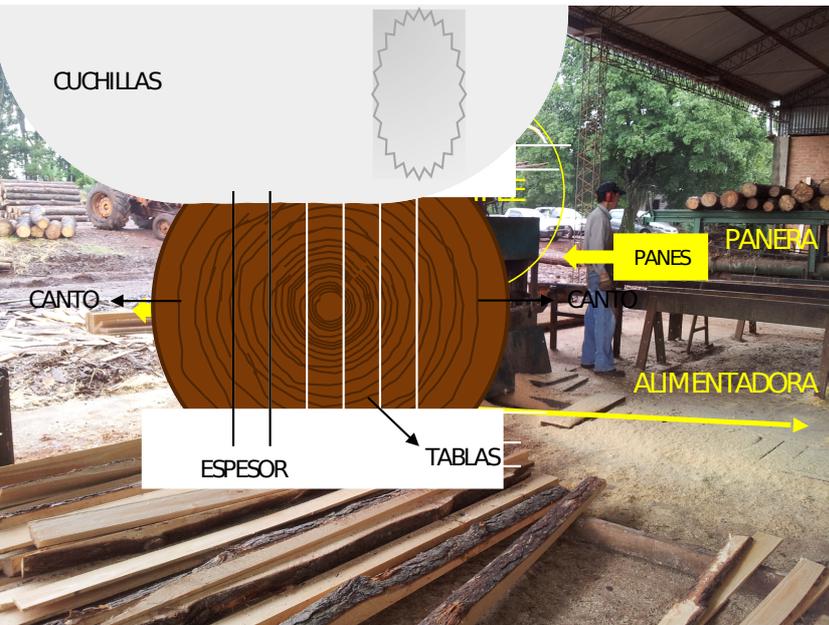
CANTO

LA EMPRESA





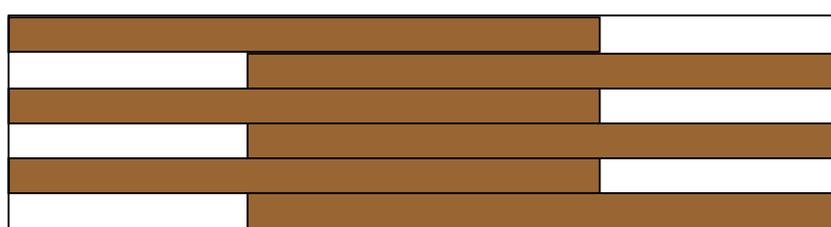
3. La múltiple es la máquina encargada de cortar el pan en varias tablas. Un operario toma un pan caído de la panera y lo empuja a través de la múltiple que cuenta con varias hojas paralelas dispuestas a distancias determinadas por el espesor de la tabla que se quiere obtener. Actualmente se utilizan hasta seis hojas por lo que pueden obtenerse cinco tablas por pasada más dos cantos, uno de cada lado. Al salir las tablas de la múltiple, son recibidas por otro operario que las toma y las lleva hacia el lugar de apilado donde se preparan con determinada disposición para luego ingresarse al horno. Los cantos son apilados a un costado a la espera de ser llevados a la alimentadora. Algunos de éstos se colocan en otro sitio como desperdicio ya que no se puede obtener ninguna tabla de ellos.



4. Un operario agarra los cantos derivados de la panera y de la múltiple, los coloca de a uno en la alimentadora donde una sierra de cinta va cortando una tabla de cierto espesor. Si de ese canto pueden obtenerse más tablas, el mismo es devuelto por el operario que se encuentra al otro lado recibiendo lo que sale de la máquina, y vuelve a pasarse una y otra vez hasta que queden sólo desperdicios. Las tablas obtenidas de este proceso tienen corteza a ambos lados y su ancho va variando, por lo que es necesario derivarlas a una nueva máquina antes de llevarlas al horno: la canteadora.



- La canteadora también necesita de dos operarios. Cuenta con dos sierras paralelas que cortan los costados de la tabla, emparejándola y quitándole la corteza. De esta máquina se obtienen tablas que son apiladas junto con las salidas de la múltiple y desperdicios. El ancho de la tabla puede ajustarse y quedar fijo o cambiarse en cada pasada, de acuerdo a lo que pueda obtenerse de las tablas en bruto.



- El apilado se realiza disponiendo las maderas alternadas como se muestra en la figura. Esto permite la correcta circulación del vapor por entre medio de ellas dentro del horno, lo que facilita su secado.



Además, entre las capas de tablas se colocan separadores para que no estén en contacto directo unas con otras y facilite el paso del aire entre ellas. Cuando las tablas son muy largas, se acomodan una al lado de la otra sin dejar los espacios mostrados en el diagrama.

A cada conjunto de apilado de tablas se lo llama paquete, una vez que se obtienen suficientes de éstos, se llevan al horno para ser secados.

7. El proceso de secado es muy importante ya que es uno de los factores que más influye en la calidad y vida útil del producto. En el aserradero Los Pinales SRL se trabaja con secado artificial mediante un horno y una caldera. Se colocan los paquetes preparados luego de la múltiple y la canteadora sobre unos carros que se arman a medida. Dependiendo de las dimensiones de las tablas va a ser la cantidad de paquetes que puedan introducirse en el horno, pero por lo general se colocan entre quince y dieciocho. Cada carro tiene una soga de acero que se engancha a un guinche para poder colocarlo dentro del horno. Una vez que el compartimiento está lleno, se cierran las puertas y se pone en funcionamiento la caldera que es la que va a proveer el vapor necesario durante todo el proceso de secado.

El proceso de secado de un horno dura entre treinta y nueve y cuarenta y ocho horas dependiendo de condiciones como el espesor de las tablas, el rendimiento de la caldera, la temperatura ambiente, entre muchas otras. La temperatura del horno se controla por medio de un termómetro colocado al lado de la puerta del mismo. También debe controlarse la presión a la que trabaja la caldera.

Como éste debe ser un proceso constante, una vez que se ingresan los paquetes al horno y comienza el secado debe haber una persona constantemente alimentando la caldera y controlando los parámetros.



Una vez que pasaron las horas que normalmente necesita el proceso de secado, se abre el horno y se mide la humedad de algunas tablas elegidas al azar para corroborar si el material está listo o no para ser sacado del horno.

8. Cuando finaliza el proceso de secado, las tablas pasan al machimbrado. Aquí la machimbradora cepilla ambas caras y realiza los cortes a los costados del macho y la hembra que permiten encastrar un machimbre con otro.

En la machimbradora, un operario toma una tabla de los paquetes salidos del horno, y la coloca en la machimbradora, cuando ésta aparece del otro lado ya cepillada, otra persona la recibe y le hace un corte dependiendo del largo deseado de la tabla. Luego la coloca en el lugar que corresponda de acuerdo a su tamaño. Esta máquina es la que tiene el mayor tiempo de puesta a punto que ronda las dos horas porque deben cambiarse y ajustarse varias piezas. La velocidad puede regularse de acuerdo a la calidad de madera que quiera obtenerse.

9. El último paso del proceso es el empaquetado del machimbre. Esto se realiza tomando diez tablas de las mismas medidas y encintándolas en ambos extremos. Luego los paquetes se van parando, encimando los que son de iguales dimensiones.



10. Otros productos que también se fabrican son tablas y listones. Estos se realizan partiendo de lo obtenido en la múltiple y en la canteadora. Las tablas y listones son pasados por una cuba que contiene fungicida, que es un preservador de madera, y son secadas de manera natural, es decir sin pasar por el horno. Una vez que están listas pueden ser empaquetadas o no.

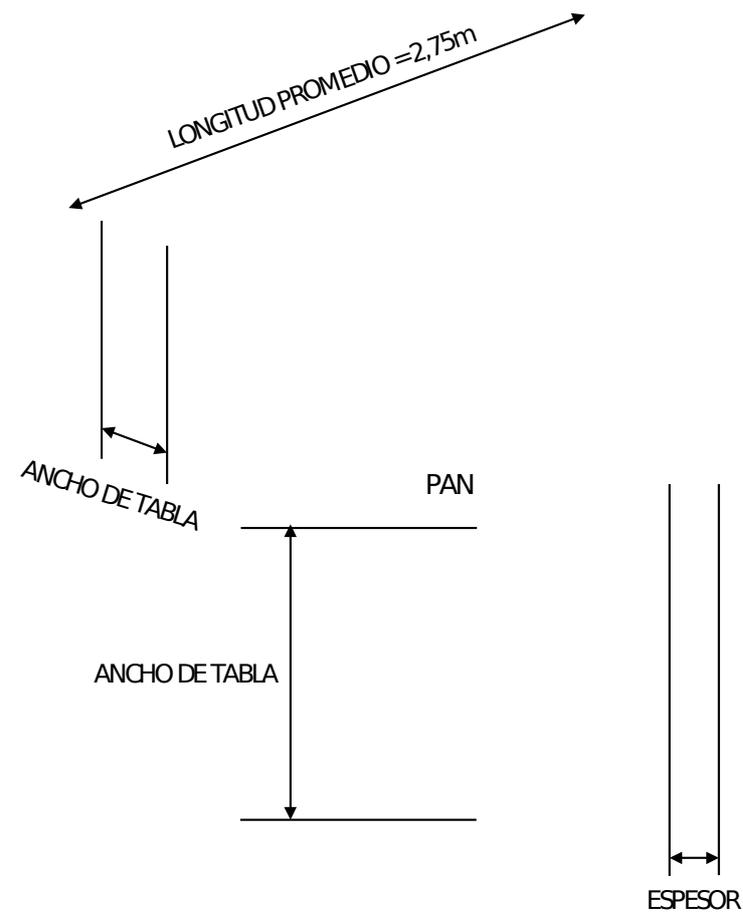
4.2. LA CAPACIDAD PRODUCTIVA Y EL CUELLO DE BOTELLA

Observar y comparar las capacidades productivas de cada subprocesso permitirá identificar el cuello de botella y por ende la capacidad de toda la planta.

Como no se disponía de datos para calcular las capacidades de cada parte del proceso, se procedió a tomar tiempos de fabricación en cada máquina. Se realizaron veinte mediciones en cada parte del proceso, se hicieron promedios y estimaciones (ver Anexo I). Luego, como de cada máquina se van obteniendo diferentes productos, y se necesitaba evaluar todo el proceso en iguales condiciones, se llevaron los resultados de cada subprocesso a una única unidad de medida: metros de tabla por segundo. Esto se realizó analizando cada caso particular, a continuación se describe lo realizado para la panera, el procedimiento para los demás procesos se encuentra en el Anexo II de este trabajo.

Proceso de obtención de la capacidad de la Panera

De la Panera, el pan que se obtiene puede transformarse en cierta cantidad de tablas de acuerdo a la medida que se busca obtener.



Utilizando los porcentajes de venta promedios de los tres espesores más vendidos, tomando un largo de tabla medio de 2,75 metros y un diámetro promedio de veinticinco centímetros, se tiene que:

De 1 PAN se obtienen:	Cantidad de metros obtenidos de un pan	Porcentaje promedio de producción
8 tablas de ½" de	22m	64%

5 tablas de ¾" de	13,75m	26%
4 tablas de 1" de	11m	10%

Tabla - Metros por pan

Esto hace un promedio de 18,75 metros por pan. Dividiendo este dato por el tiempo promedio que se tarda en procesar un pan que es de 60,3 segundos¹⁷, se obtiene la capacidad en m/s. Multiplicando este valor por 60, se obtiene la capacidad en m/min que es 18,66.

Las capacidades obtenidas de la utilización actual de la planta fueron las siguientes¹⁸:

Proceso o máquina	Capacidad (m/min)
Panera o gemelas	18,66
Múltiple	16,24
Alimentadora	15,42
Canteadora	10,03
Apilado	15,81
Horno	5,60
Machimbradora	18
Embalaje	36,67

Tabla - Capacidades en m/min

Observando estos valores, podría decirse que el cuello de botella de este sistema es el horno, que si bien demanda una gran cantidad de tablas de una sola vez y alimenta a la machimbradora con todas ellas juntas, su tiempo de proceso es muy largo, demora entre treinta y nueve y cuarenta y ocho horas en lograr el secado correcto de las tablas.

Lo curioso es que visualmente, uno no diría que el horno es el cuello de botella, ya que nunca hay material en espera delante de él, lo que no hace parecerlo como una

¹⁷ Tiempos obtenidos y promedios en Anexo I.

¹⁸ Cálculo de capacidades en Anexo II.

restricción que retrasa la producción. Se observó con mayor detenimiento este proceso durante cinco días para analizarlo con más precisión. Resultó ser que de esos cinco días, el horno sólo estuvo en funcionamiento dos, los otros tres días se mantuvo abierto y vacío, con la caldera apagada. Es aquí donde un Ingeniero Industrial se pregunta a quién se le ocurre tener todos los procesos en funcionamiento y el cuello de botella parado por tres días, es algo ilógico.

Al preguntarles a los socios encargados de la producción porqué el horno funcionaba tan poco, ellos respondieron que “se prende cuando hace falta”, cuando se completan los dos carros de carga necesaria para llenarlo. Ahora bien, como puede ser posible que se demore más en completar las cargas con las demás máquinas que en secar la madera cuando las capacidades productivas de los demás procesos son muchas veces más altas que la del horno. Es aquí cuando se comienza a pensar que en este análisis falta tener en cuenta otro factor importante a la hora de analizar la capacidad: el horno está encendido veinticuatro horas por día cuando se encuentra en funcionamiento, mientras que el resto de las máquinas trabajan sólo ocho horas diarias a excepción del proceso de embalado que son seis horas diarias. La siguiente tabla muestra el tiempo total en minutos que trabaja cada proceso en una semana:

Proceso	Días por	Horas por	Total de minutos por
Panera			

Tabla - Tiempo semanal de trabajo de cada proceso

En el caso de la machimbradora, debe tenerse en cuenta que cada puesta a punto demora un tiempo promedio de ciento veintiocho minutos y se realiza normalmente dos veces por semana.

Con el Total de minutos de utilización por semana de cada proceso se pueden obtener las capacidades expresadas en m/sem que tienen en cuenta las horas que actualmente trabaja cada proceso. Esto se realiza multiplicando la capacidad (m/min)

por el total de minutos de funcionamiento semanal (min/sem) como se muestra en la siguiente tabla:

Proceso	Capacidad	Total de minutos	Capacidad (m/sem)
Panera			

Tabla - Obtención de capacidad en m/sem

Pero también deben tenerse en cuenta las utilizaciones de cada máquina, debido a que como se muestra en el flujograma, el recorrido de la materia prima a veces toma caminos diferentes para llegar a lo mismo. Este es el caso de la múltiple y la alimentadora-canteadora, el producto que sale de ambas es el mismo pero el proceso para su obtención no lo es. Para calcular los porcentajes de madera que se derivan a cada máquina se tomaron mediciones y se calcularon los porcentajes de área que pasaban hacia la alimentadora y hacia la múltiple (ver Anexo III). Además se tuvo en cuenta que de la múltiple también se deriva madera hacia la alimentadora. Lo que recibe la canteadora es lo mismo que la alimentadora, existe un pequeño desperdicio entre ambas que no se tomará en cuenta.

El horno y la machimbradora tienen una utilización del noventa por ciento debido a las tablas que se venden sin machimbrar (normalmente éstas no pasan por el proceso de secado).

Entonces se vuelven a calcular las capacidades semanales pero teniendo en cuenta el porcentaje de utilización de cada máquina:

Proceso o máquina	Utilización	Capacidad (m/sem)	Capacidad teniendo en cuenta la utilización (m/sem)
Panera o gemelas	1	44788	44788
Múltiple	0,23	38976	169460

Alimentadora	0,77	37009	48063
Canteadora	0,77	24072	31262
Apilado	1	37944	37944
Horno	0,9	40358	44842
Machimbradora	0,9	38592	42880
Embalaje	1	66006	66006

Tabla - Capacidades por semana teniendo en cuenta la utilización

Con estos valores, se puede observar que el actual cuello de botella es la canteadora y que hay un desequilibrio en los procesos alimentadora-canteadora y múltiple, ya que esta última tiene muy poca utilización respecto a las otras siendo la máquina más nueva de las tres y con mayor capacidad teórica. Entonces deberá trabajarse sobre este conjunto para tratar de solucionar este cuello de botella.

4.3. DISMINUCIÓN Y/O ELIMINACIÓN DE PÉRDIDAS EN RELACIÓN A LOS CUELLOS DE BOTELLA

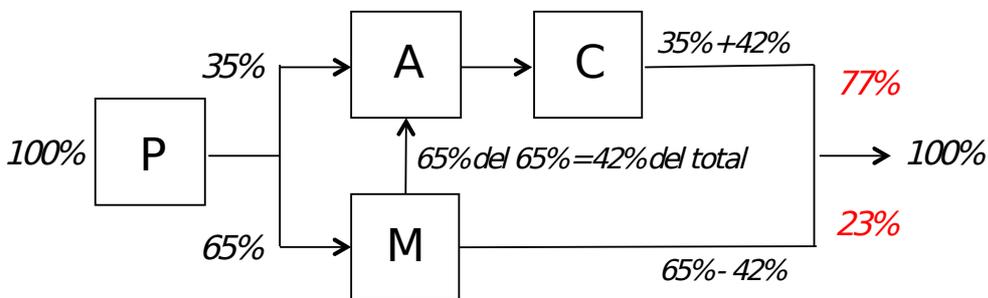
Ahora que se conocen las capacidades de los procesos de acuerdo a su funcionamiento y utilización, se tiene por delante la tarea de eliminar las pérdidas que disminuyen la capacidad productiva y aumentan los costos. Para ello se trabajará con los diferentes cuellos de botella que vayan apareciendo a medida que se eliminen o disminuyan pérdidas, así al final de esta sección podrá notarse el gran impacto de una pequeña pérdida. ¿Por qué trabajar sobre los cuellos de botella? Porque es donde van a ser más productivos los cambios.

4.3.1. EL PRIMER CUELLO DE BOTELLA: LA CANTEADORA

Como se dijo anteriormente, dentro del proceso, una parte del material obtenido de la panera, los panes, siguen su ruta hacia la múltiple, mientras que los cantos tanto de la panera como de la múltiple se dirigen hacia la alimentadora y luego la canteadora. De ambos subprocesos, múltiple y alimentadora-canteadora, se obtiene lo mismo: tablas, que se encuentran listas para ser apiladas y llevadas al horno. La primera pregunta que se plantea aquí es ¿por qué hay un porcentaje tan alto de material que se dirige a la alimentadora y uno tan bajo hacia la múltiple? Si se obtiene lo mismo de ambos procesos, ¿habría alguna forma de lograr que este porcentaje al menos se equilibre?

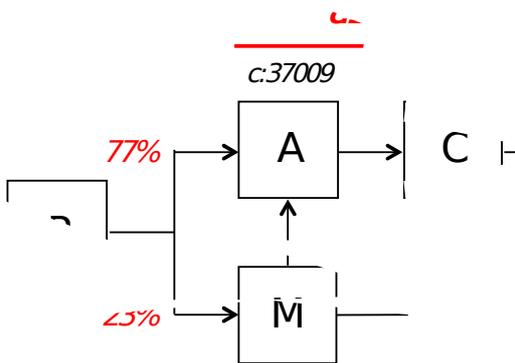
Del total del material que se obtiene de la panera, un 65% se deriva a la múltiple y el 35% restante a la alimentadora. Lo que determina el material que pasa desde la panera hacia la alimentadora es el diámetro del tronco y el ancho de tabla que quiera procesarse, ya que todo lo que sobresalga a esta medida se corta, obteniéndose los ya nombrados "cantos". Entonces aquí se debería tratar de elegir los troncos de menor diámetro para los anchos de tabla más chicos y los troncos de mayor diámetro para los anchos de tronco mayores, para ello podría realizarse una clasificación previa de la materia prima disponible de acuerdo a los planes de producción.

Del 65% del material que ingresa a la múltiple, sólo el 35% es transformado en tablas, el resto son cantos que se derivan a la alimentadora, lo que finalmente hace que del 100% de la materia prima que ingresa a la panera, un 77% sea procesado en la alimentadora y un 23% en la múltiple.



Referencias: P: Panera, A: Alimentadora, C: Canteadora, M: Múltiple

Si se multiplican el porcentaje total de material que va hacia la múltiple por su capacidad y el porcentaje total que se dirige hacia la alimentadora-canteadora por la capacidad de la última (por ser la menor), se obtiene la capacidad de todo el proceso de corte de tablas que es de 27499 m/sem como se muestra en la figura siguiente.



Como ya se ha mencionado, la múltiple cuenta con cuchillas internas paralelas que cortan varias tablas por pasada, lo cual es muy diferente a la alimentadora y canteadora que sólo pueden procesar una tabla por pasada. La cantidad de cuchillas determina la cantidad de tablas, la múltiple trabaja con seis de ellas, por lo que pueden obtenerse cinco tablas y dos cantos por pasada pero observando detenidamente la máquina, pareciera que la misma cuenta con espacio para colocar más cuchillas.

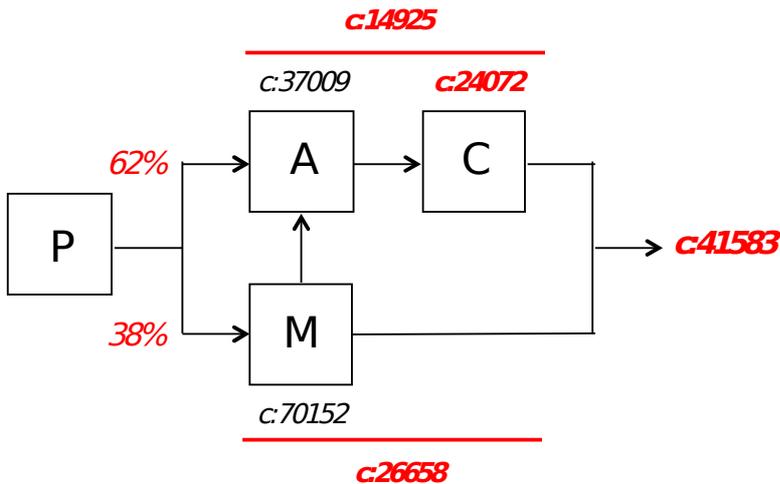
Al preguntarle al encargado cuánto es el máximo de cuchillas que podían colocarse, respondió que diez, pero que éstas son muy costosas para reponer las cuatro que faltan. Entonces aquí se tiene una posible solución, ya que si se colocaran más cuchillas, no sólo se aumentaría la productividad de esta máquina sino que también se estaría procesando más material de una única pasada lo que haría que deba procesarse menos material en la alimentadora-canteadora. La pregunta ahora es ¿alcanzaría esta medida para transformar la canteadora en un no cuello de botella?

Si se utilizan diez cuchillas, de todo el material ingresado a la múltiple, un 59% se transformaría en tablas, quedando el 41% restante para ser derivado a la alimentadora. Esto hace que el total de material procesado por la alimentadora-canteadora disminuya del 77 al 62%. Además, la capacidad de la múltiple aumenta de 38976 a 70157 m/sem.

Esto se deriva en un aumento de la capacidad de corte de tablas a 41583 m/sem y aquí se encuentra la primera gran pérdida: no estar utilizando correctamente la



capacidad de la múltiple lo que deriva en sobrecargar la capacidad de la canteadora.
Con sólo colocar cuatro cuchillas más se puede producir un 51% más.

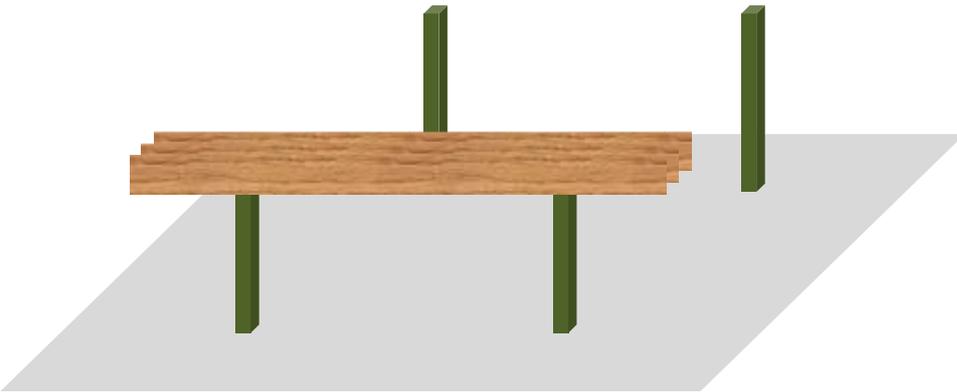


Referencias: P: Panera, A: Alimentadora, C: Canteadora,
 M: Múltiple, c: capacidad (m/sem).

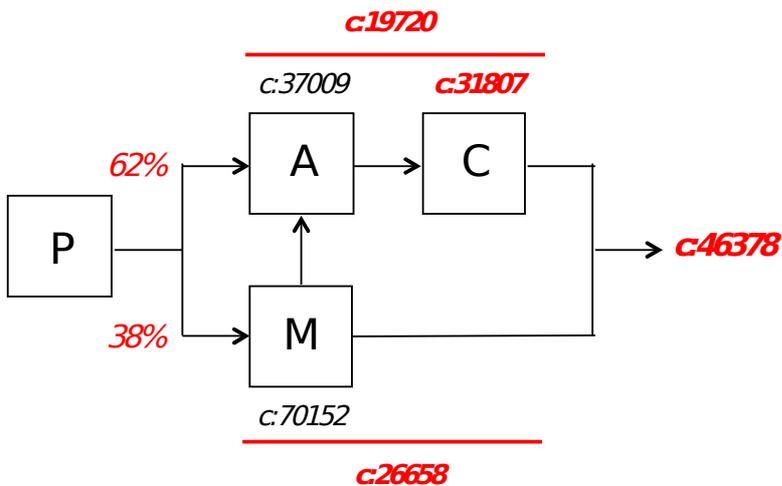
Ahora si se estudia sólo el proceso de la canteadora, una de las primeras pérdidas que se observa es el tiempo que tarda el operario en abastecer cada tabla. Esto se debe a que las tablas que salen de la alimentadora son apiladas de manera desordenada, entonces el operario de la canteadora, al sacar una tabla, tiene que tener cuidado de que no se caigan las restantes lo que le consume un tiempo extra, que dada la situación de la canteadora, es sumamente valioso. Dentro de las pérdidas de Toyota explicadas en el marco teórico, ésta puede ser una Pérdida por Movimientos Innecesarios ya que el operario tiene que realizar movimientos excesivos para tomar partes productivas o realizar desplazamientos excesivos para poder efectuar su operación.

Por tener la alimentadora mayor capacidad que la canteadora y estar antes de esta última, siempre se va a generar una acumulación de material entre ambas máquinas, lo que debe evitarse es que esta acumulación sea excesiva y desordenada porque perjudica al proceso de canteado.

Para lograr esto, se propone modificar el sistema de aprovisionamiento de material de la alimentadora hacia la canteadora. La idea es colocar una estructura de hierro inclinada que utilice la gravedad para mover el material y no permita la acumulación excesiva del mismo, como se muestra en el diagrama.



El operario de la alimentadora deberá colocar las tablas acostadas con su lado más angosto hacia arriba de manera tal que ocupen menos espacio. Cuando el operario de la canteadora saque una tabla de adelante las demás se moverán automáticamente por efecto de la gravedad, de esta manera no tendrá que preocuparse por las demás tablas, sólo tendrá que sacar la que se encuentra más cerca de él.



Referencias: P: Panera, A: Alimentadora, C: Canteadora,
 M: Múltiple, c: capacidad (m/sem).

Luego de tomar alrededor de veinte mediciones, se obtiene que el promedio de tiempo de proceso de la canteadora, desde que el operario busca el material, lo acomoda, pasa por la misma y otro operario lo recibe, es de 16,45 segundos por tabla, de los cuales entre 9 y 12 segundos son de búsqueda del material (entre un 55 y un 73% del tiempo). Colocando el sistema de abastecimiento antes mencionado, se estima que el tiempo de proceso disminuirá al menos unos cuatro segundos por tabla, lo cual implica un aumento de capacidad del 32%, se pasa de 24072 a 31807 m/sem.

Luego de haber aplicado estos cambios, la tabla de capacidades productivas semanales se modifica de la siguiente manera (se encuadran con línea entrecortada los procesos a los que se les modificó su capacidad):

Proceso o máquina	Utilización	Capacidad (m/sem)	Capacidad teniendo en cuenta la utilización (m/sem)
Panera o gemelas	1	44788	44788
Múltiple	0,38	70152	184610
Alimentadora	0,62	37009	59691
Canteadora	0,62	31807	51301
Apilado	1	37944	37944



Horno	0,9	40358	44842
Machimbradora	0,9	38592	42880
Embalaje	1	66006	66006

Tabla - Nuevas capacidades luego de eliminar el primer cuello de botella

Observando estos números, puede decirse que la canteadora dejó de ser el cuello de botella y apareció uno nuevo: el apilado.

4.3.2. EL SEGUNDO CUELLO DE BOTELLA: EL PROCESO DE APILADO

En esta tarea no participa ninguna máquina, es sólo el operario recibiendo material, acomodándolo y poniendo separadores entre capa y capa.

Si se estudia detenidamente el proceso de apilado, se observa que el mismo está compuesto por las siguientes actividades:

1. El operario busca las tablas de la canteadora o espera las tablas de la múltiple.
2. Acomoda una capa de tablas.
3. Camina para buscar los separadores, que son unos bastones de madera.
4. Coloca ocho separadores por capa.
5. Repite el ciclo hasta completar el paquete.

Con la realización de más de veinte mediciones en planta, se obtuvo que el tiempo total promedio desde que el operario busca el material hasta que coloca los separadores es de ochenta y cuatro segundos, y se estudió el porcentaje de tiempo que insume cada paso en ese total. Los resultados fueron los siguientes:

Actividad	%	Tiempo aproximado (s)
Busca/espera	18	15

Capa de tablas	27	23
Busca separadores	31	26
Coloca separadores	24	20
Total	100	84

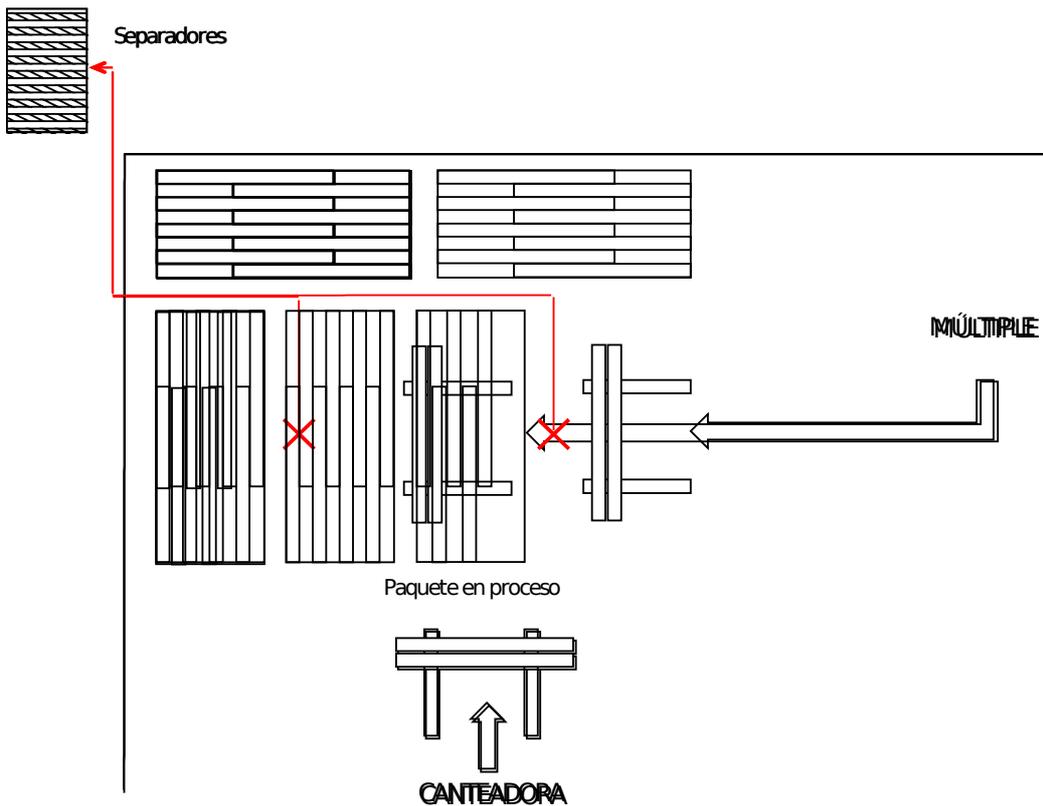
Tabla - Subactividades apilado

La actividad con mayor porcentaje de tiempo dentro de esta tarea, es la búsqueda de separadores. Evidentemente esto es una pérdida, podría clasificarse como de Transporte Innecesario dentro de las que explica Toyota. La pregunta es si realmente es necesario o se puede evitar.

Los separadores, que miden alrededor de noventa centímetros cada uno, se colocan en una estructura de madera de aproximadamente cientoveinte centímetros de ancho, ochenta centímetros de profundidad y ochenta de altura. A continuación se muestra una foto de esta estructura.



El operario camina entre siete y diez pasos de ida y otros siete a diez de vuelta para alcanzar los separadores. El recorrido que debe hacer para llegar a ellos está indicado en el siguiente croquis. El puesto de apilador se muestra con una cruz roja, las tablas que recibe se colocan sobre dos maderas en el piso, a su izquierda las provenientes de la canteadora y atrás las de la múltiple.



Existen dos estructuras para los separadores, una es la que está en el puesto de armado y la otra se encuentra al lado de la machimbradora, ya que a medida que se van procesando las tablas secas, se devuelven los separadores para ser reutilizados y cuando se terminan los que están en apilado se intercambian las estructuras. Debido a su peso, deben ser trasladados con el tractor. Pero al preguntar por qué se coloca siempre en ese lugar fuera del galpón, simplemente responden que “porque siempre se puso allí y queda cómodo”. Lo cierto es que sería mucho más cómodo colocar esta estructura más cerca del apilador, donde no estorbe y no se tenga que caminar tanto para alcanzar los separadores. Lo que se propone a continuación es algo sencillo que ahorraría bastante tiempo y disminuiría esta pérdida por transporte innecesario: un pequeño cambio de layout.

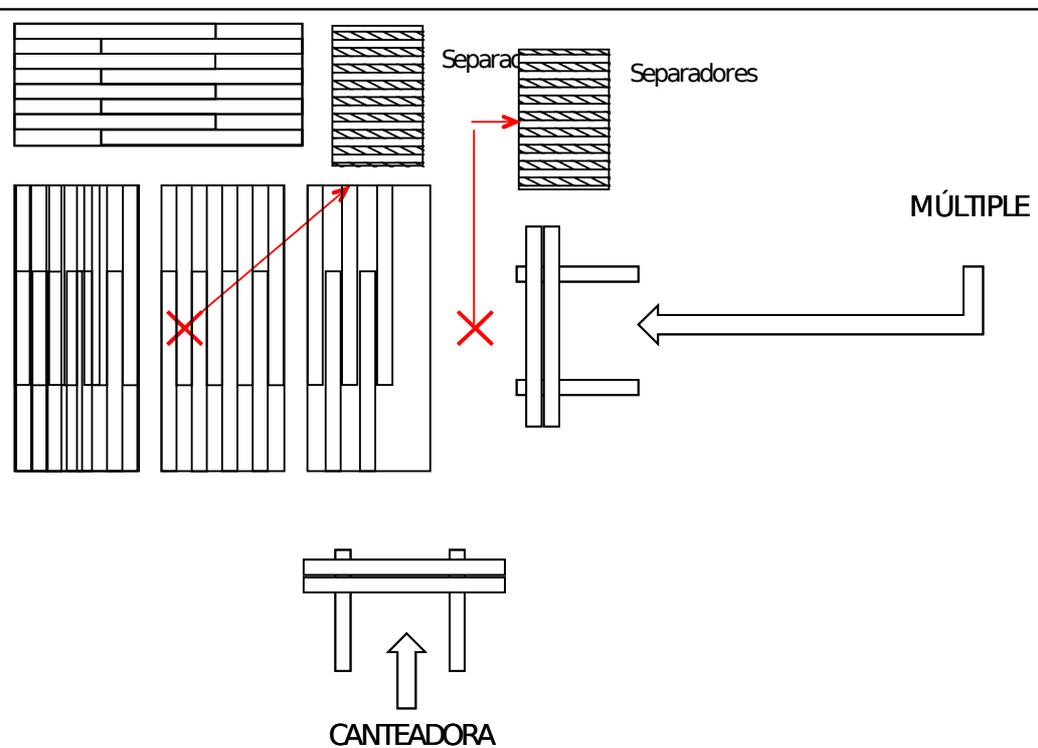
Cambio de layout para el proceso de apilado

Para llevar a cabo este cambio, se deben tener en cuenta los principios de distribución de planta enunciados en el marco teórico del presente trabajo. Se busca que el operario tenga que caminar y moverse menos para alcanzar los separadores. La idea es colocarle ruedas al carro para que no sea algo estático y pueda adaptarse

a la necesidad del momento. De todos modos no hará falta moverlo grandes distancias, pero sí debe poder correrse algunos metros.

Además, se requerirá el espacio de uno de los paquetes para que los separadores puedan colocarse dentro del área de apilado. Esto no será problema ya que siempre se trata de realizar tres o cuatro paquetes y se solicita que el tractor los coloque en el carro del horno, a veces por comodidad se acumulan muchos paquetes en el lugar, incluso se colocan donde termina el galpon, a cielo abierto, y esto genera mayor dificultad para trabajar.

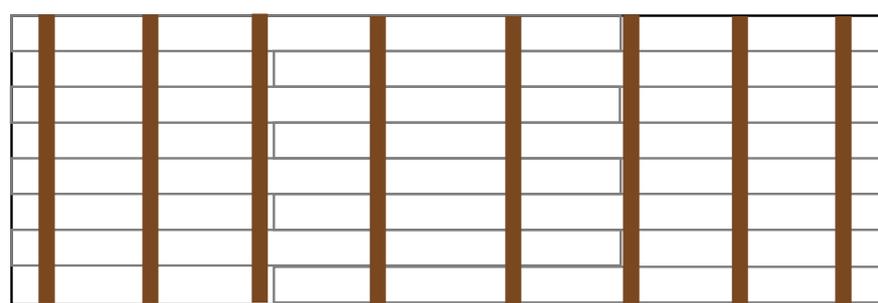
A continuación se presenta el croquis que muestra la propuesta planteada. Fácilmente puede percibirse la disminución de la distancia que el operario tiene que recorrer sin tener que mover el carro más que unos metros.



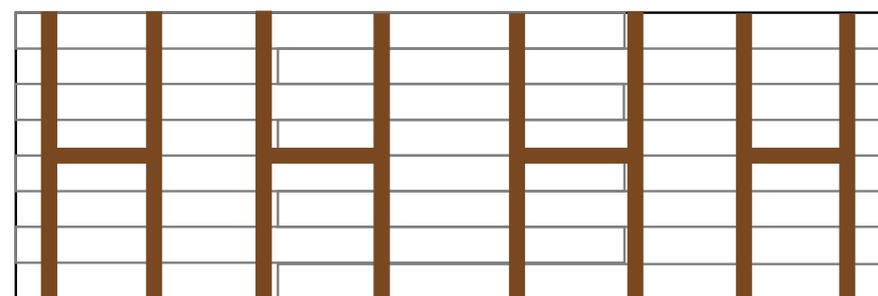
Este cambio hará que el operario camine unos dos o tres pasos de ida y otros dos o tres de vuelta, por lo que el tiempo disminuirá de un promedio de veintiseis segundos a solo ocho segundos. Con esta disminución, el tiempo aproximado total del proceso de apilado será de 66 segundos, con lo que la capacidad aumenta de 15,8 a 20 m/min y la capacidad semanal del apilado pasará de 37940 a 48000 m/sem, es decir, aumentará un 26%.

Otra actividad que puede mejorarse aplicando los principios de manejo de materiales, es la de la colocación de los separadores. ¿Qué pasaría si con el mismo movimiento que el operario utiliza para apoyar un separador, se apoyaran dos? Se estarían eliminando Movimientos Innecesarios, pérdida nombrada por Toyota nuevamente. Esto puede lograrse realizando estructuras en forma de H con los bastones, es decir tomando dos y uniéndolos con otro al medio. De esta forma el operario necesitará colocar cuatro separadores en forma de H en vez de ocho bastones, lo que implica realizar el movimiento de agacharse y ubicar el bastón la mitad de las veces. Esto no quiere decir que el tiempo se disminuirá a la mitad, pero sí será menor que el actual.

Actualmente



Propuesta



Aplicando esto, pueden disminuirse alrededor de cinco segundos, la colocación de los separadores tomará un promedio de quince segundos en vez de veinte, por lo que la capacidad del proceso de apilado aumentará a 51934 m/sem.

El tiempo de espera de material en el apilado, es otra pérdida de las mencionadas por Toyota. Pero esto no se produce constantemente, sino sólo cuando comienza el ciclo, que el apilador tiene que esperar a que llegue material hasta su puesto o cuando se detiene alguno de los procesos anteriores por cualquier motivo. Cuando empieza a funcionar el ciclo, el operador de la panera se encarga de colocar los rollos con el tractor en la alimentadora de esta máquina, luego se baja del tractor y comienza a operarla hasta que debe volver a colocar rollos. Una solución sería que el operario del apilado sea quien coloca los rollos en la panera, de esta manera en vez de estar esperando parado a que lleguen tablas, cuando deje el tractor las tablas ya estarán llegando hasta su puesto.

La nueva tabla de capacidades aplicando estos últimos cambios sería la siguiente:

Proceso o máquina	Utilización	Capacidad (m/sem)	Capacidad teniendo en cuenta la utilización (m/sem)
Panera o gemelas	1	44788	44788
Múltiple	0,38	70152	184610
Alimentadora	0,62	37009	59691
Canteadora	0,62	31807	51301
Apilado	1	51934	51934
Horno	0,9	40358	44842
Machimbradora	0,9	38592	42880
Embalaje	1	66006	66006

Tabla - Nuevas capacidades luego de eliminar el segundo cuello de botella

4.3.3. EL TERCER CUELLO DE BOTELLA: LA MACHIMBRADORA

La machimbradora, el nuevo cuello de botella, es la máquina que requiere más tiempo de puesta a punto. Necesita adaptarse a las medidas de la tabla que quiere procesarse, tanto de ancho como de espesor. Este cambio se realiza dos veces por semana aproximadamente y consume un promedio de ciento veinticinco minutos por puesta a punto, es decir, que el proceso de machimbrado se detiene doscientos cincuenta minutos de la jornada laboral por semana lo cual implica una pérdida de producción.

Una forma de aumentar su productividad es disminuyendo este tiempo de puesta a punto, para lo cual puede aplicarse SMED.

Aplicación de SMED al proceso de machimbrado

Esta herramienta, comienza estudiando la secuencia de actividades que se realizan durante la puesta a punto desde que se terminó de producir la última tabla del lote anterior hasta que se produce una conforme del nuevo lote. A continuación se enumeran los pasos que se realizan en este lapso de tiempo y cuántos minutos demora cada uno:

Operación	Descripción	Tiempo
1	Se buscan elementos de limpieza para sacudir la viruta.	4
2	Limpieza general. Se saca la viruta.	3
3	Se dejan los elementos de limpieza y se busca la llave para las fresas y los cepillos (donde se encuentran las cuchillas).	4
4	Se retiran las fresas.	5
5	Se retiran los dos rodillos que cuentan con seis cuchillas cada uno.	7
6	Se llevan las fresas y cuchillas al centro de afilado.	2
7	Se afila cada cuchilla y cada fresa, una por una.	55
8	Se llevan nuevamente hasta la machimbradora.	2
9	Se colocan las cuchillas regulando la altura de acuerdo al espesor de tabla deseado.	8
10	Se utiliza un controlador para que queden todas a la misma altura.	5
11	Se colocan las fresas junto con arandelas de suplemento para regular el macho y la hembra.	12
12	Se sube o se baja la cepilladora de arriba (la de abajo es estática)	4
13	Se mueven las fresas hacia adentro o hacia afuera para lograr el ancho de tabla deseado.	4
14	Se realizan pruebas. Se modifica lo que sea necesario (espesor, ancho o macho/hembra).	10

15 Se guardan las herramientas utilizadas.

3

Total **128***Tabla - Procedimiento de puesta a punto*

El siguiente paso es separar las operaciones internas de las externas. Las primeras son las que se realizan con la máquina parada, las segundas pueden realizarse mientras ésta aún se encuentra en funcionamiento. Actualmente, todas las actividades enumeradas son internas aunque varias no deberían de serlo. No se tendrían que buscar elementos o herramientas con la máquina parada, esta tarea debe hacerse mientras la máquina aún se encuentra en funcionamiento.

Las operaciones uno, tres y quince pueden transformarse en externas con sólo proveer las herramientas que van a usarse y colocarlas en una caja para transportarlas todas de una vez hasta la machimbradora mientras ésta aún sigue en funcionamiento. Esta es una pérdida por falta de organización y previsión de las tareas lo que hace que se consuma más tiempo sin producir. Además es importante mantener el orden de las herramientas, estos tiempos de búsqueda en la actualidad son muy variables debido al desorden que hay, lo que hace que no se encuentren fácilmente los elementos.

El afilado de las fresas y las cuchillas es la actividad que toma más tiempo. No siempre deben afilarse todas pero el tiempo promedio es de cincuenta y cinco minutos de afilado. Todo este tiempo podría ahorrarse si se tuviera un juego de fresas y cuchillas de repuesto ya afiladas que permitan el cambio directo ahorrando no sólo el tiempo de afilado sino también el de ida y vuelta hacia el centro de afilado. Luego cuando la máquina esté en funcionamiento podrán afilarse las herramientas que se extrajeron y dejarlas listas para la próxima puesta a punto.

La operación once también puede reducirse fácilmente. Para la colocación de las arandelas de suplemento utilizan una tabla realizada por ellos donde se le indica cuántos suplementos de cada espesor deben utilizar para lograr ciertas medidas. Con esos datos van probando las diferentes arandelas hasta que dan con las medidas adecuadas, ya que no están identificadas. El tiempo que demoran en realizar esto puede solucionarse teniendo un juego de arandelas ya preparado para cada medida que quiera lograrse. Además deberán estar bien ordenadas e identificadas para que el operario no pierda tiempo midiendo una por una hasta que encuentra la adecuada. Este pequeño cambio ayudará a ahorrar unos siete minutos del tiempo del paso once.



Con estas modificaciones el nuevo procedimiento de puesta a punto será:

Operación	Descripción	Tiempo (min)	Actividad
1	Se preparan las herramientas y elementos que van a usarse durante la puesta a punto, incluyendo las fresas y cuchillas ya afiladas.	4	Externas
2	Se lleva lo anterior a la machimbradora.	2	
3	Limpieza general. Se saca la viruta.	3	Internas
4	Se retiran las fresas.	5	Tiempo: 51 min
5	Se retiran los dos rodillos que cuentan con seis cuchillas cada uno.	7	
6	Se colocan las cuchillas afiladas regulando la altura de acuerdo al espesor de tabla deseado.	8	

7	Se utiliza un controlador para que queden todas a la misma altura.	5	
8	Consultando la tabla, se colocan las fresas junto con arandelas de suplemento para regular el macho y la hembra.	5	
9	Se sube o se baja la cepilladora de arriba (la de abajo es estática) girando dos tornillos.	4	
10	Se mueven las fresas hacia adentro o hacia afuera para lograr el ancho de tabla deseado.	4	
11	Se realizan pruebas. Se modifica lo que sea necesario (espesor, ancho o macho/hembra).	10	
12	Se guardan las herramientas utilizadas.	3	
13	Se afilan las cuchillas que se extrajeron para utilizarlas en la próxima puesta a punto.	55	Externas

Tabla - Nuevo procedimiento luego de aplicar SMED

Así, se lograría disminuir un 60% el tiempo de puesta a punto, llevándolo de 128 a 51 minutos. Es sabido que podrá reducirse bastante haciendo un análisis más profundo que el planteado, estandarizando actividades, facilitando algún paso, etc.

La reducción del tiempo de puesta a punto hará aumentar la capacidad semanal productiva de la machimbradora de 38592 a 41364 m/sem y si se lo afecta a la utilización su capacidad será 45960 m/sem.

La tabla de capacidades se modifica nuevamente:

Proceso o máquina	Utilización	Capacidad (m/sem)	Capacidad teniendo en cuenta la utilización (m/sem)
Panera o gemelas	1	44788	44788
Múltiple	0,38	70152	184610
Alimentadora	0,62	37009	59691
Canteadora	0,62	31807	51301
Apilado	1	51934	51934

Horno	0,9	40358	44842
Machimbradora	0,9	41364	45960
Embalaje	1	66006	66006

Tabla - Nuevas capacidades luego de eliminar el tercer cuello de botella

4.3.4. EL CUARTO CUELLO DE BOTELLA: LA PANERA

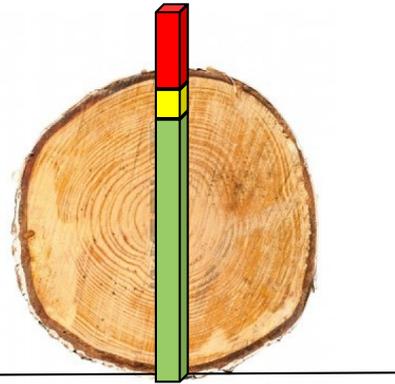
Al observar el ciclo de la panera una y otra vez, se distingue que hay un factor que hace que el proceso tome el doble o triple de tiempo de lo normal en varias oportunidades. Esto sucede cuando el tronco tiene alguna ramificación o es muy ancho de algún extremo (más de treinta y cuatro centímetros), lo que hace que no pase por las gemelas y deba cortarse con motosierra ahí mismo, para quitar el excedente.

Este factor puede eliminarse simplemente revisando los troncos una vez que llegan al predio y cortando ahí mismo los que presenten estas características o separándolos del resto, así prácticamente ninguno se trabará al ingresar a la panera.

Para esto, un operario deberá controlar en los troncos que ingresen como materia prima:

1. Que el mismo no cuente con alguna deformación que sobresalga notablemente de su diámetro, como ser parte de alguna ramificación mal cortada.
2. Que el diámetro de uno y otro lado no exceda los treinta y cinco centímetros. Para realizar esta tarea se puede fabricar un medidor de madera donde se marque hasta dónde debería llegar el diámetro, de esta manera la medición es más rápida y da menos lugar a equivocaciones.

A continuación se muestra un croquis de cómo puede ser este medidor. La parte pintada de verde mide hasta treinta centímetros, la de amarillo de treinta a treinta y cuatro, que es el largo máximo admitido, y el rojo de treinta y cuatro en adelante, que es cuando ya debe cortarse el tronco.



Al realizar esta actividad, sería interesante poder documentar los resultados para poder evaluar al proveedor en este aspecto y tener pruebas contundentes a la hora de negociar. No es necesario ir anotando uno por uno, pero al final de la inspección podrá completarse una tabla como la siguiente:

CONTROL DE MATERIA PRIMA						LOS PINALES S.R.L	
Área: Patio						Año: 2014	
Fecha	Hora	Proveedor	Cant. Rollos	Cant. Rollos >34cm	Cant. Rollos con ramif.	Responsable Inspección	Firma
/ /							
/ /							
/ /							
/ /							
/ /							
/ /							
/ /							

Esta simple medida de separar de antemano los troncos con diámetros muy grandes, hará aumentar la capacidad de 18,66 a 21,49 m/min o de 44788 a 51586 m/sem, es decir un quince por ciento aproximadamente, por lo que la panera dejará de ser el cuello de botella.

4.3.5. EL CUELLO DE BOTELLA PRINCIPAL: EL HORNO

El horno es el cuello de botella principal en Los Pinales SRL. Esto es debido a que su capacidad en metros por minuto es la menor y semanalmente está calculada operando veinticuatro horas al día cinco días de la semana, a diferencia de las demás máquinas u operaciones que trabajan sólo un turno de ocho horas diarias. Es decir, podría aumentarse el triple la capacidad semanal de todos los demás pasos del proceso trabajando más turnos pero no del horno más que trabajando el fin de semana.

Entonces, ahora que se solucionaron los demás cuellos de botella, no se debe permitir que el horno esté parado siempre que haya maderas para secar, es decir que se debe lograr que siempre haya tablas listas esperando a que el horno termine para poder ser secadas.

Pero la realidad es que el horno pasa mucho tiempo parado, no sólo por los anteriores cuellos de botella que actualmente están demorando el proceso, sino también por la gran falta de previsión de materia prima que hay por parte de los encargados de la empresa, ya que la mayoría de las veces esperan hasta que los troncos se terminen para volver a pedir al proveedor que traiga más. Esto hace que la producción se pare de acuerdo al tiempo que se tarde en recibir la materia prima y es evidentemente una pérdida por Tiempo de espera, un tiempo de espera que abarca a todo el proceso de producción.

Pero ¿se podría vender todo lo que se produjera teniendo el horno constantemente en funcionamiento?. Si bien el panorama que muestra el estudio de mercado indica que este sector no está creciendo, pareciera que el aserradero sí podría vender más productos, debido, no sólo a que actualmente se está atrasado con los pedidos alrededor de un mes, sino también a que los clientes que tiene la empresa llegaron solos, nadie salió a buscarlos, entonces qué pasaría si alguno de los dueños buscara nuevos clientes. De acuerdo a lo que cuentan los encargados, han ido nuevos clientes en busca de productos pero debido a la gran demora en la entrega deciden comprar en otro lado, entonces el aumentar la capacidad de la empresa con estos pequeños cambios, logrando que el horno trabaje constantemente, aumentaría las ventas y por lo tanto los ingresos.

Hay una herramienta que sería muy útil para gestionar visualmente que el horno, cuando se pare, siempre tenga una carga esperando afuera: el Kanban.



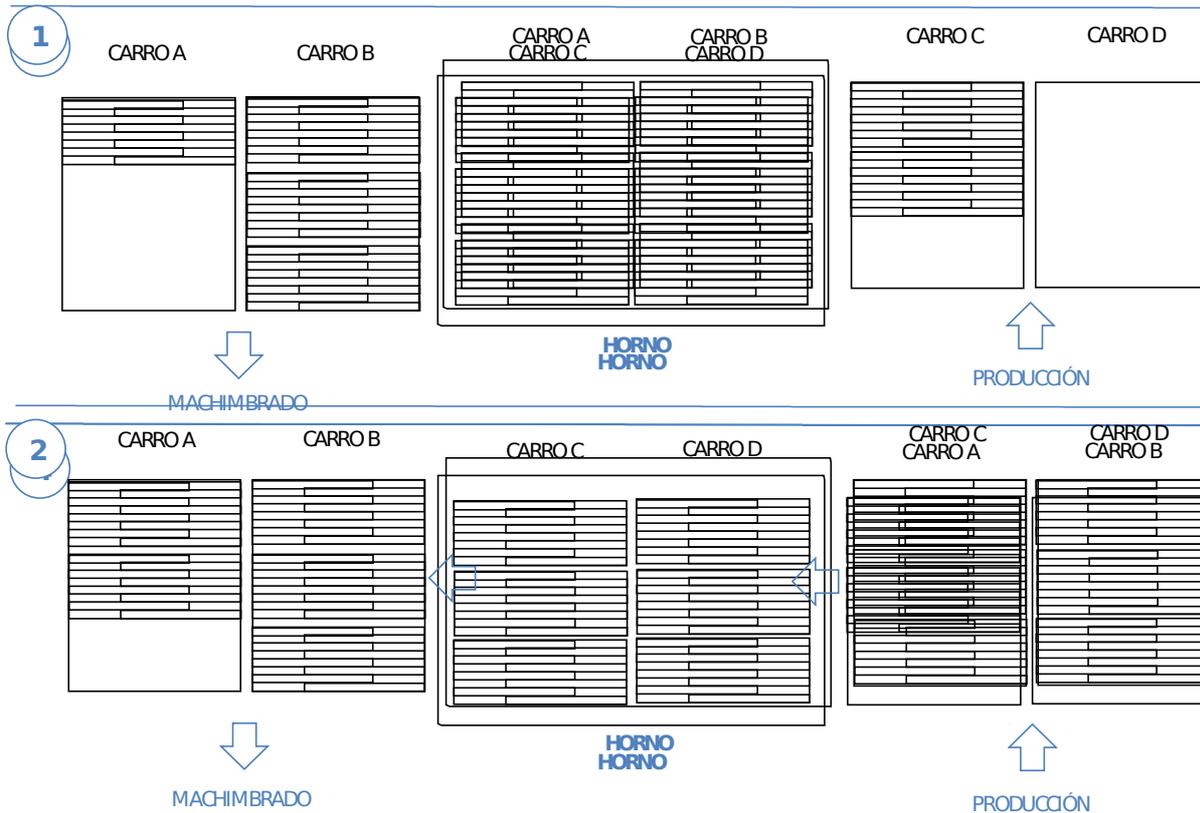
Aplicación de Kanban al proceso de secado

El Kanban del horno será de producción, porque de acuerdo a lo explicado en el marco teórico, éste funciona como orden de producción, especifica el tipo y la cantidad de producto a fabricar por el proceso anterior, pero también es un kanban de transporte porque el espacio vacío indica que el proceso proveedor debe entregar material. En este caso no se utilizarán tarjetas, para hacer la gestión más visual aún, se utilizarán dos de los mismos carros que se usan actualmente para el horno.

Cuando se introduzcan los carros A y B al horno y comience el proceso de secado, habrá dos carros más afuera vacíos esperando a ser llenados por producción (1), mientras estos dos carros C y D no estén completos, se deberá producir tablas destinadas a machimbre. Una vez que la carga en proceso de secado esté lista y salga hacia el proceso de machimbrado (2), se meterán los carros C y D con la nueva carga al horno (3). Si éstos no están completos, el horno deberá permanecer apagado hasta que se llenen ambos. Los carros A y B son descargados y son llevados a la parte inicial para ser cargados nuevamente y pasar por el proceso de secado cuando acabe el lote anterior (4).

Para esto se necesitarán acondicionar dos carros más, que ya se encuentran en el aserradero, así no se tendrá que esperar a vaciar los carros recién salidos y completarlos con el nuevo cargamento para comenzar el proceso de secado.





Utilizando este sistema ya no se tendrán que esperar más de dos horas en poder descargar y volver a cargar los carros para iniciar el proceso de secado nuevamente. Pero lo más importante es que se tendrá un mayor control de cómo va la producción de tablas y si se llegará a llenar o no el horno para poder tomar medidas si se va muy retrasado. Para mantener la producción al nivel de capacidad planteado es sumamente importante que el horno no se detenga por largos lapsos de tiempo.

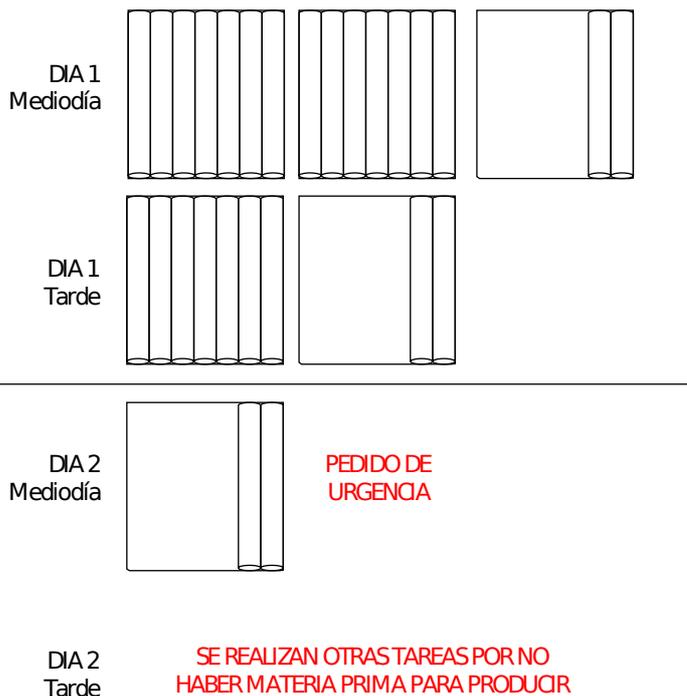
4.4. OTRAS ACTIVIDADES NO PRODUCTIVAS ENCONTRADAS

4.4.1. DESABASTECIMIENTO

Como se dijo anteriormente, el abastecimiento de materia prima es un problema muchas veces ya que no se pide a tiempo o se espera a que no haya más troncos para volver a pedir y la producción se detiene generando pérdidas por tiempo de espera en todos los procesos.

El siguiente esquema, muestra cómo es actualmente el abastecimiento:

LA EMPRESA



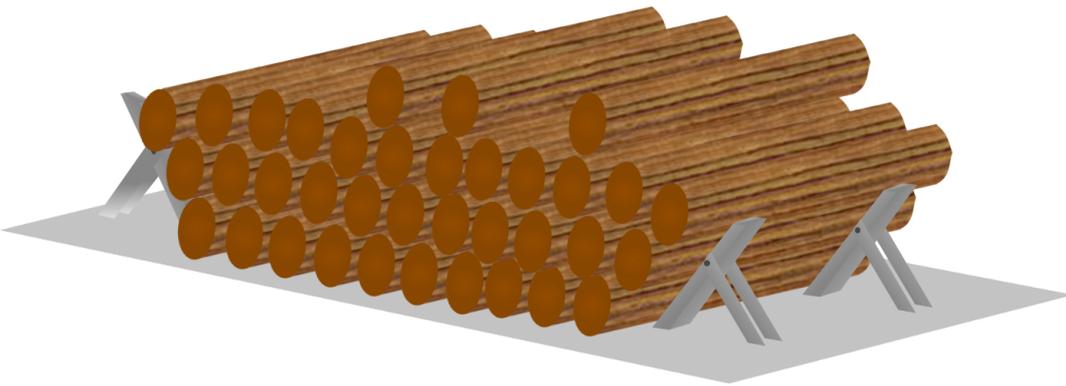
Aplicación de Kanban al abastecimiento de materia prima

Para tratar de solucionar este problema y así evitar pérdidas por tiempo de espera de materia prima, se propone utilizar un sistema Kanban que será disparador de cuándo deben pedirse troncos al proveedor.

Para llenar el horno con tablas se necesitan entre cuarenta y cuarenta y cinco toneladas de troncos aproximadamente. Cada camión puede transportar entre nueve y once toneladas, entonces se necesitarán alrededor de cuatro cargas de materia prima para completar un horno. Y de acuerdo a los cálculos hechos anteriormente, son dos días de trabajo, por lo que se utilizan dos cargas por día de producción.

Normalmente las cargas se piden de un día para el otro, pero en algunas ocasiones el proveedor no tiene stock para enviar por lo que puede tardar hasta dos días. Sin embargo se tienen varios proveedores y es muy poco probable que todos se queden sin materia prima al mismo tiempo por lo que el tiempo máximo de entrega es de un día y medio. También debe tenerse en cuenta que cuando llueve no se reparten rollos.

Como “contenedor” de Kanban se utilizarán unos soportes fijos colocados en el suelo que mantendrán toda una carga apilada. El operador del tractor deberá tomar los

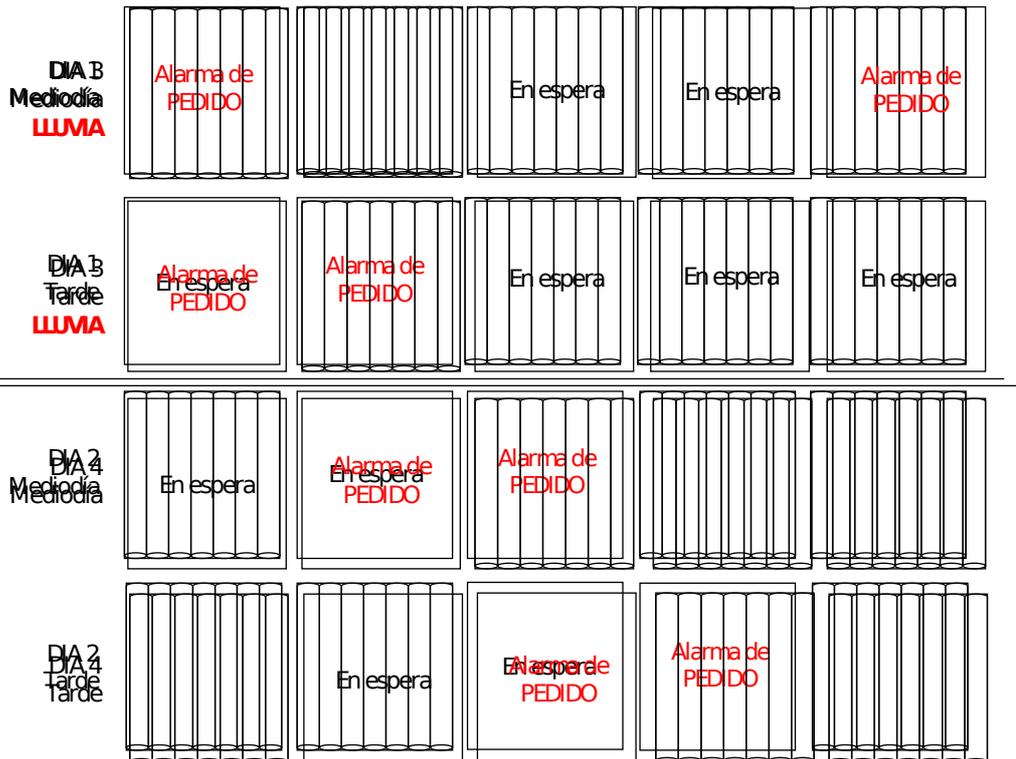


troncos de un mismo contenedor hasta que éste se acabe y recién ahí podrá tomar de otro.

Para calcular la cantidad de contenedores se aplicará la fórmula de Kanban expresada en el marco teórico utilizando los datos anteriores:

Se elige un stock de seguridad de tres cargas debido a las variaciones que hay en el tiempo de entrega ya sea porque el proveedor no cuenta con los troncos o porque llueve y no se reparten los mismos. Entonces con este stock se tiene un día y medio de abastecimiento en caso de no llegar la materia prima.

Suponiendo que se consumen dos cargas todos los días (si bien habrá variaciones en los consumos), el circuito de la materia prima aplicando el Kanban sería el siguiente:



Algo parecido a lo que se representa en el día tres sucederá si el proveedor no tiene el material disponible para el día siguiente.

Si bien puede que llueva por más de un día o que el proveedor demore más en conseguir el material, estos casos son los menos probables y sería excesivo contar con stock para tantos días.

Puede ser que en algunas ocasiones se consuma más o menos materia prima por día, este sistema se adapta a estos cambios ya que da la señal de alarma cuando se consume el contenedor y no de acuerdo al promedio que se utiliza por día. Esta flexibilidad y poder de adaptación es importante para mantener siempre troncos disponibles sin necesidad de tener un stock muy grande y costoso. Pero para que funcione de manera correcta, debe ser utilizado de manera correcta, respetando sus alarmas y readaptándolo en caso de que cambie de forma permanente alguna variable como el tiempo de entrega, el stock de seguridad o el consumo diario.

4.4.2. FALTA DE ORDEN Y LIMPIEZA

Al recorrer la planta, una de las primeras cosas que se nota es la falta de orden y limpieza. Todo está ubicado de manera completamente aleatoria, donde se usó se dejó. Así es como cualquiera que busque algo deberá invertir bastante tiempo para encontrarlo y muchas veces se compran cosas que se creía que no había, como ser tornillos, tuercas, repuestos, pinturas, etc.





Las imágenes que se muestran a continuación describen claramente por qué es tan importante actuar sobre este punto, cualquiera se pregunta cómo logran trabajar y hacer las cosas bien en un ambiente así y por qué nadie trata de cambiarlo.



Al entrar a la oficina, uno se da cuenta de que el problema no es la falta de tiempo para ordenar o limpiar, sino que es su forma de trabajar, por lo que no basta simplemente con poner todo en su lugar, sino que se necesita un verdadero cambio de cultura.



APLICACIÓN DE 5S

LA EMPRESA



Las 5S son una herramienta que permite mostrar a las personas una forma de trabajar diferente, donde “hay un lugar para cada cosa y cada cosa está en su lugar”, donde tienen más espacio para poder moverse y caminar libremente. Pero para que tenga éxito, se debe lograr que las personas que se encuentran en la cúpula estén convencidas de querer ese cambio de cultura y de aplicarlo ellos mismos para dar el ejemplo y exigir que se cumpla en todas las áreas. La dirección es la responsable de organizar y proporcionar los recursos necesarios, así como desempeñar un papel activo en el proceso, especialmente en las primeras experiencias de implantación.

A diferencia de las demás propuestas, la aplicación de las 5S fue llevada a cabo en un pequeño sector de la empresa con la idea de que las personas aprendan cómo es el sistema y vivan sus beneficios, a continuación se detalla cómo se fue realizando esta tarea.

Para aplicar esta herramienta lo primero que debe hacerse es elegir una pequeña área donde realizarlo, para poder mostrar el funcionamiento y los beneficios de las 5S y luego ir trabajando sobre otros sectores. La pregunta es por dónde empezar:

- Por una máquina
- Por la oficina
- Por alguno de los talleres

La oficina sería un buen lugar para comenzar ya que de esta manera los dirigentes darían el ejemplo de cómo trabajar a los operarios, sin embargo, no parece ser suficiente para demostrarles por qué es mejor cambiar su forma de trabajar.

El taller de afilado parece ser el lugar más apropiado para empezar ya que es un espacio común, que lo utilizan todos los integrantes de la empresa incluyendo los de la cúpula. En este lugar se guardan herramientas, repuestos, elementos de protección, etc, y se encuentran las máquinas de afilado de las hojas y cuchillas de toda la planta. Es un espacio pequeño con bastante circulación ya que todos ingresan al menos dos veces al día en busca de algo.

Luego de reunir a los involucrados y explicar los conceptos de las 5S y los procedimientos de aplicación, se comenzaron a realizar uno a uno los pasos.

1. Clasificar, separar, seleccionar sólo lo esencial.

Antes de comenzar el lugar estaba repleto de cosas, en los estantes, en el piso apiladas, arriba de las máquinas, donde sea que había un lugar despejado se



colocaba algo. No existían los pasillos, sino pequeños lugares vacíos en el suelo por donde se podía pasar. Encontrar lo que se buscaba era una tarea tediosa que podía llevar mucho tiempo dependiendo de la suerte que se tenía.

Lo primero que se hizo fue vaciar el lugar, se despejó el piso y los estantes, lo único que se dejó fueron las máquinas que eran muy pesadas. Luego comenzó la clasificación para la que se tomaron tres categorías:

- No se utiliza y no sirve.
- Sirve pero no se utiliza.
- Sirve y se utiliza.

De estas tres la única que debía quedar dentro del taller era la tercera. Por lo que había que hacer algo con el resto de las cosas. Todo lo que pertenecía a la primera categoría “No se utiliza y no sirve”, dicho de otro modo era basura o chatarra, se subdividió en:

- Objetos de madera, cartón, papel.
- Chatarra.
- Basura.

Los primeros se destinaron al horno como fuente de alimentación. La basura se colocó en bolsas de consorcio para que las lleve el recolector. Para la chatarra, que eran partes de máquinas, motores u objetos de hierro muy pesados que no tenían utilidad alguna, se contrató un container con el fin de sacarlas definitivamente de circulación.

Con los objetos de la segunda categoría “Sirve pero no se utiliza” fue más complicado ya que algunas podrían restaurarse y venderse y otras quizá podrían hacer falta en un futuro. Se decidió dejarlas apartadas en un gran cajón de madera para luego decidir qué hacer con ellas.

2. Ordenar, organizar el espacio, ubicar con consenso.

Antes de acomodar lo que había quedado dentro de la categoría “Sirve y se utiliza”, se limpió todo el espacio, las máquinas, ventanas, paredes y estantes. Luego se ordenaron las máquinas que no se habían sacado debido a su peso y que se usan

diariamente. La disposición de las mismas surgió después de varias propuestas. Una vez que las maquinas estuvieron ubicadas en su lugar, se demarcaron los contornos.



Los elementos que habían quedado para volver a colocar en el taller se agruparon en las siguientes categorías o tipos:

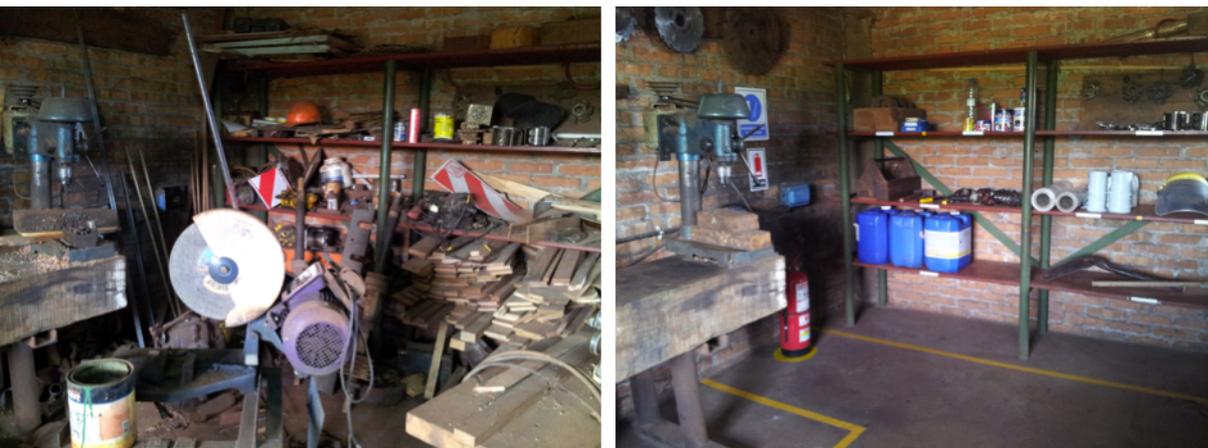
- Fungicida: es un preservador de madera que se utiliza para las tablas, ya que éstas no pasan por el horno. Es una sustancia tóxica que se emplea para eliminar hongos o impedir su crecimiento.
- Palas y rastrillos: normalmente utilizadas para mover o quitar aserrín de alrededor de las máquinas.
- Herramientas manuales y caja de herramientas.
- Discos de corte y fresas.
- Elementos de protección personal.
- Repuestos de máquinas.
- Pinturas, aguarrás, etc.

Se definió en qué lugar iba a quedar cada elemento, esto en razón de la frecuencia de uso, necesidad de cercanía, volumen, peso, cantidad, secuencia en el proceso,



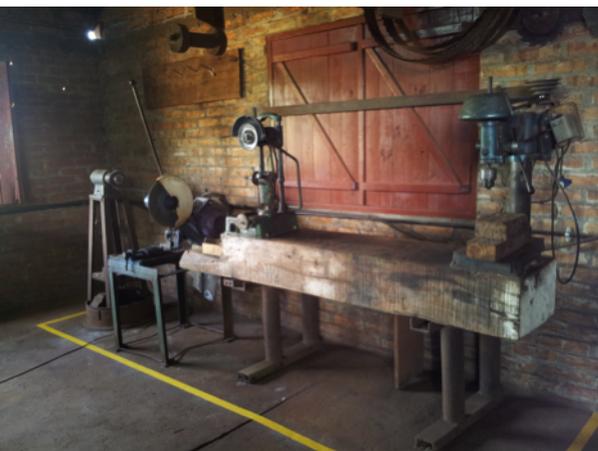
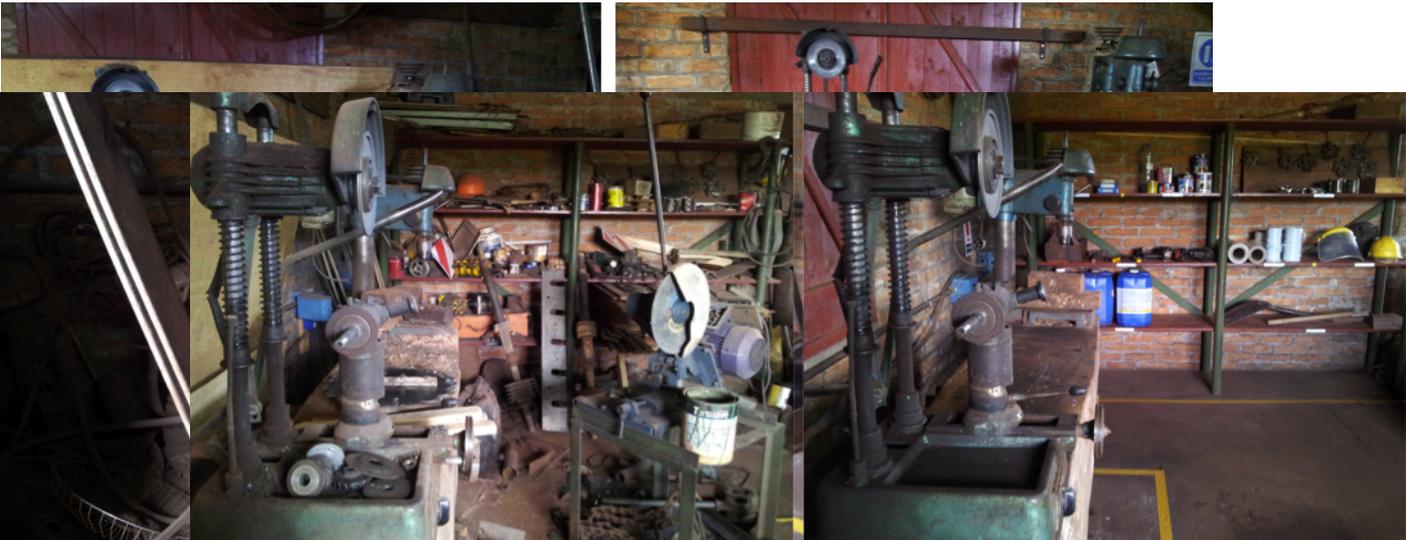
riesgo, etc. Después se colocaron carteles indicando qué va en cada lugar para que con el tiempo no se vayan mezclando nuevamente las cosas.

Además se designó un lugar fijo para el matafuego del taller, el cual se ubicó en un lugar al que se puede acceder rápidamente sin problemas y cerca de los elementos altamente inflamables (fungicida y pinturas). Se pintó un círculo amarillo en el suelo, donde debe ir apoyado el matafuego para que llame la atención si éste no se encuentra y se colocó un cartel en la pared con la leyenda “Matafuego”. Es de suma importancia que esto se respete por la seguridad de todos, ya que si ocurre un accidente hay muchas más posibilidades de solucionarlo a tiempo teniendo un matafuego en funcionamiento en un lugar determinado.



Después de varios días de trabajo se logró cambiar completamente el aspecto del taller, a continuación se muestra el ANTES y DESPUÉS:





3. Limpiar, asegurar la función del lugar.

El taller es un espacio sumamente propenso a ensuciarse debido principalmente a dos causas:

- Ingreso constante, por la ventana y puerta, de polvillo de aserrín del aserradero propio y del que se encuentra detrás.
- Ingreso de tierra debido a que el suelo contiguo a la puerta es de tierra.



La primera fuente de suciedad es casi imposible de eliminar ya que el polvillo se transporta con el viento y no puede evitarse, si se cerrara la ventana la luz dentro del taller sería muy escasa. La segunda fuente tampoco puede ser eliminada pero al menos puede disminuirse. Se colocaron a la entrada de la puerta tablas en el suelo y encima de ellas una alfombra para que quien entre se sacuda los pies. En un futuro sería conveniente realizar un piso en el ingreso al taller.

Ya que es muy difícil evitar que el espacio se ensucie, es sumamente necesario asignar actividades de limpieza frecuentes con algún responsable a cargo para mantener la limpieza. Se deberá:

- a) Barrer el taller.
- b) Limpiar la estantería.
- c) Pasar un trapo húmedo.
- d) Sacar polvo de paredes, máquinas y estantes.

ACTIVIDADES DE LIMPIEZA		LOS PINALES S.R.L. 								
Área: TALLER DE AFILADO		Año 2013								
Duración aproximada: 30 min										
Actividad		05-nov	12-nov	19-nov	26-nov	03-dic	10-dic	17-dic	23-dic	30-dic
1	Sacudir tierra de paredes, máquinas y muebles									
2	Limpiar estanterías									
3	Acomodar cosas fuera de lugar									
4	Barrer									
5	Pasar trapo húmedo									
Responsable										
Firma										
Realizó: _____		Fecha: / /			Aprobó: _____			Fecha: / /		

4. Estandarizar.

Como a cada cosa se le asignó un lugar, es necesario que todos colaboren colocando cada objeto en su sitio luego de utilizarlo para mantener el orden. Para controlar esto



y corregir algún desvío también se debe asignar actividades de inspección con cierta frecuencia y algún responsable a cargo. Éstas incluyen:

- a) Observar atentamente si algún objeto está fuera de su lugar, si falta o si está de más. Esto puede hacerse con ayuda de un check list de verificación o comparando cada sector con fotos de cómo debería estar.
- b) Verificar que los pasillos estén despejados.
- c) Verificar si el matafuego se encuentra en su lugar y que la carga no esté vencida.
- d) Evaluar la limpieza general del lugar.
- e) Corroborar si las lámparas están en funcionamiento o hay alguna que se haya quemado.
- f) Proponer quitar o agregar cosas e incluso cambiar alguna ubicación.

Estas inspecciones se realizarán una vez por semana siguiendo un instructivo que indica qué se debe auditar en cada punto y si hay desviaciones qué debe hacerse para corregirlas. El instructivo que se muestra a continuación fue realizado específicamente para este sector:



UNC

INSTRUCTIVO PARA INSPECCION DE 5S		LOS PINALES S.R.L. 	
Area: TALLER DE AFLADO			
Duración aproximada: 20 min			
	Tarea	Corrección	
	1	Verificar que los objetos de la estantería estén en su lugar según indica cada cartel.	Colocarlos en el lugar adecuado.
	2	Observar si falta algo en los estantes (lugares vacíos).	Rastrear la última persona que lo utilizó para que devuelva los objetos a su lugar.
	3	Verificar que el matafuego se encuentre en el círculo amarillo, que esté cargado y que no se haya vencido.	Colocarlo en su lugar, en caso de estar vencido, por vencer o descargado comunicar al supervisor para que lo solucione.
	4	Corroborar que no haya nada en los pasillos obstruyendo el paso.	Quitar lo que este obstruyendo analizar si realmente debe guardarse en el taller, asignar un lugar.
5	Evaluar la limpieza general del lugar.	En caso de ser mala, verificar en la planilla de limpieza si se ha hecho la de la semana.	
<p><i>Completar la Planilla de Inspección de 5S tildando los puntos que están correctos y anotando en "Observaciones" los desvíos percibidos.</i></p>			
<p>Realizó: _____ Fecha: / / Aprobó: _____ Fecha: / /</p>			

Cada vez que se realice una inspección, deberá completarse un check list, de acuerdo al instructivo anterior, como el que se muestra abajo:



CHECKLIST 5S		LOSPINALES S.R.L. 	
Área: TALLER DE AFILADO			
Realización: Semanal	Días: Miércoles	Duración aproximada: 15 min	Año: 2013
Fecha: / /	Responsable de la inspección: _____		
Actividad	✓	×	Observaciones
1 Los objetos de las estanterías se encuentran en su lugar asignado.			
2 No queda ningún lugar vacío en los estantes.			
3 El matafuego está colocado en el círculo amarillo. El matafuego tiene carga y no se encuentra vencido.			
4 Los pasillos se encuentran limpios y despejados. Los pasillos son suficientes para el tránsito de personas, equipos y materiales.			
5 El lugar se encuentra limpio. No hay ningún líquido derramado en el piso.			
6 Hay suficiente luz en el lugar, todas las lámparas se encuentran en funcionamiento.			
Correcciones realizadas: _____ _____			
Firma responsable de inspección: _____			
<i>Esta planilla debe ser completada de acuerdo al Instructivo para Inspección de 5S del área correspondiente.</i>			

Estas mismas actividades pueden irse implementando en distintos sectores, de hecho la idea es, como ya se dijo anteriormente, comenzar por algo pequeño para luego expandirlo poco a poco. El formato de las planillas podrá ser el mismo para cualquier área, sólo que cambiando los puntos a inspeccionar, algunas tareas de limpieza y las actividades del check list.

5. Mantener la disciplina.

LA EMPRESA



Este punto es el más difícil de lograr, ya que las personas tienden a volver a su estado de confianza o comodidad que en este caso es el desorden inicial que ven como una forma normal de trabajar de todos los días. Pero a medida que noten las ventajas de trabajar en un ambiente limpio y ordenado, lo que en un principio era una obligación tediosa e inexplicable para muchos de limpiar y mantener el orden, luego se convertirá en un hábito necesario para hacer más amena la vida cotidiana. La dirección juega un papel importantísimo en este aspecto, no sólo dando el ejemplo, sino también manteniéndose firme durante el primer tiempo hasta notar que la cultura de las personas dentro de la empresa va cambiando poco a poco.

5. RESULTADOS OBTENIDOS

Proceso	Pérdidas a eliminar	Acción	Capacidad inicial	Capacidad final	% Aumento capacidad proceso	Capacidad total final	% Aumento capacidad total	% Acum aumento cap total
Multi- Alim- Cant ¹⁹	No aprovechamiento de capacidad de máquina, desequilibrio en los procesos.	Agregar cinco cuchillas más a la múltiple.	2749 9	4158 3	51,22	37940	38	38
Multi- Alim- Cant	Movimiento innecesario para alcanzar	Nueva estructura para la alimentación de	4158 3	4637 8	11,53			
Apilado	Transporte innecesario para buscar separadores.	Cambio de layout apilado. Incorporación de ruedas a los carros. Se	3794 0	4800 0	26,52	42880	18	56
Apilado	Movimiento innecesario para colocar todos los	Se realizan separadores en forma de H.	4800 0	5193 4	8,20			
Machim	Tiempo excesivo de	Se aplica SMED.	4288 0	4596 0	7,18	44788	7	63

19 Multi-Alim-Cant = Múltiple-Alimentadora-Canteadora.

Panera	Parada de máquina por materia prima incorrecta	Corte troncos deformados.	4478 8	5158 6	15,18	44842	0,20	63
--------	--	---------------------------	-----------	-----------	-------	-------	------	----

Las primeras pérdidas que fueron eliminadas o disminuídas partiendo de los cuellos de botella, tienen un impacto directo sobre la capacidad no sólo del propio proceso sino de toda la planta debido a que el rendimiento global debe medirse de acuerdo a la capacidad de su proceso mas débil.

Más abajo se muestra una tabla que resume las pérdidas encontradas, las acciones llevadas a cabo para erradicarlas y el impacto que genera en los procesos.

Tabla - Pérdidas encontradas, soluciones planteadas y resultados medidos en aumento de capacidad

Como puede verse, se lograría aumentar alrededor de un 63% la capacidad global de la planta sin comprar nuevas máquinas y sin agregar horas de trabajo extra.

Hay otras pérdidas que buscaron eliminarse que no pueden medirse en términos de aumento de capacidad pero que sí impactan en la producción.

Proceso/Área	Pérdidas a eliminar	Acción	Beneficios
Horno	Tiempo de espera para ingresar lote siguiente.	Aplicación de Kanban. Utilización de dos carros más.	No se deja de procesar tablas hasta que los carros estén completos. El cambio de lote en el horno es inmediato.
Abaste -	Tiempo de	Aplicación de Kanban como	El abastecimiento de MP se hace con tiempo suficiente y en el momento en que se



comien to MP	espera de MP.	disparador de compra.	necesita, ni antes, ni después. No se para la planta por falta de MP.
Todos	Tiempo perdido por no encontrar los elementos.	Aplicación de 5S.	Mejora el ambiente de trabajo. Se ordenan las herramientas y elementos necesarios para saber dónde encontrarlos. Permite moverse y desplazarse cómodamente.

Tabla - Otras pérdidas encontradas y soluciones propuestas

6. ANÁLISIS ECONÓMICO DE LAS MEDIDAS TOMADAS

Los resultados obtenidos en cuanto a mejoras y aumento de la capacidad son muy buenos, sin embargo no debe dejarse de lado el aspecto económico para ver si son cambios realizables o imposibles de alcanzar y el impacto que tendrían en la economía de la empresa. Para comprobarlo, se realiza un flujo de fondos teniendo en cuenta sólo los beneficios monetarios de los cambios y los gastos e inversiones que éstos acarreen.

6.1. Ingresos

Para este apartado, se tomarán los ingresos recibidos sólo por el aumento de ventas realizado gracias a la diferencia de capacidad extra que se lograría aplicando los cambios propuestos, es decir no se tomarán en cuenta las ventas totales.

De las capacidades calculadas, que son dentro de todo bastante reales ya que los tiempos fueron tomados en el aserradero, se tomará un rendimiento del 70% de la situación actual y del 70% de la propuesta. Se tendrán las siguientes capacidades mensuales:

Situación	Capacidad mensual calculada	Rendimiento	Capacidad mensual teniendo en cuenta el rendimiento (m/mes)
Actual	110000	70%	77000
Propuesta	179360	70%	125552
Δ	-	-	48552

Tabla - Capacidades actual y propuesta

El precio del machimbre cambia de acuerdo a las dimensiones y normalmente se expresa en \$/m². Las medidas que más se utilizan y sus precios actuales se muestran en la siguiente tabla. Además, las cantidades que se venden de cada tipo de medida varían mes a mes, por lo que para calcular las proporciones se utilizaron como guía las ventas de los últimos meses.

Medida	Precio de venta sin IVA (\$/m ²)	Precio de venta con IVA (\$/m ²)	Proporción de ventas
½ x 4	30	36,3	64%

$\frac{3}{4} \times 5$	44	53,24	25%
1 x 6	62	75,02	11%

Tabla - Precio y proporción de ventas

Entonces haciendo los respectivos pasos de unidades y calculando, se obtiene la diferencia de ingresos debido a las mejoras realizadas:

Situación	Ingresos por ventas sin IVA (\$/mes)	Ingresos por ventas con IVA (S/mes)
Actual	374.168	452.743
Propuesta	610.147	738.268
Δ Ingresos	235.979	285.525

Tabla - Ingresos mensuales

6.2. Egresos

En este punto se tendrán en cuenta:

1. La materia prima extra que se necesita para el aumento de la capacidad de producción.
2. El aumento del consumo de energía eléctrica.
3. La mano de obra adicional.

6.2.1. Materia prima

Para las capacidades actuales calculadas, se necesitan alrededor de treinta y dos cargas de troncos o aproximadamente trecientas veinte toneladas de madera. Cada carga varía su precio dependiendo de las medidas pedidas, del proveedor y de la calidad que se busque, pero normalmente el precio ronda en dos mil ochocientos pesos más IVA, es decir, alrededor de tres mil cuatrocientos pesos por camión.

Para las mejoras aplicadas, se comenzaría a utilizar más materia prima: alrededor de unas cincuenta cargas. Esto da una diferencia de dieciocho cargas adicionales para nueva capacidad de producción, que multiplicado por el precio da un total de \$60984 para el excedente necesario.



6.2.2. Mano de Obra

En ninguna de las propuestas planteadas se expresó que era necesaria la incorporación de nuevo personal o la realización de horas extra. Sin embargo, podría considerarse la incorporación de dos personas al organigrama que serían de mucha ayuda:

1. Un vendedor que se encargue de buscar nuevos clientes y de asegurarse que los actuales permanezcan con la empresa, que tome sus reclamos y los comunique a los dirigentes, que esté atento a las variaciones de precios y/o calidades de la competencia para no quedar fuera de mercado, que mantenga a los clientes informados acerca de sus pedidos, etc. Se buscará a alguien con experiencia en el rubro y que tenga buena capacidad de negociación. El sueldo previsto para esta persona será de veintemil pesos por mes.
2. Un Ingeniero Industrial que se asegure de que los cuellos de botella estén siempre en funcionamiento y que si aparece otro sea capaz de resolverlo. Que participe activamente en la planificación de la producción, que establezca objetivos mensualmente y logre que se cumplan, tanto de niveles de producción como de mejoras a realizar. Que se asegure que se realiza mantenimiento preventivo a las máquinas y no sólo a rotura. Que ayude a seguir los kanban para que se cumplan, etc. Debe ser una persona muy proactiva y con experiencia en producción. El sueldo previsto para esta persona será de veinticincomil pesos por mes.

Esto hace un total de cuarenta y cinco mil pesos mensuales extra de mano de obra.

6.2.3. Energía Eléctrica

Actualmente se pagan aproximadamente \$5300 de energía eléctrica por mes, algunos meses más y otros menos. Para calcular el incremento que resultaría de los cambios, primero se obtiene la cantidad de horas que se utiliza actualmente cada máquina y las horas que se utilizaría con la nueva capacidad. Luego lo que deberá pagarse adicionalmente en energía eléctrica se calcula por relación. Así se tiene:

Situación	Capacidad general teórica	Hs totales de máquina	Gatos de energía eléctrica
Actual	115500 m/mes	887	\$5280
Propuesta	188336 m/mes	1233	\$7337
Δ \$ Energía Eléctrica			\$2057

Tabla - Gastos de energía eléctrica

6.2.4. Impuesto sobre los Ingresos Brutos

El artículo 11 de la Ley de Alícuotas (Ley XX11 N°25) de la DGR de Misiones expresa:

“ARTÍCULO 11.- De conformidad a lo prescripto por el Artículo 164 de la Ley XXII - N° 35 (Antes Ley 4366) - Código Fiscal y normas reglamentarias, establécese la alícuota general de dos con cincuenta centésimos por ciento (2,50%), para las actividades de producción y comercialización de bienes, locaciones y prestaciones de obras y servicios, que se enumeran en los rubros C), D), E), F), G), H), I), J), K), L), M), N), O), P) y Q) del Anexo I, salvo para las actividades exentas y con alícuotas diferenciadas -que en cada caso se individualizan- y para lo prescripto en el Artículo 12.”

De acuerdo al Anexo I, la actividad de “Aserrado y cepillado de madera”, se encuentra en la categoría “D: Industria manufacturera” y el código específico para fabricación de machimbre es 202100.

Por lo que en este caso los IIBB corresponden al 2,5% de los ingresos sin incluir el IVA.

6.3. Inversiones

En la siguiente tabla se detallan las inversiones que deberían hacerse para aplicar los cambios de eliminación de actividades no productivas en el aserradero:

Item	Descripción	Cantidad	Precio unitario (\$)	Total (\$)
------	-------------	----------	----------------------	------------



Hojas Circulares para múltiple	Hojas de Z16 de 2,8cm de espesor, 30cm de diámetro con pastilla de widia de 4mm.	4	1625	6500
Estructura para alimentación de canteadora	Mano de obra + material + pintura + colocación.	1	1200	1200
Fresas para machimbradora	Compuestas por tres piezas. Se necesita una herramienta para el macho y otra para la hembra.	2	4000	8000
Cuchillas para machimbradora	Altura 35mm, 3 o 4mm de espesor. Aluminio niquelada o templada.	12	300	3600
Indicadores de medidas de tronco	Bastoncitos de madera pintados de rojo, amarillo y verde.	3	30	90
Carros para kanban de horno	Ya se encuentran disponibles	2	-	-
Equipos de materia prima extra	Aproximadamente 20tn para stock de seguridad de kanban de MP.	3	3400	10200
Soportes de MP	Material + MO + colocación	20	150	3000
Separadores en forma de H	4 tornillos Parker para madera autoperforantes N°6 de 2" + MO por H. Se necesitan alrededor de 1100 separadores por horno.	2200	1,60	3520
Carros de separadores	Se le agregan cuatro ruedas plásticas a cada uno de 10cm de diámetro con horquilla de chapa	8	140	1120
Total de inversiones			\$	37230

Tabla - Detalle de inversiones a realizar

Ley de Rendimientos Decrecientes

Para las inversiones que generan aumento de capacidad, detalladas en la Tabla 22 de la sección anterior, se observa que cada vez se aumenta menos la capacidad y se necesita más dinero, esto muestra que se cumple la Ley de Rendimientos Decrecientes. El gráfico generado por estos parámetros arroja el siguiente resultado:

Gráfico - Ley de rendimientos decrecientes de los aumentos de capacidad

Como muestra el gráfico, la pendiente de la curva es positiva pero decreciene: a mayor inversión que se realice irá aumentando la capacidad pero en un porcentaje cada vez menor, en otras palabras, el aumento de capacidad es cada vez más costoso de realizar.

Es por esta misma razón que la eliminación de pérdidas se justifica hasta cierto punto, debido a que llega un momento en que los beneficios no justifican los gastos que acarrea su erradicación.

6.4. Préstamo

De acuerdo a lo hablado con los socios del aserradero, actualmente no cuentan con fondos suficientes como para realizar inversiones, por más beneficiosas que resulten, por lo que en este análisis se incluye el pedido de un préstamo para obtener los medios necesarios para realizar los cambios.

El préstamo que se toma como ejemplo en este análisis es el que otorga el Banco de la Nación Argentina dentro de la Línea de crédito para asistencia a las PYME. Las características del préstamo a solicitar son las siguientes²⁰:

Monto	\$35.000
-------	----------

20 Los datos fueron tomados de la página web del banco:
http://www.bna.com.ar/pymes/py_creditos.asp

Período de gracia	Ninguno
Plazo	6 meses
Interés mensual	1,46%

Tabla - Características del préstamo a solicitar

Con estos valores, se calculan las cuotas y cómo será el desarrollo de la devolución a lo largo de los seis meses:

Período		1	2	3	4	5	6
Nro de Cuota		1	2	3	4	5	6
Valor de Cuota		\$ 6.134.67	\$ 6.134.67	\$ 6.134.67	\$ 6.134.67	\$ 6.134.67	\$ 6.134.67
Intereses	Devengados	\$ 510,42	\$ 428,40	\$ 345,18	\$ 260,75	\$ 175,09	\$ 88,18
	Adeudados	\$ 510,42	\$ 428,40	\$ 345,18	\$ 260,75	\$ 175,09	\$ 88,18
	Pagados	\$ 510,42	\$ 428,40	\$ 345,18	\$ 260,75	\$ 175,09	\$ 88,18
Amort. De Capital		\$ 5.624.25	\$ 5.706.27	\$ 5.789.49	\$ 5.873.92	\$ 5.959.58	\$ 6.046.49
Capital Adeudado		\$ 29.375.7	\$ 23.669.48	\$ 17.879.99	\$ 12.006.07	\$ 6.046.49	\$ -
Deuda Post Cuota		\$ 29.375.7	\$ 23.669.48	\$ 17.879.99	\$ 12.006.07	\$ 6.046.49	\$ -

Tabla - Pagos y deudas del préstamo a lo largo de seis meses

6.5. FLUJO DE FONDOS

Finalmente, con todos los datos obtenidos, se construye el flujo de fondos para evaluar económicamente los cambios que se quieren aplicar, cabe aclarar que tanto los ingresos como los egresos no son los totales mensuales, sino que son aquellos dados por la diferencia de capacidad producida gracias a las mejoras propuestas.



Período (meses)	0	1	2	3	4	5	6
Ingresos		\$ 285.535	\$ 285.535	\$ 285.535	\$ 285.535	\$ 285.535	\$ 285.535
Δ Ventas		\$ 285.535	\$ 285.535	\$ 285.535	\$ 285.535	\$ 285.535	\$ 285.535
Egresos		\$ -108.551	\$ -106.412	\$ -145.343	\$ -108.302	\$ -108.216	\$ -108.129
Δ Materia Prima		-\$ 60.984	-\$ 60.984	-\$ 60.984	-\$ 60.984	-\$ 60.984	-\$ 60.984
Δ Mano de Obra		-\$ 45.000	-\$ 45.000	-\$ 45.000	-\$ 45.000	-\$ 45.000	-\$ 45.000
Δ Energía		-\$ 2.057	-\$ 2.057	-\$ 2.057	-\$ 2.057	-\$ 2.057	-\$ 2.057
Costos financieros		-\$ 510	-\$ 428	-\$ 345	-\$ 261	-\$ 175	-\$ 88
RAI		\$ 176.983	\$ 179.123	\$ 177.149	\$ 177.233	\$ 177.319	\$ 177.406
IIBB		-\$ 5.899	-\$ 5.899	-\$ 5.899	-\$ 5.899	-\$ 5.899	-\$ 5.899
Devolución IVA		-\$ 38.972	-\$ 38.972	-\$ 32.201	-\$ 38.972	-\$ 38.972	-\$ 38.972
Impuesto a las Ganancias		-\$ 46.239	-\$ 46.988	-\$ 35.732	-\$ 46.327	-\$ 46.357	-\$ 46.387
RDI		\$ 85.873	\$ 87.263	\$ 66.360	\$ 86.035	\$ 86.091	\$ 86.147
Inversiones:							
Hojas circulares multiple	-\$ 6.500						
Estructura alimentación canteadora	-\$ 1.200						
Fresas machimbradora	-\$ 8.000						
Cuchillas machimbradora	-\$ 3.600						
Carros separadores	-\$ 1.120						
Separadores en forma de H	-\$ 3.520						
Stock de seguridad de MP	-\$ 10.164						
Estructuras de contención para la MP	-\$ 3.000						



Préstamo	\$ 35.000						
Amort. del capital del préstamo		-\$ 5.624	-\$ 5.706	-\$ 5.789	-\$ 5.874	-\$ 5.960	-\$ 6.046
FFN	\$ -2.104	\$ 80.249	\$ 80.220	\$ 80.191	\$ 80.161	\$ 80.131	\$ 80.101
Acumulado	-\$ 2.104	\$ 78.145	\$ 158.365	\$ 238.556	\$ 318.717	\$ 398.849	\$ 478.950

Tabla - Flujo de fondos

Claramente, los resultados son muy positivos, ya que si se vende desde el primer mes las cantidades producidas se recuperan las inversiones realizadas y se obtienen ganancias en ese mismo período.

7. CONCLUSIÓN

El aspecto más importante de este trabajo es que muestra el gran impacto que puede tener una pérdida que quizá no se distingue a simple vista o no se la considera importante. El hecho de buscarlas a través de los cuellos de botella, como se hizo, es una buena forma de establecer prioridades y encontrar aquellas actividades no productivas que tienen mayor impacto en todo el proceso.

De los objetivos planteados al principio de este trabajo se han cumplido los tres, ya que se encontraron y eliminaron o disminuyeron algunas de las pérdidas que actuaban sobre los principales cuellos de botella del aserradero y se logró aumentar un 63% la capacidad de producción sin adquirir nuevas máquinas, realizar horas extra o necesitar nuevo personal, sólo utilizando herramientas simples. Es sorprendente ver, por ejemplo, que el hecho de colocar más sierras en una máquina y cambiar la forma en que se pasan las tablas de una a otra aumente alrededor de un 38% la capacidad productiva de todo el sistema. También es importante destacar que hay pérdidas que no determinan directamente la capacidad, pero sí pueden retrasar o parar la producción, como ser el desabastecimiento de materia prima.

En cuanto al aspecto económico, los resultados del flujo de fondos hablan por sí solos al mostrar que, haciendo que la restricción principal (el horno) no deje de producir y que los demás procesos lo mantengan siempre alimentado, en menos de un mes se recupera lo invertido y en los meses siguientes se obtienen alrededor de 80.000 pesos de ganancia extra, sólo por la diferencia de producción que se genera. En cuanto a los nuevos gastos generados mensualmente se observa un beneficio de aproximadamente \$2,64 por cada peso que egresa.

La Teoría de las Restricciones (TOC) guía el camino señalando el proceso restrictivo sobre el que debe trabajarse y las herramientas del Sistema de Producción Toyota (TPS) proponen formas de solucionar pérdidas o ineficiencias. Es interesante lo que puede lograrse mezclando ambos conceptos como se hizo en este trabajo y puede ser aplicado en cualquier empresa, variando las herramientas a utilizar de acuerdo a las necesidades.

Las pérdidas nunca van a eliminarse por completo, va a llegar un momento en que su eliminación será mucho más costosa que sus beneficios, como sucede con la ley de rendimientos decrecientes, pero se debe estar atento a aquellas nuevas que puedan aparecer sobre todo en los cuellos de botella.



8. BIBLIOGRAFÍA

CHASE Richard, JACOBS Robert y ALQUILANO Nicholas. 2005. *Administración de la Producción y Operaciones para una ventaja competitiva*. Décima edición. México: McGraw-Hill Interamericana.

DE LA FUENTE GARCIA David y FERNANDEZ QUESADA Isabel. 2005. *Distribución en planta*. Asturias: Ediciones de la Universidad de Oviedo.

DGR MISIONES, Código Fiscal. *Ley XX11-N°25 (Ley de Alícuotas)*. http://www.dgr.misiones.gov.ar/rentasmisiones/portal/phocadownload/codigo_fiscal_con%20anexos.pdf

DORBERSSAN José Ricardo. 2006. *Las 5S, herramientas de cambio*. Editorial Universitaria de la UTN. Disponible en: <http://www.edutecne.utn.edu.ar/5s/#5S>

DOMINGUEZ MACHUCA José Antonio; DOMINGUEZ MACHUCA Miguel Ángel; GARCIA GONZALEZ Santiago; RUIZ GIMENEZ Antonio; ALVAREZ GIL María José. 1999. *Dirección de operaciones: aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios*. Madrid: McGraw-Hill Interamericana.

FAIMA (Federación Argentina de la Industria Maderera y Afines). 2013. *Anuario 2012 de la Industria Maderera de la República Argentina*. Buenos Aires.

GOLDRATT Eliyahu M. 2004. *La Meta: un proceso de mejora continua*. Tercera edición. Buenos Aires: Granica.

HEIZER Jay y RENDER Barry. 2008. *Dirección de la producción y de operaciones. Decisiones tácticas*. Octava edición. Madrid: Pearson Educación S.A.

HERNÁNDEZ MATÍAS Juan Carlos y VIZÁN IDOPE Antonio. 2013. *Lean Manufacturing. Conceptos, técnicas e implantación*. Madrid: Fundación EOI. Disponible en: http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:80094/EOI_LeanManufacturing_2013.pdf

MALASTÓN Carlos. 2011. *Informe Plan Estratégico Industrial. Argentina 2020. Sector Maderas y muebles*. INTI. Disponible en: http://inti.gov.ar/pdf/economia_industrial/PlanEstrategicoMaderayMuebles.pdf



MARTINUZZI Felix. *Fichas técnicas de maderas*. INTI (Instituto Nacional de Tecnología Industrial). Disponible en internet:
<http://www.inti.gob.ar/maderaymuebles/index.php?seccion=maderasnativas>

MEYERS Fred E. y STEPHENS Matthew P. 2006. *Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales*. Tercera edición. México: Pearson Educación.

MINTZBERG Henry. 2004. *Diseño de organizaciones eficientes*. Segunda edición. Buenos Aires: El Ateneo.

MONDEN Yasuhiro. 1993. *El sistema de producción Toyota*. Buenos Aires: Ediciones Macchi.

MUTHER Richard. 1981. *Distribución en planta*. Cuarta edición. Barcelona: Editorial Hispano Europea.

OHNO Taiichi. 1993. *El sistema de producción Toyota. Más allá de la producción a gran escala*. Segunda edición. Barcelona: Ediciones Gestion 2000 S.A.

TENARIS. 2008. *El Mantenimiento en Tenaris. Introducción a la Gestión del Mantenimiento. Volumen Primero*. Tenaris University.

9. ANEXO I: MEDICIONES DE TIEMPO

Utilizando un cronómetro, se realizaron veinte mediciones de tiempo entre la salida de un producto y otro de cada máquina o proceso.

Como el producto obtenido varía para cada proceso, la siguiente tabla indica para cada caso particular cómo fue medido el tiempo:

Proceso	El tiempo se mide
Panera	Entre pan y pan obtenido.
Múltiple	Entre uno y otro conjunto de tablas que se obtienen de dos
Alimentad	Entre tabla y tabla obtenida.
Canteador	Entre tabla y tabla obtenida.
Apilado	Entre fila y fila de apilado (de ocho tablas cada fila).
Embalaje	Entre paquete y paquete embalado.

Tabla - Forma de medición de tiempo

Las mediciones de tiempo obtenidas junto con su promedio (en segundos), se muestran en la siguiente tabla:

21 La cantidad de tablas obtenidas depende de la cantidad de cuchillas utilizadas en la máquina.

Medición n	Tiempo entre producto y producto de cada proceso (s)					
	Pane	Múltip	Alimentad	Cantead	Apilad	Embal
1	50	56	9	12	83	51
2	40	67	10	19	103	60
3	36	48	15	17	96	44
4	46	42	8	19	64	50
5	40	90	11	16	81	37
6	123	56	8	25	76	42
7	46	44	9	20	68	46
8	64	27	13	10	72	35
9	51	19	9	14	78	52
10	78	21	8	18	85	48
11	74	32	14	20	77	61
12	60	44	10	21	86	37
13	58	29	9	13	94	40
14	46	62	12	25	75	44
15	76	73	9	11	106	45
16	115	85	8	13	73	49
17	63	29	11	15	90	38
18	45	77	14	20	98	40
19	52	63	15	11	89	41
20	43	52	12	10	86	40
Promedi	60,3	51	10,7	16,45	84	45

Tabla - Tiempos tomados

En el caso del horno, el tiempo de proceso varía entre treinta y nueve y cuarenta y ocho horas normalmente, por lo que se toma un tiempo promedio de cuarenta y cinco horas por carga de horno teniendo en cuenta dos horas aproximadamente de preparación para ingreso y egreso de cargas. Esto da un tiempo de 156.600 segundos por cada carga de horno.

Así, los datos obtenidos de estas mediciones son:

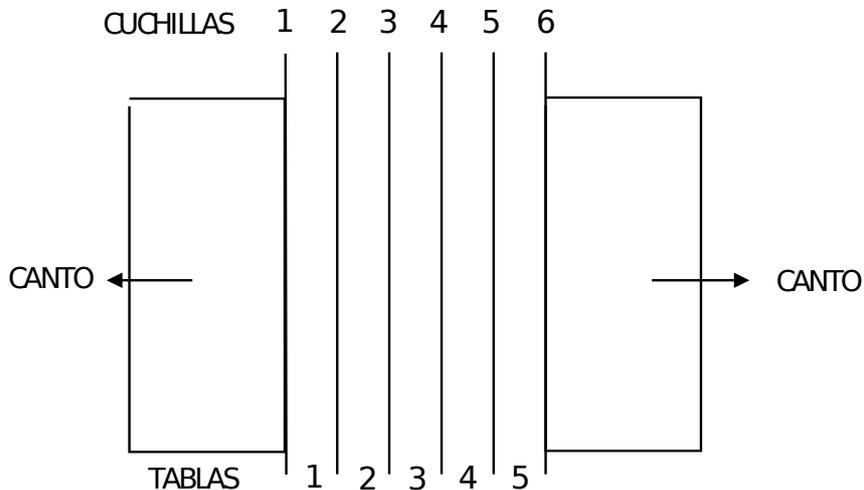


Proceso	Tiempo
Panera	60,3 s/pan
Múltiple	51 s/pan
Alimentad	10,7 s/tabla
Canteador	16,45 s/tabla
Apilado	84 s/fila
Horno	156.600 s/carga
Embalaje	45 s/paquete

Tabla - Tiempo de cada proceso

10. ANEXO II: CAPACIDADES PRODUCTIVAS EN M/MIN

10.1. Múltiple



Este caso es muy similar al de la Panera, ya que de una pasada se obtienen varias tablas. La cantidad de tablas a conseguir está determinada por la cantidad de cuchillas de la máquina. Actualmente se trabaja con seis cuchillas, lo que permite una obtención de cinco tablas por pasada.

Entonces, utilizando el mismo largo promedio de tronco que en la panera (2,75m) la capacidad productiva estará dada por:

10.2. Alimentadora y Canteadora

En estos dos casos, el cálculo es sencillo ya que se obtiene de a una tabla por vez, entonces en ambas máquinas, la capacidad esta dada por:



10.3. Apilado

El tiempo de apilado se tomó entre fila y fila, como en cada una se colocan ocho tablas, la capacidad se calcula de la siguiente forma:

10.4. Horno

Una carga de horno tiene aproximadamente 8000 pie² de madera que equivalen a unos 14.630 metros lineales de tabla, este dato fue proporcionado por los dueños del aserradero. Para corroborarlo se procedió a contar las tablas de una carga del horno y multiplicarlas por la longitud equivalente, lo que arrojó un resultado bastante similar al proporcionado.

Para obtener la capacidad se realizaron los siguientes cálculos:

10.5. Machimbradora

Para el caso del machimbrado, se utilizó la velocidad de máquina promedio, 18m/s que fue proporcionada como dato por el aserradero.

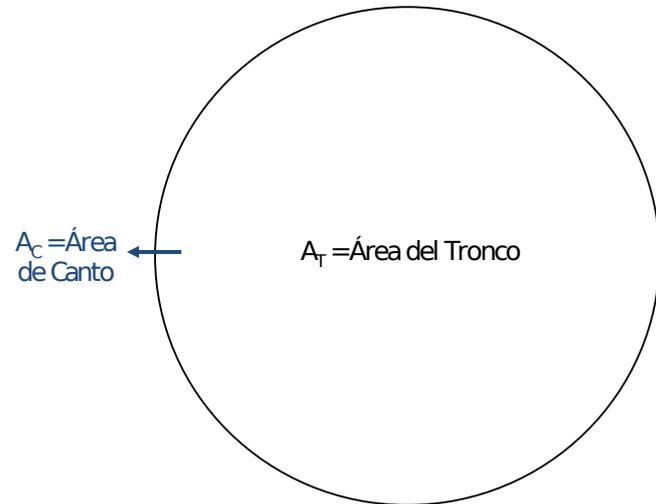


10.6. Embalaje

Los paquetes se preparan colocando diez machimbres juntos, uno arriba del otro, y atándolos en los extremos y en el medio. Entonces la capacidad del proceso de embalado estara dada por:

11. ANEXO III: CÁLCULO PORCENTAJE DERIVADO A MÚLTIPLE Y ALIMENTADORA

11.1. Desde Panera



Para obtener el porcentaje de madera que se deriva desde la panera hacia la alimentadora, se calcularon las áreas de los cantos y del tronco y se obtuvo la relación entre ellas:

Para calcular el área de un canto se utilizó la fórmula de segmento circular dada por:

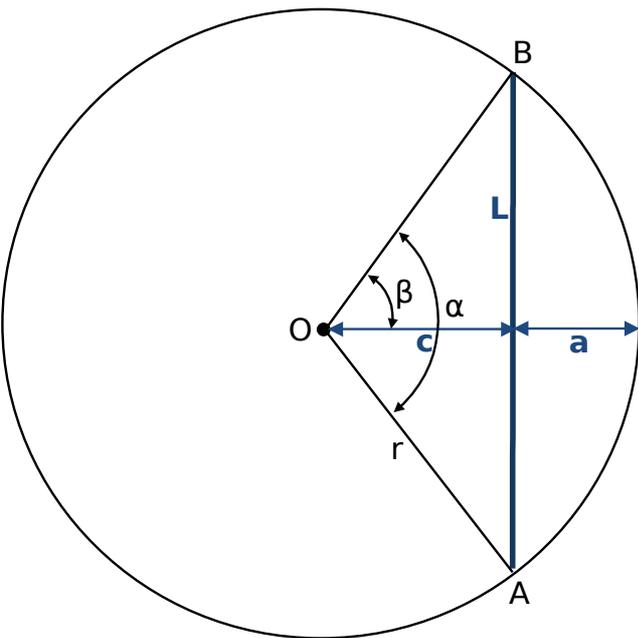
Siendo:

- r : Radio del tronco
- α : Ángulo central
- A_{AOB} : Área del triángulo formado por los puntos A, O y B.

Se midieron los diámetros de troncos y luego altura y ancho de sus respectivos cantos. A continuación se muestra la tabla con las dimensiones obtenidas y los cálculos necesarios para llegar a obtener el área de los cantos de cada tronco medido. También se adjunta una figura indicando las referencias de las expresiones utilizadas en la tabla.

Medición n	D	r	a	L	c = r -	A _{AO}	$\beta =$	$\alpha =$	A _T	A _C	% Deriv. a Alimentadora
	cm	cm	c	cm	cm	cm	º	º	cm	c	
1	23	11,	5	20	6,5	65	56,98	114	41	67	32%
2	27	13,	6	20	7,5	75	53,13	106	57	94	33%
3	36	18	1	33	7	11	67,01	134	10	26	52%
4	34	17	9	28	8	11	60,26	121	90	19	42%
5	22	11	5	19	6	57	57,72	115	38	65	34%
6	22	11	6	18	5	45	60,95	122	38	84	44%
7	22	11	5	18	6	54	56,31	113	38	65	34%
8	22	11	4	16	7	56	48,81	98	38	47	25%
9	20	10	5	16	5	40	57,99	116	31	61	39%
10	20	10	4	15	6	45	51,34	103	31	45	28%
11	25	12,	6	21	6,5	68	58,24	116	49	91	37%
12	26	13	6	20	7	70	55,01	110	53	92	35%
13	34	17	9	29	8	11	61,11	122	90	19	42%
14	32	16	8	29	8	11	61,11	122	80	15	39%
15	27	13,	5	19	8,5	81	48,18	96	57	73	25%
16	24	12	6	21	6	63	60,26	121	45	88	39%
17	20	10	5	16	5	40	57,99	116	31	61	39%
18	21	10,	4	16	6,5	52	50,91	102	34	46	27%
19	22	11	4	17	7	60	50,53	101	38	47	25%
20	24	12	5	20	7	70	55,01	110	45	68	30%
21	28	14	7	24	7	84	59,74	119	61	12	39%
22	35	17,	8	31	9,5	14	58,50	117	96	16	34%
Promedio de madera derivado a la Alimentadora											35%

Tabla - Cálculo área de cantos y porcentaje de derivación de material hacia alimentadora



Entonces, de acuerdo a lo obtenido, el 35% del material obtenido de la panera se dirige a la alimentadora y luego a la canteadora, y el 65% restante se procesa en la múltiple. Pero luego, se debe tener en cuenta que parte del material que se obtiene de la múltiple son cantos, los cuales deben ser procesados por la alimentadora y la canteadora con lo cual aumentaría el porcentaje de material derivado a éstas últimas.

11.2. Desde Múltiple

Como se explicó anteriormente, de la múltiple pueden obtenerse cinco tablas por pasada. Entonces todo lo que exceda al espesor dado por cinco tablas será derivado a la alimentadora y luego a la canteadora.

Para realizar este cálculo, se tomó un diámetro de tronco promedio de veinticinco centímetros, se obtuvo cuánto se utilizaría del pan para realizar tablas de las medidas de espesor más comunes y con esto se calcularon los nuevos cantos. Teniendo en cuenta un cinco por ciento de desperdicio, se obtuvieron los siguientes valores:

Espesor	1 Tabla	5 Tablas	Cantos x 0,05	% Derivado a Alimentadora y Canteadora	% Derivado a Múltiple	Promedio
½"	1,27	6,35	17,72 cm	71	64	65%
¾"	1,90	9,53	14,70 cm	59	26	
1"	2,54	12,70	11,68 cm	47	10	



Tabla - Cálculo porcentaje de derivación de material de la múltiple a la alimentadora

Entonces, del 65% del material que ingresa a la múltiple, sólo un 35% es procesado, el resto (65%) es derivado a la alimentadora. Esto hace que del 100% del material utilizado, un 77% sea procesado por la alimentadora y canteadora: un 35% obtenido de la panera y un 42% de la múltiple.