

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE LA SANTÍSIMA CONCEPCIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA CIVIL INDUSTRIAL



**Propuesta de un plan de mejora de productividad para Área Preparación Madera de
Celulosa Arauco, Planta Arauco.**

Estefanía Catalina Rebolledo Vallejos

**INFORME DE PROYECTO DE TÍTULO PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL**

Profesor Guía:

Dr. Cristián Oliva San Martín

Profesor Informante:

MBA. Claudia Silva Ariz

Responsable de empresa:

Sr. Benito Román Vergara

Concepción, 2016

Resumen

El presente proyecto de título tiene como objetivo desarrollar una propuesta para mejorar la productividad en el Área de Preparación Madera de Celulosa Arauco y Constitución S.A. en Planta Arauco, con la finalidad de reducir los desperdicios del área, que impactan directamente en los costos y tiempos de los procesos realizados en el interior del complejo, a través del desarrollo de una herramienta de manufactura esbelta llamada Mapeo de la Cadena de Valor (VSM).

Esta herramienta consiste en la confección de mapas que muestran la secuencia de actividades y flujos de información necesarios para producir un producto, además apoya al desarrollo del diagnóstico de la situación actual del área.

Se realizaron observaciones en terreno durante 4 meses en el Área Preparación Madera, Planta Arauco, a fin de recolectar los datos necesarios para el mapeo del estado de producción actual con todos sus procesos, esto es, desde proveedores hasta los clientes finales.

Para desarrollar esta metodología, se procedió a elegir la familia de productos a mapear, que este caso son: astillas, biomasa, rollizos. Luego se procedió a recopilar datos en terreno, los que permitieron elaborar los mapas de cadena de valor para la dos líneas productivas del Área de Madera, estas son: Línea 1 (Línea procesadora de rollizos de Eucalipto) y Línea 2 (Línea procesadora de rollizos de Pino). Se mapearon diversas actividades o procesos de cada línea, entre ellas, descargas de productos (tanto en cancha como en Líneas de producción), descortezado, astillado, triturado, entre otras. Al analizar estos mapas se revelaron los diferentes problemas productivos y principales desperdicios de los procesos.

Finalmente, se propusieron diversas mejoras productivas y elaboraron mapas de la cadena de valor de un escenario futuro con sus posteriores recomendaciones para la implementación de dichas mejoras y la materialización del estado futuro.

Abstract

The objective of this project is develop a proposal to improve the productivity of Woods Preparation Area of Arauco and Constitucion Cellulose in Arauco Plant for the reduction of costs and cycles in the carried out process inside the industrial complex by the development of lean manufacturing tool called Value Stream Mapping.

This tool consist in making maps, where they show the sequence of activities and information flows needed to produce some product; also VSM helps to development of process actual situation diagnosis.

Observations were made in the field around four months in Woods Preparation Area, with the finality to gather the necessary data for the actual production map with all its processes, i.e., from suppliers to final clients.

To carry out this methodology, the author proceeds to choose the product family to map, which in this case are: chip, forest biomass and log wood. The next activity was the data collection in the area with the objective of makes the value steam mapping for the productive lines, which are: Line 1 (Processor line of eucalyptus log wood) and Line 2 (Processor line of pine log wood). In each line was mapping several activities like unloading of supplies (as much as field or production), debarking, chipper, crushing, among others. When these maps were analyzed, they revealed the different productive problems and main processes waste.

Finally, the improve ideas were proposed to develop future situation of value stream mapping with their subsequent recommendations for the implementation and the future situation materialization.

Contenido

➤ Capítulo 1. Antecedentes generales

I.1 Introducción.....	7
I.1.1 Importancia de la producción de celulosa en Chile.....	8
I.2 Antecedentes del proyecto	12
I.2.1 Antecedentes de la Empresa.	12
I.2.2 Detalle de los procesos del Área del Proyecto.	13
I.2.2.1 Sistema de manejo de rollizos.	14
I.2.2.2 Sistema de astillado y astillas compradas.	16
I.2.2.3 Sistema de manejo de desechos combustibles.....	18
I.2.2.4 Sistema de manejo de astillas.....	19
I.2.3 Clientes del Área Productiva	21
I.2.3.1 Digestores	22
I.2.3.2 Calderas	23
I.2.3.3 Servicio de Transporte (Camiones)	23
I.3 Justificación de la propuesta.	25
I.4 Objetivos.	26
I.4.1 Objetivo General.....	26
I.5.2 Objetivos Específicos	26
I.5 Alcances de la propuesta.....	26
I.6 Metodología.....	27
I.7 Personal del Proyecto involucrado en la Investigación.....	29
II.1 Introducción.	31
II.2 Lean Manufacturing.	31
II.2.1 Beneficios de aplicar la Metodología de Manufactura Esbelta.....	32
II.2.2 Herramientas generales utilizadas en manufactura esbelta.....	33
II.2.3 La producción como cadena de valor.....	38
II.2.4 Conceptos y Aplicación.	39
II.3 Mapeo de cadenas de valor.	40

II.3.1 Sobre la cadena de valor.....	40
II.3.2 Mapeando la cadena.....	41
II.3.3 Formato y simbología de los datos	43
II.3.4 Fuentes de Pérdidas y Estado Futuro.	45
III.1 Introducción.....	48
III.2 Adaptaciones del Mapa de cadena de valor	48
III.3 Definición de datos necesarios	50
III.4 Obtención de Datos en Terreno.....	51
III.5 Mapa actual de la cadena de valor.	53
III.5.1 Diagnóstico general del mapeo de la cadena de valor actual.	53
III.6 El estado futuro de la cadena de valor.	59
III.6.1 Mejoramiento General	61
IV.1 Introducción.....	67
IV.2 Resultados obtenidos.....	67
Referencias Bibliográficas	70
ANEXOS.	72
Anexo 1. Diagrama SIPOC de Área Prep. Madera.	72
Anexo 2. Tipos de Actividades en un Flujo de Valor.	73
Anexo 3. Clientes Área Preparación Madera.....	74
Anexo 4. Formato de mapa de la cadena de valor.....	77
Anexo 5. Mapas de la cadena de valor.	78
Anexo 6. Gráficos de ACVA vs ASVA para cada producto de cada Línea.	84
Anexo 7. Diagramas de Flujo de Líneas 1 y 2.	86
Anexo 8. Estudio de capacidades de Línea 1.....	87
Anexo 9. Estudio de capacidades de Línea 2.....	88
Anexo 10. Balances de Líneas de la situación actual para cada cliente.	93
Anexo 11. Balances de Líneas de la situación futura para cada cliente.	94
Anexo 12. Mapas de la cadena de valor del estado futuro.....	89
Anexo 13. Balances de capacidad vs utilización para la descarga de rollizos en Línea 2.	95

Capítulo I.

Antecedentes Generales.

En el presente capítulo están detallados los principales aspectos que definen a la investigación tales como el problema identificado, alcances, resultados esperados y la metodología que se utilizó para desarrollar este proyecto de título. Además, se explicaron los antecedentes generales del proyecto y el personal que colaboró en la realización de él.

I.1 Introducción.

Este trabajo de título fue desarrollado en la empresa Celulosa Arauco y Constitución S.A. en Planta Arauco, específicamente en Área Preparación Madera. En la sección I.2, de este capítulo, se describe la unidad de preparación madera.

El Superintendente del Área de Preparación Maderas, ve la necesidad de realizar movimientos estratégicos para aprovechar al máximo sus recursos, minimizando sus desperdicios, cumpliendo con la calidad requerida por sus clientes.

El sistema de producción esbelta¹ es el enfoque de gestión que permite a las empresas avanzar en el proceso de eliminar desperdicios, con la meta de crear valor. Desperdicios se refiere a aquellos elementos de la producción o de procedimientos administrativos que no agregan valor al producto o al servicio, sólo costo y tiempo. La existencia de desperdicios evidencia puntos de problema en el sistema, pero éstos no son la causa raíz del problema, más bien son síntomas y es necesario encontrar y eliminar la causa de ellos.

El objetivo en este caso, es la gestión eficiente de recursos de producción, por lo que se utilizarán las herramientas de la Manufactura Esbelta que se consideren necesarias para el logro de dicho objetivo.

Una herramienta de la manufactura esbelta conocida como Mapeo de la Cadena de Valor (MCV²), es considerada primordial para visualizar las diferentes anomalías que existen en determinado flujo de proceso; se proyecta como una fotografía de la realidad y es utilizado como base para simplificar la detección de oportunidades de mejora que conllevan a la disminución de los costos de producción.

Una descripción del alcance del VSM, es que esta herramienta permite una visión completa del flujo de proceso; es decir, si se analiza un flujo de proceso de producción, éste inicia con la materia prima en su estado bruto (entradas), se transforma y se manufactura

¹ Lean Manufacturing, denominación en inglés.

² VSM: Value Stream Mapping, denominación en inglés.

(proceso) hasta llegar a ser un ensamble final o producto terminado (salidas), permitiendo un análisis de principio a fin o técnicamente conocido como “de puerta a puerta”.

La secuencia de los pasos mencionados anteriormente, arroja un mapa del estado actual del flujo, que indica la realidad del proceso; para que éste sea posteriormente analizado y puedan realizarse proyecciones o mapas a futuro, esto es, qué es lo que se desea lograr.

La principal ventaja del mapeo de la cadena de valor es que muestra los tiempos muertos del flujo del proceso (valor no agregado) y por consiguiente una de las oportunidades de eliminar desperdicios, es decir, reducción de costos (Flores, 2005).

I.1.1 Importancia de la producción de celulosa en Chile.

Es importante entender la relevancia que tiene la industria de celulosa en Chile, su influencia en el desarrollo del país y el estado que se encuentra inserta en la actualidad para poder establecer la propuesta de este proyecto.

En Chile, después de la industria del cobre, el sector forestal es el más relevante y en este último destaca la producción de celulosa posicionándose como uno de los mayores sectores productivos del país. Existen ciertos factores relevantes que le dan la importancia actual que tiene la producción de celulosa en el país y que destacan su incidencia en su economía. Entro ellos están:

a) Producto Interno Bruto (PIB)

La producción chilena de celulosa alcanza aproximadamente un 10,3% del PIB en la Industria Manufacturera, la cual compone un 11,3% del Producto Interno Bruto del país hasta el año 2014. De este modo, en la figura I.1 se observa la incidencia que tiene producción de celulosa respecto al PIB total, considerando el año 2014. La figura I.2 muestra la estructura en base a la industria manufacturera.

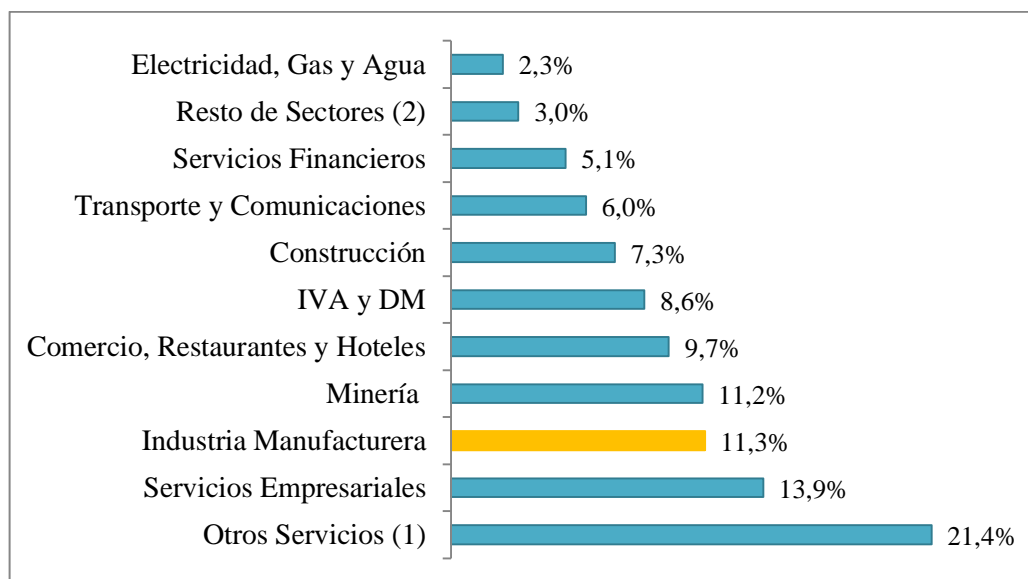


Figura I.1. Estructura del Producto Interno Bruto (PIB).

Fuente: SOFOFA con cifras del Banco Central.

Nota: (1): Incluyen los servicios de vivienda, personales y administración pública.

(2): Incluye Agropecuario-silvícola y pesca.

(3): IVA e incluye Derechos de importaciones.

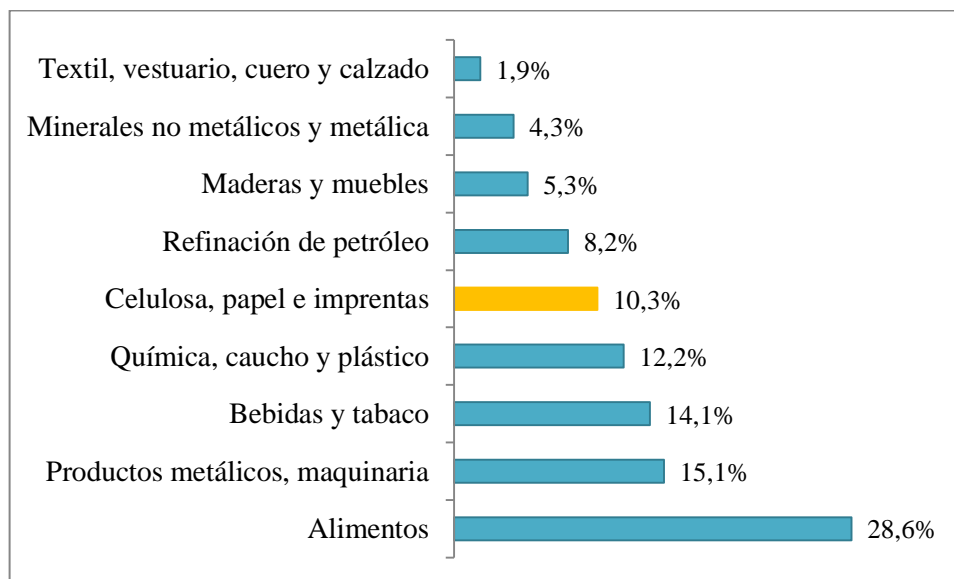


Figura I.2. Estructura en la Industria Manufacturera.

Fuente: SOFOFA con cifras del Banco Central.

Nota: PIB a precios corrientes año base 2008.

b) Exportaciones de Celulosa.

Según reportes de (Trade Map, 2014), Chile ocupó el cuarto lugar en valor de exportaciones de celulosa en 2013, representado el 6% de un estimado mundial de 45.505 millones de dólares. Respecto al volumen exportado, fuentes de la Federación Sueca de Industrias Forestales entregan una estimación de 48 millones de toneladas transadas en 2013, siendo Chile el cuarto mayor exportador, después de Brasil, Canadá y Estados Unidos.

Estas exportaciones corresponden principalmente a pulpa química y se distribuyen de la siguiente manera según tipo: 10% corresponde a pulpa química sin blanquear; 44% a pulpa blanqueada de pino y 46% corresponde a pulpa blanqueada de eucaliptus.

En el cuadro I.1 se muestra la evolución de las exportaciones chilenas de celulosa, tanto en su volumen como en el monto de los retornos, para el periodo 2011, 2012, 2013. A nivel agregado los envíos crecieron 5,4% en volumen y un 10,5% en valor con respecto a 2012, totalizando 4,56 millones de toneladas, valuadas en 2.794 millones de dólares.

Mercado	Volumen (toneladas)				Valor (miles de USD FOB)				
	2011	Enero - diciembre			2011	Enero - diciembre			
		2012	2013	Var. 2013/12 (%)		2012	2013	Var. 2013/12 (%)	Part. 2013 (%)
China	1.291.488	1.550.947	1.712.946	10,4	933.530	898.893	1.057.493	17,6	37,8
Corea del Sur	385.740	437.513	471.309	7,7	256.178	245.083	286.258	16,8	10,2
Países Bajos	407.277	490.503	461.936	-5,8	259.091	287.486	276.612	-3,8	9,9
Italia	487.118	412.637	330.257	-20,0	312.117	236.894	196.032	-17,2	7,0
Taiwán	221.349	214.129	223.127	4,2	148.696	119.181	132.419	11,1	4,7
Francia	207.806	202.307	190.043	-6,1	137.588	116.427	115.880	-0,5	4,1
Japón	91.212	94.650	132.742	40,2	66.749	56.790	81.248	43,1	2,9
Alemania	119.048	137.329	119.735	-12,8	76.583	81.907	72.597	-11,4	2,6
Venezuela	125.805	85.688	93.231	8,8	101.804	60.103	65.475	8,9	2,3
India	50.237	62.456	101.323	62,2	35.201	34.336	59.881	74,4	2,1
SUBTOTAL	3.387.080	3.688.159	3.836.649	4,0	2.327.537	2.137.100	2.343.895	9,7	83,9
OTROS PAÍSES	637.854	635.907	719.573	13,2	461.353	391.724	450.429	15	16,1
TOTAL	4.024.934	4.324.066	4.556.222	5,4	2.788.890	2.528.824	2.794.324	10,5	100

Cuadro I.1. Evolución de las exportaciones chilenas de celulosa
Fuente: ODEPA (2014).

c) Empleo

En 2014, Celulosa Arauco y Constitución S.A. consolidado contaba con 13.576 trabajadores, dotación que se incrementó en 1,9% respecto al año 2013. A esto se sumó el

empleo generado a través de empresas contratistas que llegó a 26.934 colaboradores. El cuadro I.2 muestra el detalle por año de la evolución de la dotación. El cuadro I.2 muestra el detalle por año de la evolución de la dotación.

	2012	2013	2014
Trabajadores	13.227	13.324	13.576
Colaboradores indirectos (empresas contratistas)	27.031	27.071	26.934
Total	40.258	40.395	40.510

Cuadro I.2 Evolución de la dotación.

Fuente: Memoria Anual 2014, Celulosa Arauco y Constitución S.A.

d) Proyectos

En Chile, la Comisión de Evaluación Ambiental de la Región del Biobío, aprobó el Proyecto “Modernización Ampliación Planta Arauco” (MAPA), lo que constituye un hito importante en el desarrollo del proyecto. MAPA considera una nueva línea de producción (Línea 3) con tecnología de punta; la modernización de la Línea 2 (de pino); y la detención de la Línea 1 (de eucaliptus), una de las más antiguas de ARAUCO, en funcionamiento desde la década del 70. Una vez que MAPA esté operativo se espera que alcance una producción total de celulosa de 2.100.000 Adt³/año. Adicionalmente, el proyecto contempla la construcción de una nueva caldera de generación eléctrica a partir de biomasa forestal y una línea de transmisión eléctrica, que permitirían generar un excedente máximo de 166 MW al Sistema Interconectado Central (SIC).

Asimismo, en Valdivia se presentó una Declaración de Impacto Ambiental (DIA) para producir pulpa textil en su planta de celulosa de Valdivia, lo que significaría realizar una innovadora inversión y competir en un nuevo nicho de mercado. La pulpa textil es la materia prima para producir una variedad de productos, tales como fibras textiles, rayón o viscosa, papel celofán, filtros, etc. Este proyecto, fue aprobado en febrero de 2015 y le permitiría a ARAUCO ser la primera empresa en Chile en producir este tipo de pulpa, considerando una inversión aproximada de US\$ 185 millones, utilizando las instalaciones existentes e introduciendo algunos equipos y ajustes de procesos que permiten fabricar esta

³ Adt: toneladas de celulosa secas.

pulpa, manteniendo los niveles de producción autorizados para la planta de 550.000 Adt/año y las mismas consideraciones de carácter ambiental que rigen actualmente.

I.2 Antecedentes del proyecto

I.2.1 Antecedentes de la Empresa.

Celulosa Arauco y Constitución S.A. (CELCO) es una sociedad anónima abierta que se formó en septiembre de 1979, tras la fusión de Industrias de Celulosa Arauco S.A. y Celulosa Constitución S.A. Ambas empresas fueron creadas en 1967 y 1969, respectivamente, por la entidad estatal chilena CORFO (Corporación de Fomento de la Producción), con el fin de desarrollar los recursos forestales del país, mejorar la calidad del suelo en terrenos agrícolas degradados y fomentar el empleo en zonas aisladas.

Una década después, en 1977 y 1979, respectivamente, las compañías fueron privatizadas por CORFO y adquiridas, y luego fusionadas, por la Compañía de Petróleos de Chile S.A. (hoy Empresas Copec), entidad que hasta el día de hoy es el principal propietario y controlador de la empresa, con un 99,9% de las acciones.

Ser un referente mundial en el desarrollo sustentable de productos forestales, es la Visión que ha impulsado a ARAUCO durante más de 40 años de trayectoria, en un sector productivo de gran relevancia para el desarrollo de los países donde la compañía lleva a cabo sus actividades. Este enfoque le ha significado alcanzar una sólida posición como una de las mayores empresas forestales de América Latina en términos de superficie y rendimiento de sus plantaciones, fabricación de celulosa kraft de mercado, producción de madera aserrada, paneles de madera y fabricación de molduras de madera.

CELCO distingue 5 áreas de negocio: Forestal, Celulosa, Madera, Paneles y Bioenergía. También se desarrolla en 5 plantas del país: San Bernardo, Nueva aldea, Horcones, Constitución, Valdivia y Licancel.

El presente proyecto de título se desarrolló en la planta de Horcones, Área de negocios de Celulosa, específicamente en el Área Preparación Madera como se muestra en la figura I.3.



Figura I.3. Mapa de Área Preparación Maderas, Planta Arauco.

Fuente: Google Earth.

Como se observa, el área a estudiar abarca gran parte de la planta de celulosa, alrededor del 70% de ella.

I.2.2 Detalle de los procesos del Área del Proyecto.

El área de Maderas es la primera unidad de la Planta de celulosa, donde su objetivo es proveer astillas a las áreas de Fibra I y Fibra II, además debe proveer biomasa a las calderas de poder para la generación de vapor.

En planta existen 2 líneas de celulosa. La más antigua construida en el año 1976 que procesa Eucalipto (línea 1) y línea 2 construida en 1990 la cual procesa Pino, la que se compone de dos líneas de astillado, Pacífico y Andes.

El cuadro I.3 presenta las características principales de las líneas de Eucalipto y Pino.

	Eucalipto	Pino
Líneas de Astillado	1	2
Capacidad	162 m ³ ssc/h ⁴	170 m ³ ssc/h
Capacidad de producción	867 Adt/día ⁵	1.586 Adt/día
Consumo promedio de astillas	2.350 m ³ scc	8.300 m ³ scc
Disponibilidad de líneas	68%	85%

Cuadro I.3. Características de las líneas de astillado

Fuente: Elaboración propia.

El área de preparación madera cuenta con dos pilas de almacenamiento de astillas, una para astillas de eucalipto y otra para astillas de pino. Luego de estas pilas, se encuentran los edificios de harneo o de clasificación de astillas. Esta clasificación separa las astillas con condiciones aptas para ingresar a digestores, quienes se encargan de la cocción y extracción de celulosa. Al mismo tiempo, las líneas cuentan con un galpón de biomasa cada una, la que es utilizada para la generación de energía.

Línea 2 (pino), adicional a la producción de astillas del área, se abastece de astillas procesadas desde los aserraderos y paneles equivalente al 25% del volumen diario.

El proceso del área de madera se divide en 4 sistemas:

1. Sistema de manejo de rollizos.
2. Sistema de astillado y astillas compradas.
3. Sistema de manejo de astillas.
4. Sistema de manejo de desechos combustibles.

I.2.2.1 Sistema de manejo de rollizos.

Corresponde al primer sistema del Área de Madera y se ubica físicamente en la zona sur de la Planta.

⁴ m³ssc/h: metros cúbicos sólidos sin corteza por hora.

Recepciona la madera que ingresa a la Planta a través de las romanas, la mide y pesa para posteriormente enviarla a las canchas de almacenamiento de rollizos o directamente a las líneas de producción, según los requerimientos del proceso en ese momento.

Luego en la línea de producción comienza el proceso de descortezado de los troncos en donde además, elimina la arena, piedras y metales asociados a los troncos.

Posteriormente traslada los troncos descortezados y limpios al Astillador retirando los troncos que estén fuera de norma. Este procedimiento es el mismo para las dos líneas de astillado de Pino y Eucalipto.

Flujo del proceso.

El flujo del proceso se describe a continuación:

1. La madera llega a la romana en camiones, aquí se pesa y mide. Desde la romana es enviada al patio de almacenamiento o a alguna de las líneas de producción (1 o 2).
2. En las líneas de producción, se descarga la madera con corteza mediante un cargador frontal o grúa hacia el transportador de cadena al descortezador.
3. El transportador de cadena al descortezador envía los troncos hacia la primera etapa del lavador de troncos y luego hacia el descortezador, donde la corteza se desprende y es separada de los troncos.
4. Desde el descortezador, la madera descortezada se envía hacia la trampa de piedras y la segunda etapa de lavado de troncos.
5. Los troncos descortezados y lavados pasan por el detector de metales, a fin de detectar metales que se encuentren en la madera y que pueden dañar el astillador.
6. Los troncos descortezados, lavados y sin metales avanzan por el transportador de correa hacia el astillador.
7. La madera sobredimensionada es retirada del transportador de correa que se dirige al astillador por medio de la grúa hacia el banker⁶ de rechazos.

⁶ Área fuera de la línea de producción en donde se acopian rollizos.

8. Serfocol es la empresa encargada del retiro de la madera sobredimensionada del banker de rechazo para ubicarla en un sector del patio de madera con la finalidad de reducir su tamaño mediante cortes y traer nuevamente estos rollizos a las líneas de producción. Otras funciones que realiza esta empresa son descarga de camiones en canchas de acopio de rollizos y en líneas de producción y movimiento de rollizos al interior de las canchas.

Principio de Operación.

El principio de operación de este sistema es regular la cantidad de madera que se envía a proceso, de acuerdo a la producción de Planta y a los inventaros de astillas máximos permitidos.

1. Regula la cantidad de madera a procesar.
2. Descorteza la madera por fricción entre los troncos, producto de la rotación del tambor del descortezador.
3. Retira las piedras que pueden venir en la madera.
4. Retira los metales que pueden venir en la madera, al detectarlos por el principio de interrupción de campo magnético.
5. Retira la arena adherida a los troncos por la acción de agua a presión.
6. Traslada la madera descortezada hacia el astillador.

I.2.2.2 Sistema de astillado y astillas compradas.

Convierte en astillas los troncos descortezados reduciendo la granulometría requerida por el proceso. Las astillas producidas son enviadas hacia la pila de almacenamiento de astillas propias, mientras que las astillas compradas a terceros son trasladadas a la pila de almacenamiento de astillas compradas (válido sólo para astillas de pino).

El Sistema de astillado y astillas compradas se encuentra ubicado entre los descortezadores y los edificios de harneo asociado al Sistema de manejo de astillas.

Las funciones de este Sistema consisten en astillar los troncos descortezados, trasladar estas astillas producidas a las pilas de almacenamiento de astillas y además, descargar las astillas compradas.

Flujo del proceso.

El flujo del proceso de Sistema de astillado y astillas compradas se describe a continuación:

1. Los troncos descortezados entran al astillador desde el Sistema de manejo de rollizos. En el astillador, los troncos son convertidos en astillas.
2. Las astillas producidas caen al buzón de descarga y el tornillo las entrega al transportador de astillas a pila de almacenamiento de astillas.
3. El transportador, que envía las astillas hacia la pila de almacenamiento, mide su flujo por medio del pesómetro y entrega las astillas a la correa y carro distribuidor de astillas, distribuyéndolas longitudinalmente en la pila (norte a sur).
4. Los camiones que trasladan astillas externas se dirigen hacia el sector de descarga de astillas de terceros. Allí, descargan las astillas en la cadena transportadora de astillas compradas, la que evacúa las astillas en la correa transportadora de astillas compradas, pasando directamente al tornillo evacuador de astillas compradas.
5. Las astillas compradas se distribuyen en la pila de astillas compradas.

Principio de Operación

El principio de operación es reducir el tamaño de la madera que llega en forma de rollizos, a un tamaño apto para la cocción en el digestor, además de recepcionar las astillas compradas a terceros.

1. Para producir las astillas se cuenta con dos líneas de producción paralelas con una capacidad de astillado de $162 \text{ m}^3\text{ssc}^7/\text{h}$ para Eucalipto y $175 \text{ m}^3\text{ssc}/\text{h}$ para Pino.
2. La descarga de astillas compradas desde camiones se efectúa enviando las astillas a través de la correa hacia la Pila de Almacenamiento. La correa transportadora de

⁷ m^3ssc o metro cúbico sólidos sin corteza.

astillas compradas tiene una capacidad 650 m³st⁸/hora y una velocidad de 7,3 m/min.

I.2.2.3 Sistema de manejo de desechos combustibles.

Traslada la corteza producida en los descortezadores, así como también la corteza y trozos de madera recuperados del sistema de lavado de troncos, hacia los harneros de recuperación de madera. El sistema tritura la madera de mayor tamaño y reduce la humedad del material combustible. La corteza procesada es almacenada en el galpón de corteza y debe ser de una granulometría establecida y sin presencia de objetos extraños que impidan una buena generación de energía de las calderas, consideradas como clientes internos del área. También se encarga de descargar y trasladar al patio de almacenamiento los desechos combustibles comprados a terceros.

Sus funciones son:

- Recuperar la corteza obtenida del proceso de descortezado de troncos, clasificarla, triturarla.
- Recuperar los finos producidos en el manejo de astillas.
- Descargar y trasladar al patio de almacenamiento los desechos combustibles comprados.
- Almacenar los desechos combustibles mezclados para su posterior consumo en la caldera de poder.

Flujo del proceso.

El flujo del Sistema de desechos combustibles es el siguiente:

1. La corteza obtenida en los descortezadores es retirada por la correa de rechazo, pasa por el detector de metales autolimpiante y se envía hacia el separador de madera.

⁸ m³st o metro cúbico estéreo, es una medida de volumen que estima la cantidad o peso.

2. La madera recuperada en el separador de madera es trasladada por el transportador de recirculación hacia el transportador de rodillos y la corteza continúa hacia el triturador de corteza propia.
3. El triturador reduce el tamaño de la corteza y la envía directamente desde el transportador de corteza al galpón.
4. La corteza comprada es descargada en las losas o en canchas de lampazo⁹ de biomasa y mediante grúas es trasladada al sistema de raumaster (Línea 1) o al Sistema de klockner-demuth (Línea 2) para posteriormente ser triturada.
5. La corteza llega a la correa y carro distribuidor de corteza y es distribuida longitudinalmente a través del galpón de corteza.
6. Los Tornillos Recuperadores de corteza extraen corteza del galpón de corteza y lo envían a la caldera de poder a través del transportador de corteza a caldera.

Principio de Operación.

El principio de operación del sistema de manejo de desechos combustibles es recuperar todos los elementos combustibles que se generan como productos de la obtención de pulpa y compra a terceros, y de esta forma poder quemarlos en la caldera de poder.

1. Los desechos combustibles producidos por el proceso y comprados a terceros son transportados, triturados y mezclados entre ellos almacenándolos en el galpón habilitado con una capacidad de 28 m³ssc.
2. La mezcla de desechos combustibles se retira del almacenamiento por medio de los tornillos recuperadores de corteza y es enviada a la Caldera de Poder.

I.2.2.4 Sistema de manejo de astillas.

Este sistema se ubica después de la pila de almacenamiento de astillas y antes del área de digestores.

Recupera las astillas desde la pila de almacenamiento por medio de tornillos. Las astillas son posteriormente clasificadas en harneros de acuerdo a las siguientes clasificaciones:

⁹ Canchas provisionarias para el almacenamiento de biomasa o astillas cuando los galpones o las pilas de astillas se encuentran en su máxima capacidad de almacenamiento.

- Aceptados: Se dirige a digestor.
- Sobretamaño: Se utilizan como biomasa.
- Sobreespesor: Se reastillan para lograr tamaño adecuado y dirigirse a astillas aceptadas.
- Finos: Se distribuyen en galpón de corteza.

Entre las funciones del sistema de manejo de astillas se encuentran:

- Recuperar las astillas propias y las astillas compradas desde las pilas de almacenamiento.
- Mezclar las astillas en la proporción necesaria para el proceso, sea éste de pino o eucalipto.
- Clasificar por sobretamaño las astillas, eliminando las astillas con un largo superior a 45 milímetros.
- Alimentar al área de digestores con las astillas aceptadas.
- Enviar al sistema de manejo de desechos combustibles los finos (aserrín) eliminados en la clasificación de las astillas aceptadas.
- Eliminar los metales presentes en las astillas.

Flujo del proceso

El flujo del sistema de manejo de astillas es el que se presenta a continuación:

1. Las astillas de pino (propias y compradas) y de eucalipto (nitens y globulus) son retiradas desde las pilas de almacenamiento por los tornillos recuperadores de astillas.
2. Las astillas alimentan a los transportadores de recuperación y desde ahí al edificio de harneo.
3. La alimentación de las astillas es directa al chute de alimentación que las deja caer sobre el harnero de discos, en donde se eliminan las astillas y cuerpos extraños clasificados como sobretamaño (mayores a 45 mm).

4. Las astillas pasan por los tornillos alimentadores hacia los harneros giratorios, desde donde salen las astillas clasificadas como sobreespesor en el primer nivel, aceptadas en el segundo nivel y, finos en el tercer nivel. Luego las astillas aceptadas son trasladadas al área de digestores por el transportador de astillas a digestores.
5. Los finos y pinchip son retirados hacia el sistema de manejo de desechos combustibles por los transportadores de finos hacia el galpón de biomasa.
6. Los metales son enviados desde el detector de metales a la caja receptora de metales.

Principio de Operación.

El principio de operación del sistema de manejo de astillas es recuperar las astillas desde su almacenamiento y realizar una mezcla entre:

- Astillas propias y compradas para el caso del pino.
- Astillas eucaliptus nitens y eucaliptus globulus para el caso de eucaliptus.

La entrega se realiza con astillas de calidad uniforme, con una densidad básica de 520 kg/m³ para eucaliptus globulus, 460 kg/m³ para eucaliptus nitens y para pino 370 kg/m³.

I.2.3 Clientes del Área Productiva

Como se ha mencionado anteriormente, el área productiva en estudio comprende a tres clientes: digestores, calderas de poder y camiones.

Digestores y calderas necesitan ciertos requerimientos de los productos entregados por el Área de Madera para lograr la calidad necesaria para los productos finales de la empresa Celulosa Arauco y Constitución S.A., la celulosa. El servicio de transporte de camiones se define como cliente, ya que se desea satisfacer de la mejor manera la estancia de los camiones al interior de la planta, esto es, no sobrepasar el tiempo de ciclo del camión en la planta, es decir, desde que ingresa y sale por romana.

Para entender esto de mejor manera, se realizó el diagrama SIPOC del Área. SIPOC se presenta como una de tantas herramientas que se usan cotidianamente en la búsqueda de

áreas de mejora. Se resume como una visión a vista de pájaro de todos los procesos de una empresa bajo una perspectiva particular, la cual viene dada por el significado de sus siglas Suppliers-Inputs-Process-Output-Customers (Proveedor-Entrada-Proceso-Salida-Cliente).

El diagrama A.1 (ver anexo 1) muestra que Forestal Arauco (FASA) es el encargado de proveer los insumos necesarios (rollizos) a Celulosa Arauco y Constitución S.A., específicamente, área preparación madera, donde éstos ingresan al proceso (caja negra) de transformarlos en astillas y biomasa, para luego destinarlos a sus clientes, digestores y calderas, respectivamente.

I.2.3.1 Digestores

El objetivo de la operación realizada en los digestores es separar las fibras de celulosa de lignina (compuesto que actúa como cementante). Para esto se realiza una reacción química entre la madera y químicos alcalinos (licor blanco, compuesto por hidróxido de sodio y sulfuro de sodio), la cual es realizada a 165°C-170°C y 6-7 kg/cm² de presión. Como producto de esta reacción se obtiene una pulpa café, compuesta por fibras de celulosa y de lignina disuelta en agua. Para cada línea existe un tipo de digestor distinto debido a la antigüedad de cada una de ellas.

Línea 1:

En línea de eucalipto se encuentra el tipo de digestor Batch. Consiste en un cilindro con fondo hemisférico, que opera en forma similar a una olla de presión, en el cual se cargan las astillas (80% eucaliptus globulus y 20% eucaliptus nitens) con vapor de baja presión, licor blanco y licor negro débil como se muestra en la figura A3.1. Se realiza una etapa de calentamiento hasta la temperatura requerida y se mantiene hasta alcanzar el grado de cocción deseado. A la salida del digestor, la pulpa café tiene un Kappa¹⁰ entre 15 y 17. Esta línea de producción cuenta con 7 de estos digestores.

¹⁰ Kappa: Volumen en miligramo de permanganato de potasio 0,1 N consumido por 1 gr de pulpa seca. Utilizado como indicador de desempeño del área de fibra para medir el nivel de blanqueado de la pulpa

Línea 2:

El digestor que se encuentra en línea de pino es un cilindro que está dividido en varias secciones donde se agregan y retiran licores de cocción (ver figura A3.2). Las astillas de Pino (75-90% propias y 25-10% externas), van descendiendo por el digestor y se separan en celulosa, lignina y licor. Parte de la lignina se retira disuelta en el licor, en forma de licor negro (licor blanco y lignina). Finalmente la pasta (pulpa de celulosa) pasa por un lavado dentro del mismo digestor y se envía hacia el difusor, donde es nuevamente lavada. A la salida del digestor la pulpa café tiene un kappa entre 28 y 30.

I.2.3.2 Calderas

De igual forma que los rollizos, el material combustible se recibe en la romana, donde se ingresan los camiones con material combustible y se envían a descargar a la pila de almacenamiento de desechos combustibles o biomasa.

El material combustible finalmente se traslada por medio del sistema de correas hasta las distintas calderas de poder, clientes internos de Preparación Maderas.

Con el fin de producir y autoabastecerse de energía, en ARAUCO generan energía limpia y renovable a través de la biomasa forestal, que es considerada un combustible renovable al provenir de plantaciones manejadas en forma sustentable. Esta biomasa forestal es una mezcla de madera que incluye corteza, aserrín y virutas. También polvo de lijado y una pequeña cantidad de desecho de recortes de tableros contrachapados (promedio 4,6 BD-% de la entrada total de combustible) serán quemados en la caldera.

En este caso, ambas líneas utilizan el mismo tipo de caldera de poder (ver figura A3.3)

I.2.3.3 Servicio de Transporte (Camiones)

La unidad de transporte coordina el traslado de rollizos, astillas (Línea 2) y biomasa desde Forestal Arauco hacia Celulosa Arauco, específicamente a Área de Preparación Madera. La unidad de transporte cuenta con una serie de camiones destinados a transportar la materia

prima requerida por el área. Estos camiones ingresan por romana, donde ésta le asigna su destino dependiendo del producto que transporte el camión. En el caso de transportar rollizos, estos pueden ser enviados al patio de acopio o directamente a las líneas de producción (1 o 2) según requerimientos de producción del momento de ingreso del camión. En el caso de biomasa, ésta es enviada a las canchas de lampazo; y para las astillas, los camiones pasan directamente a la zona de descarga de astillas de tercero para Línea 2.

Para este cliente, se busca satisfacer la estancia en el complejo industrial a través de meta establecida por Celulosa Arauco, la cual consiste en que los camiones no deben sobrepasar un límite de tiempo de 27 minutos al interior de la planta. De lo contrario, se incurren en multas para la planta.

Resumiendo, en el cuadro I.4 se presenta el valor para cada uno de los clientes mencionados y en el cuadro A2.1 se observan las actividades que generan valor agregado y las actividades que no generan valor para los clientes.

Cliente	Valor
Digestor	<p><u>Línea 1:</u> Consumo diario: Promedio de 2.600 m³ssc. de astillas. Mezcla de 80% astillas globulus y 20% astillas nitens. Tamaño aceptado de astillas: 45 mm. Densidad básica: globulus: 520 kg/m³ y nitens: 460 kg/m³. Humedad: 51%.</p> <p><u>Línea 2:</u> Consumo diario: Promedio de 8.300 m³ssc de astillas. Mezcla de 70%-80% astillas propias y 20%-30% astillas compradas. Tamaño aceptado de astillas: 45 mm. Densidad básica: Pino: 370 kg/m³. Humedad: 51%.</p>
Caldera	<p><u>Líneas 1:</u> Consumo diario promedio: 8.300 m³ssc. Mezcla de corteza con aserrín y viruta. Humedad: 51%</p> <p><u>Línea 2:</u> Consumo diario promedio: 3.500 m³ssc.</p>

Cliente	Valor
	Mezcla de corteza con aserrín y viruta. Humedad: 51%.
Servicio de Transporte	Tiempo interior planta igual o menor a 27 minutos.

Cuadro I.4. Valor para clientes.

Fuente: Elaboración propia.

I.3 Justificación de la propuesta.

A fines de 2012 la Compañía se propuso incorporar la metodología Lean en todos los procesos relacionados con las operaciones productivas del Negocio Celulosa en Chile. Este desafío fue denominado como “Programa 93,5”, puesto que su meta apuntaba a que las plantas de celulosa lograran un 93,5 del OEE (Overall Equipment Effectiveness)¹¹. El trabajo en torno a la implementación de este programa comenzó en enero de 2013 en la Planta de Celulosa Nueva Aldea y, a partir de septiembre de ese mismo año, en la Planta de Celulosa Arauco. Los principales objetivos de esta Manufactura Esbelta es implantar una filosofía de mejora continua que le permita a la compañía reducir sus costos, mejorar los procesos y eliminar los desperdicios para aumentar la satisfacción de los clientes.

Por ello, se presenta la oportunidad de realizar una propuesta de mejora de productividad del Área de Preparación Madera con la finalidad de detectar y eliminar recursos que no generan valor a los clientes, como son: desperdicios, cuellos de botella, subutilización de máquinas, materiales o personal, entre otros.

Una de las herramientas de Lean Manufacturing que ayuda a lograr este objetivo es el Mapa de la Cadena de Valor (MCV). Esta herramienta ayuda a visualizar, además del nivel del proceso productivo en el que se encuentra, el flujo de éste, es decir, no pretende únicamente representar los pasos que se llevan a cabo dentro de un proceso de producción, sino la manera en que estos se comportan.

¹¹ Efectividad Global del Equipo en español.

I.4 Objetivos.

I.4.1 Objetivo General

“Propuesta de mejora de productividad para los procesos del Área Preparación Madera de Celulosa Arauco y Constitución S.A., Planta Arauco”.

I.5.2 Objetivos Específicos

1. Definir el valor del cliente y flujo de procesos del Área de Maderas.
2. Crear y analizar Mapa de flujo de valor de estado actual del Área de Maderas.
3. Crear un mapa del estado futuro con sus propuestas de mejora para llevar a cabo su implementación.

I.5 Alcances de la propuesta.

Se analizará el proceso como una cadena de valor en la que entran materias primas y salen productos para determinados clientes, los límites de dicha cadena se corresponden con el sitio mismo de los procesos productivos. No formarán parte de la investigación aquellos procesos que se desarrollen fuera de dicho límite.

El periodo de observación en terreno se extiende desde el marzo hasta el mayo del 2016, por tanto el diagnóstico realizado refleja la realidad de dicho periodo y no necesariamente del periodo de producción completo.

Aunque la visión del Mapeo de la Cadena de Valor puede ser tan grande para incluir a los proveedores, clientes y de puerta en puerta, por limitaciones de tiempo y disponibilidad de la información, el alcance de la aplicación de esta herramienta será de “puerta en puerta” (dentro de la misma empresa Celulosa Arauco y Constitución S.A., Planta Arauco, desde que comienza hasta que termina el proceso del Área de Preparación Maderas).

I.6 Metodología.

Un caso práctico, es un método de investigación empírico (modelo de investigación científica) basado en la experimentación, observación y análisis estadístico que consiste en describir una situación o problemática real ocurrida, esto con el objetivo de analizar dicha problemática y presentar alternativas de solución a través de un diagnóstico.

Cuando se realiza un método de investigación empírica, se desarrollan argumentos teóricos y prácticos fundamentados, que sirven para la toma de decisiones de la solución de la problemática, así como para evaluar los resultados acontecidos o futuros de dicha solución.

El diseño de una investigación empírica, se concreta a la totalidad de las etapas mencionadas en el marco de la investigación (Heinemann, 2003).

Para el desarrollo de esta tesis, se ha utilizado el modelo metodológico de Shewhart /Deming (figura 1), que permite controlar el proceso de obtención de resultados deseados sin que ocurran desvíos con relación a las expectativas.

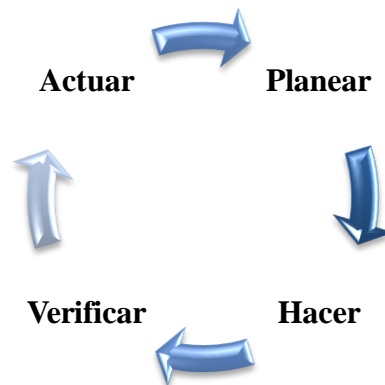


Figura I.4. Ciclo de Shewhart /Deming (1940-1950).
Fuente: (Ruiz Canela, 2004).

La explicación de sus fases son las siguientes:

- 1) **Planear**: Es la etapa de definición del problema, es decir, la descripción de los efectos provocados por una situación adversa, o la explicación de algún proyecto de mejora que se desea realizar con el fin de conocer el problema y definir los objetivos (Escalante Vázquez, 2006); en ésta se definen los

elementos del proceso, sus pasos a seguir, las entradas y salidas, así como sus características. En la aplicación de este caso, esta etapa, abarca desde la definición del problema, hasta el desarrollo teórico y contextual.

- 2) Hacer: En esta etapa se empiezan a evaluar todos los sistemas de medición con los que se cuentan para el análisis de las variables significativas del problema definido. Posteriormente se evalúa la capacidad del proceso tomando en cuenta la evaluación de los problemas con el fin de la reducción o eliminación de actividades o procesos sin valor agregado (Escalante Vázquez, 2006). En este caso, lo descrito anteriormente, abarca la aplicación de la herramienta desde el mapeo del estado actual al mapeo del estado futuro.
- 3) Verificar: En esta etapa se valida la mejora con la presentación de resultados, a través de la comparación de los datos anteriores con los obtenidos después de la aplicación de las herramientas de Manufactura Esbelta.
- 4) Actuar: Esta etapa es donde se controla, se da seguimiento al proceso implementado y se mejora; en este caso práctico, el seguimiento del proceso se presentará a manera de recomendaciones para implementación de mejoras en las áreas restantes, esto por las limitaciones de tiempo y de aprobaciones de las personas responsables de la empresa.

La metodología aplicada para el presente caso, consta de las siguientes etapas:

1. Planear: Introducción al caso analizado.

1.1 Objetivos, justificación e importancia del caso.

1.2 Tipo de diagnóstico en cuanto a profundidad y alcance.

1.3 Modelo de solución del problema sugerido para el caso.

1.4 Definición de la herramienta de apoyo para la toma de decisiones acorde al caso.

2. Marco Teórico (Fundamentación de la investigación).

2.1 Desarrollo del marco conceptual y contextual.

3. Hacer: Desarrollo del caso.

- 3.1 Situación actual de la empresa.
- 3.2 Diagnóstico de la empresa.
- 3.3 Análisis del problema e identificación de la causa raíz.
- 3.4 Definición de alternativas de solución y selección de la mejor alternativa.
- 3.5 Desarrollo de la estrategia de implementación (Metodología).
4. **Verificar:** Evaluación de resultados.
5. **Actuar:** Conclusiones y recomendaciones.

Para obtener el mayor beneficio de este trabajo el proceso se inicia con la división de cuatro etapas principales, las cuales son:

1. Definición del valor de cliente y el proceso. Detallar el proceso para identificar las tareas y los flujos.
2. Mapeo de la situación actual o inicial. Visualización del valor no agregado en el flujo del proceso y sus desperdicios.
3. Análisis de la situación real. Se busca evidencia de lo que arroja la fotografía con diferentes datos históricos de los problemas detectados para analizar las tendencias y determinar oportunidades de mejora.
4. Mapeo de la situación futura. Visualización del siguiente estado deseado y realista y se proponen su respectivos planes de acción para concretar el estado futuro.

I.7 Personal del Proyecto involucrado en la Investigación.

Las observaciones en terreno fueron complementadas y validadas a través de los expertos que desempeñan sus labores diarias en el Área de Preparación Madera. Entre ellos se tiene a Superintendente del área, Jefe de Operaciones, Ingeniero de Procesos, Supervisores, Operadores y Volantes¹² del área.

¹² Trabajador que no está destinado a cubrir un puesto o posición fijos y se desplazan por toda el área realizando trabajos de terreno.

Capítulo II. Marco Teórico.

En este capítulo se revisa la bibliografía pertinente al proyecto con el fin de apoyar la investigación en el marco conceptual de las filosofías *Lean Manufacturing*. Se presenta el mapa de la cadena de valor (MCV) con los elementos necesarios para su construcción (formato y símbolos), y los beneficios que genera su realización.

II.1 Introducción.

En este capítulo se incluyen los puntos de partida de la investigación, constituye una síntesis de la revisión bibliográfica efectuada. Se investigó la filosofía *Lean Manufacturing*, su marco conceptual y aplicación en el sector de procesos de manufactura. Además de las herramientas disponibles para esto, específicamente el Mapa de la Cadena de Valor. De este último se investigaron sus características y método, además de los distintos reportes de investigaciones científicas disponibles en la materia.

II.2 Lean Manufacturing.

De acuerdo a (Reyes, 2002), “El término *lean* (esbelto) fue acuñado por un grupo de estudio de “*Massachusetts Institute of Technology*” para analizar el nivel mundial de los métodos de manufactura de las empresas de la industria automotriz”.

Este grupo destacó las ventajas de la manufactura de la empresa Toyota, calificada como mayor fabricante en su clase, es por eso que denominó “*Lean Manufacturing*” o manufactura esbelta al grupo de herramientas utilizada en la década de los sesenta y mejorada en la década de los ochenta con la participación de Taiichi Onho y Shigeo Shingo. La combinación de las diferentes herramientas tenía el objetivo de lograr mayor eficiencia en los recursos, derivado de esto mejorar el tiempo de entrega y tendencia a cero defectos para lograr una completa satisfacción del cliente.

Manufactura esbelta aparece con la esperanza de poder enfrentar una variedad de demandas juntas y a la competencia incluyendo calidad en procesos y productos. Es por eso que muchas empresas acuden a las técnicas de “Manufactura esbelta” y pueden cumplir con los requisitos de la competencia reduciendo costos, tiempos de ciclo, etc. y con esto aumentar su ventaja competitiva (Vendan & K., 2010).

El enfoque de manufactura esbelta es la eliminación de cualquier tipo de pérdidas sean de materiales o procesos. Es eliminar lo que no sirve para aumentar la productividad, además

de que propone mejoras en los procesos a través del mapeo de la cadena de valor, la implementación de herramientas de calidad e indicadores (Reyes, 2002).

II.2.1 Beneficios de aplicar la Metodología de Manufactura Esbelta.

Manufactura Esbelta, es la eliminación sistemática de los desperdicios de todos los aspectos de las operaciones en una organización (en muchos procesos industriales, una operación sin valor agregado puede comprender más de un 90% de la actividad total de una fábrica) (Vendan & K., 2010).

De acuerdo a Hamind en (Hamind, 2002), los beneficios de la aplicación de la metodología lean son:

2.2.1.1 Reducción de los costos de producción. Esto se refiere a la mejora de procesos evitando cuellos de botella (a través de balanceo de líneas o con la implementación de las máquinas o herramientas necesarias para hacer el proceso más eficiente), tiempos muertos (por maquinaria caída) y mano de obra ociosa.

2.2.1.2 Reducción de inventarios. No tener material sin movimiento, sólo comprar las materias primas en la cantidad que se necesita por cada orden de producción, de tener proveedores con un tiempo de entrega corto y que puedan suplir de material en la medida que el proceso de producción lo vaya requiriendo, todo esto permitirá obtener inventarios bajos para minimizar costos por inventarios.

2.2.1.3 Reducción de tiempos de entrega. Una mejor visión y análisis de procesos permiten una mejor planeación, al tener una mejor planeación la producción permite cumplir con los tiempos comprometidos, con una mayor eficiencia y por ende se reducen los tiempos de entrega.

2.2.1.4 Mejor calidad. Cada operador es responsable de su propia calidad, con lo cual se asegura que la operación que está realizando cumple con las especificaciones requeridas por el cliente.

2.2.1.5 Menor mano de obra. Permite tener personal entrenado en diferentes operaciones capacitado para estar en más de una estación de trabajo, un ejemplo puede ser un empleado capacitado en calidad y en diferentes estaciones de proceso.

2.2.1.6 Mayor eficiencia de equipo. Se desarrolla un control en las máquinas y equipos provocando un mayor rendimiento, mantenimiento y tasas de productos aceptados, lo cual hace un proceso más eficiente.

2.2.1.7 Disminución de los desperdicios. La aplicación de la metodología *lean* permite visualizar anomalías en el proceso y permite destacar los costos ocultos para disminuirlos.

2.2.1.8 Disminución de la sobreproducción. Producir sólo lo que el cliente requiere y necesita para no mantener material en stock.

2.2.1.9 Optimización del transporte y de los movimientos. Una producción planificada permite que las actividades de distribución actúen en forma coordinada, optimizando la transportación.

II.2.2 Herramientas generales utilizadas en manufactura esbelta.

Las herramientas más comunes utilizadas en la manufactura esbelta son:

1. **5's:** Con la aplicación de esta herramienta se logra mantener las áreas de trabajo limpias, organizadas y seguras y básicamente para el logro de estos objetivos. Están clasificadas en cinco etapas que se deben de aplicar consecutivamente, estas son (Michel, 2002): Seiri: Clasificar, organizar o arreglar.; Seiton: Ordenar; Seiso: Limpieza.; Seiketsu: Estandarizar; Shitsuke: Disciplina.

1. Seiri: Seleccionar.

Esta es la primera “S” y se refiere a que se deberá clasificar o segregar y luego qué *cosas* son necesarias y/o útiles para que se desarrollen las actividades propias de determinado puesto de trabajo. Existen algunas formas de realizar lo anotado, sin embargo la operación más recomendada por los estudiosos de esta técnica, mencionan al “etiquetado en rojo”

como la más usual y útil. El etiquetado en rojo consiste en crear un área de almacenamiento provisional, para situar a los elementos que resulten de un proceso de etiquetado previo consistente en colocar una etiqueta roja en los artículos considerados innecesarios para realizar el trabajo en la estación determinada. Luego se efectúa una valoración de los artículos depositados en el área provisional y etiquetados) para determinar cuáles son reutilizables y cuáles no. En el caso de los reutilizables, se les ha dado el uso que se consideró al momento de catalogarlos como reutilizables, mientras que a los “inútiles” se los desecha.

2. Seiton: Todo en su lugar.

En esta etapa se trata de que todos aquellos artículos, elementos, etcétera, que resultaron “útiles” o “necesarios” en el paso anterior sean puestos en los lugares más adecuados para su uso y utilización. Además, mejora la visualización de las herramientas, máquinas y demás equipos necesarios para el desarrollo normal de las actividades en el puesto de trabajo, con esto se pretende eliminar las operaciones “innecesarias” de búsqueda de las herramientas.

Para este menester se recomienda en gran medida la utilización de áreas delimitadas con pintura para ubicar los elementos en ese lugar especificado. Otra práctica muy útil es dibujar la silueta de las herramientas sobre la pared o el lugar donde se almacenarán las herramientas, con esto se garantiza que las herramientas sean no sólo dejadas en un lugar específico, sino además localizadas siempre en el mismo lugar.

3. Seiso: Súper Limpieza.

Seiso significa “limpiar” las áreas de trabajo con todo lo que esto implica, es decir, máquinas, herramientas, entre otros. Sin embargo, el enfoque que se da en esta técnica no sólo abarca la labor de limpiar, sino que mientras se limpia se debe llevar a cabo labores de inspección, de mantenimiento y demás, que conduzcan a la solución de problemas, identificando posibles averías, etc. Con ello, la búsqueda de nuevas formas de operar y posibles aplicaciones para evitar que se dé la suciedad en el área de trabajo.

4. *Seiketsu: Estandarización.*

La estandarización es una fase muy importante en la consecución de esta técnica, ya que sólo se llega a ella a través del trabajo acucioso de las anteriores “S”. Aquí se pretende que se creen los estándares de limpieza necesarios para que las actividades de limpieza sean generales para los operarios. Es importante que sean los mismos operarios quienes elaboren sus normas. Lo más importante es que todos estén comprometidos en la implantación de los hábitos de limpieza (vistos desde la óptica explicada), así que se deberá empezar a trabajar en el aspecto psicológico de crear conciencia en cada uno de los actores involucrados en la limpieza y demás aspectos.

5. *Shitsuke: Sostenimiento.*

Esta es la etapa más importante siendo la de menor actividad operativa, desde el punto de vista de la aplicación de actividades para lograr el objetivo, ya que aquí es donde la empresa deberá demostrar que lo hecho hasta ahora se mantenga a lo largo del tiempo y así poder verse beneficiada por todos lo que propone las “5S’s”. Aquí se establece que la empresa (el personal y la infraestructura) esté en completa armonía con lo descrito en la técnica, o sea, que se establezca la *disciplina* en el cumplimiento de las normas y estándares creados para el efecto. Es importante que se generen mecanismos de control periódico e incluso no programados para verificar el desempeño de las labores orientadas a los estándares.

Es importante destacar que la clave de la implantación de una nueva técnica o sistema de mejora en las empresas debe contar con el sostenimiento de lo logrado, es así que la constancia y la disciplina debe ser un pilar importante e infaltable como punto culminante. Por lo que el sostenimiento de la técnica y la disciplina deben ser permanentes y servir para la mejora continua.

2. Justo a Tiempo: (“*Just in Time*”) La estrategia de esta herramienta es alcanzar grandes volúmenes de producción minimizando el trabajo en proceso, las materias primas y productos terminados; a la disminución anterior mencionada la podemos

llamar reducción de desperdicios (actividades que no agregan valor), estas actividades abarcan desde compras hasta producción (Chase, 2002).

3. Kanban: También conocido como “etiqueta de instrucción” en Japonés. El objetivo de esta herramienta es facilitar una orden de trabajo, es decir, da dirección automática de información acerca de lo que se va a producir, la cantidad, mediante qué medios y cómo transportarlo, de esta forma el sistema jala el producto necesario de la operación anterior a medida que lo vaya necesitando. Sus dos funciones principales son: control de producción y mejora de procesos (Chase, 2002).
4. SMED: Método de cambios rápidos, consiste en las teorías y técnicas para realizar el cambio del “Set-up” (puesta en marcha) o preparación, es decir, cambios de herramienta de una máquina para empezar a manufacturar un producto diferente en un tiempo menor de diez minutos (William, 2002).
5. Poka-Yoke: El principal objetivo de esta herramienta es enfocarse en la búsqueda de la calidad; esta herramienta consiste en la fabricación de herramientas o procesos a prueba de error, es decir, no te permiten un mal ensamble aun cuando haya descuido. Esta herramienta fue desarrollada por Shigeo Shingo después de la Segunda Guerra Mundial (Shingo, 1987).
6. TPM: Mantenimiento Productivo Total (“*Total Productive Maintenance*”): Este método es recomendado para que los equipos y maquinarias tengan mayor disponibilidad en manufactura; este método involucra los operarios de la maquinaria o a diferentes tipos de departamentos en la manutención básica de la maquinaria logrando así mantenerla actualizada evitando las fallas inesperadas y los defectos generados. Es un esquema parecido a la calidad total, pero enfocado a los equipos de manufactura (William, 2002).
7. Control Visual: Es la estandarización de controles visuales representados mediante elementos gráficos o físicos, se pueden incluir colores o números para que sean de fácil identificación. De acuerdo a (Sacristan, 2010) “un control visual se utiliza para informar de una manera fácil entre otros de los siguientes temas:”
 - Localización de los equipos.
 - Con que frecuencia se lubricará un equipo, el tipo de lubricante y donde se aplicará.

- Estandarización de actividades para un equipo o proceso de trabajo.
 - Ubicación del material en proceso, producto final, y si existe, productos defectuosos.
 - Ubicación de los elementos de aseo, limpieza y residuos clasificados.
 - Sentido de giro de motores.
 - Conexiones eléctricas.
 - Sentido de giro de botones de actuación y válvulas.
 - Flujo de líquidos de una tubería, marcación de ésta, etc.
 - Estandarización de franjas de operación de manómetros.
 - Ubicación de elementos de oficina como calculadora, carpetas, bolígrafos, lápices en el sitio de trabajo.
 - Etc.
- 8. Kaizen Blitz:** Es un método utilizado para dar soluciones rápidas a problemas que se presentan en una planta de manufactura, esto es a través de un equipo de acción rápida. De acuerdo a Reyes en (Reyes, 2002) “el término Blitz se refiere a un ataque rápido de problemas, normalmente se tratan de problemas sencillos a solucionar, pero que afectan de manera importante a la producción”. Este método se divide en diferentes etapas estratégicas, la primera es formar los equipos Kaizen Blitz los cuales deben de incluir a trabajadores de diferentes departamentos como trabajadores, supervisores, mecánicos, inspectores, entre otros, con el objetivo del aprovechamiento de la larga experiencia de los operadores para la identificación del problema y sus causas, a su vez participen en el aporte de ideas, sugerencias e implantación de soluciones”.
- 9. Mapeo de Proceso:** También conocido como Mapeo de la Cadena de Valor. Esta metodología permite la orientación y redefinición de todos los elementos que el cliente considera que agregan valor al producto, para una reinención de los mismos. La elaboración de un mapa de proceso te permite planificación e identificación de los elementos de entrada y salida para mejorar su diseño y operación.

El principal objetivo es el establecimiento de las estrategias necesarias para resolver las necesidades de nuestros clientes (interno/externo). Este método te permite medir los avances internos sistemáticamente y con esto poder publicar los requerimientos de la empresa; además permite resaltar los principales obstáculos y oportunidades que se pueden presentar en el proceso desde que entran los insumos hasta que se presenta el producto o se da el servicio terminado (Miranda, 2006).

Muchas empresas han implementado estrategias de Manufactura Esbelta sin tener en cuenta el Mapeo de la Cadena de Valor, esto puede provocar buenos resultados, pero no siempre eficientes para la empresa en general (Ruiz, 2007).

II.2.3 La producción como cadena de valor.

El concepto de Cadena de Valor fue popularizado por Porter en (Porter, 1985) y, corresponde a un modelo de los procesos involucrados en la producción de una empresa para agregarle valor al producto y satisfacer de esta manera las necesidades del cliente. El concepto es utilizado por las empresas para el desarrollo de planificación estratégica y el aumento de la competitividad.

La cadena de valor de un producto involucra tanto a procesos de conversión como procesos de flujos. Los procesos de flujo son fundamentalmente los movimientos, inspecciones y esperas, esta consideración trae grandes implicancias para la producción y su gestión. Un hecho es que a pesar de que todas las actividades generan costos y requieren tiempo, sólo algunas generan valor. Se establece como principio que solamente las actividades de conversión son las que generan valor para el cliente, mientras que las de flujo a pesar de que puedan ser necesarias no lo hacen, en caso de que no sean necesarias se deben considerar como pérdidas en el sistema.

El objetivo de la administración debe apuntar a hacer más eficientes a las actividades de conversión y minimizar o eliminar las de flujo (Koskela, Application of the New Production Philosophy to Construction, 1992).

II.2.4 Conceptos y Aplicación.

La propuesta lean es cambiar la visión de los procesos de manufactura a flujos continuos de procesos. Estos se representan por flujos de actividades, materiales, información y equipos o personas. La administración orientada a flujos es capaz de prevenir en vez de corregir y a agregar valor al proyecto a través de considerar las necesidades de su cliente.

La implementación de la filosofía lean en la manufactura no es sencilla, el sistema convencional se encuentra enraizado y genera mucha conformidad debido a que oculta sus pérdidas y rechaza las mejoras y cambios.

Koskela en (Koskela, *Application of the New Production Philosophy to Construction*, 1992) propone soluciones alineadas con la estandarización y sistematización del trabajo, utilización de piezas y partes pre-fabricadas, tecnología de información y fortalecer el grupo de trabajo, entre otros. Por otro lado, Ballard en (Ballard, 2002) desarrolla la herramienta de *Last Planner System* como propuesta para la implementación de la filosofía.

Por último se establece el marco conceptual de Lean Manufacturing con el cual se trabajó, elaborado por (Koskela, *An Exploration towards a Production Theory and its Application to Construction*, 2002).

- Mejorar
 - Incrementar la eficiencia de las actividades que agregan valor.
 - Enfocar el control de los procesos al proceso completo.
 - Introducir el mejoramiento continuo de los procesos.
 - Referenciar permanentemente los procesos.

- Reducir Pérdidas
 - Reducir la participación de actividades que no agregan valor.
 - Reducir la variabilidad.

- Incrementar la flexibilidad de las salidas.
- Reducir el tiempo de ciclo.
- Minimizar los pasos de manera de simplificar el proceso.
- Incrementar la transparencia de los procesos.

- Valor-Cliente

- Aumentar el valor del producto considerando los requerimientos del cliente.

II.3 Mapeo de cadenas de valor.

Esta herramienta potente y sencilla, alinea y distingue el verdadero valor del producto como ninguna otra herramienta.

El mapeo de la cadena de valor es una herramienta que te permite la representación gráfica del estado actual y futuro del sistema de producción, con el objetivo de que los usuarios tengan un mejor entendimiento de las actividades de desperdicio que necesitan ser eliminadas (Lovellette, 2001).

II.3.1 Sobre la cadena de valor.

Según (Rother & Shook, 1999), la cadena de valor corresponde al flujo de actividades que son ejecutadas para entregar un producto a un cliente, desde el momento en que este hace un requerimiento hasta que lo recibe, dichas actividades pueden agregar valor a la cadena, pero también pueden no hacerlo.

Se distinguen tres tipos de cadenas de valor:

- De Transformación: Representan procesos de fabricación, ensamblaje, construcción, servicios, entre otros.

- De Diseño/Desarrollo: Representan procesos de diseño o desarrollo de los productos, tecnologías e ideas.
- De Soporte: Representan procesos que no agregan valor por sí mismos, pero que permiten agregar valor a los procesos que asisten, como por ejemplo selección de personal, control de calidad, abastecimiento de recursos, entre otros.

En la manufactura, las actividades que agregan valor son las que generan un avance directo en la preparación del producto a producir o preparan dichas actividades. Por otra parte, las que no agregan valor son esperas, errores, procesos y traslados innecesarios.

II.3.2 Mapeando la cadena.

El mapeo de cadenas de valor o MCV es una metodología Lean utilizada para detectar y eliminar las pérdidas en un sistema de producción, su metodología se construyó con el objeto de aplicarla a la industria manufacturera.

El esquema de implementación de la herramienta se resume en la figura II.1.

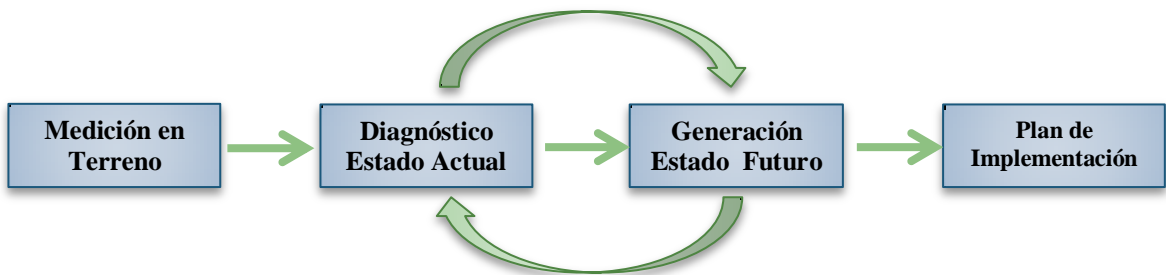


Figura II.1. Metodología del MCV.
Fuente: (Rother & Shook, 1999).

La metodología comienza con elegir una familia de productos dentro de todas las que se producen en el lugar de trabajo y enfocar el análisis sólo en la familia seleccionada. Luego, se pasa a mapear la situación de producción actual, esto se realiza recorriendo físicamente la cadena de valor y registrando datos en terreno que permitan obtener indicadores del estado del proceso. Dentro de los típicos indicadores utilizados se encuentra el tiempo de ciclo, tamaño del lote, tiempo de valor agregado, tiempo de espera, entre otros indicadores.

El mapa debe representar fielmente tanto el recorrido de cada unidad de producto a través de la cadena de valor como el de la información que circula entre el control de producción (interno) y los proveedores, clientes o entes reguladores.

El recorrido de las unidades de producto se dibuja en la mitad inferior del mapa y fluye de izquierda a derecha, comenzando con el transporte de material desde el proveedor hasta la entrega al cliente. El flujo de información se dibuja en la mitad superior, de derecha a izquierda, surgiendo desde el cliente hasta llegar al proveedor, los diagramas se deben realizar con una simbología estándar (Rother & Shook, 1999). Algunos conceptos relevantes del MCV se detallan en el cuadro II.1.

Luego de confeccionado el mapa, éste pasa a ser analizado para detectar las fuentes de pérdidas en la cadena y proponer mejoras. Con esto se mapeará un estado futuro idealizado de la cadena de valor fundado en el marco conceptual de una producción Lean.

Concepto	Significado
Flujo Empujado (PUSH)	Flujo de producción en el cual se intenta que cada proceso produzca la máxima cantidad de unidades posible y empuje dicha producción aguas abajo de la cadena de valor.
Inventario	Son las unidades de producción acumuladas entre procesos.
Pasillo PEPS	Flujo de producción en el cual la primera unidad en entrar es la primera en salir.
Evento Kaizen	Una operación de carácter ágil para implementar determinadas mejoras.
Tarjeta Kanban	Una señal que indica la necesidad de producción o retiro de unidades.
Flujo halado (PULL)	Un flujo de producción en el que se intenta que cada actividad produzca sólo lo que su actividad cliente necesita. El flujo es halado hacia aguas abajo.
Supermercado	Una bodega controlada y expuesta a la vista para guardar pequeñas cantidades de inventario con el fin de absorber la variabilidad del sistema.

Cuadro II.1. Conceptos de MCV.
Fuente: (Rother & Shook, 1999).

La metodología de Manufactura Esbelta se consideró como la mejor a utilizar para la aplicación de este caso, ya que su competitividad se basa en la unión de diversos objetivos como lo son: el logro de un elevado nivel de productividad, la rapidez en entrega de productos, la minimización de costos, la entrega de productos con calidad, entre otros (Ruiz, 2007).

El objetivo de este caso en particular, se centra en el mejoramiento del proceso productivo como consecuencia de la eliminación de desperdicios y en general, de todo consumo innecesario de recursos que no genera valor al cliente.


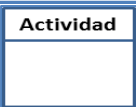

En una producción con enfoque esbelto, todo gira alrededor del producto, al igual que en los sistemas de Calidad Total donde todo gira en el cliente. Para llegar a un producto, es necesaria la transformación de los materiales a productos terminados. El proceso de transformación se produce por fases de acuerdo a su flujo.










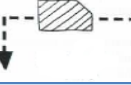

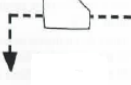

En este contexto, el pilar principal en una producción esbelta (donde se optimizan procesos con la finalidad de reducción de costos) es identificar el flujo del valor para cada producto, que consiste en el análisis de las actividades para realizar el producto, donde su objetivo es incorporar solo las actividades que agreguen valor al producto (Albertini, 2007).

II.3.3 Formato y simbología de los datos

La primera pregunta a contestar es: ¿Por dónde empezamos este mapeo y cómo funciona? Para empezar a desarrollar el mapa, se requiere dibujar una serie de íconos de los cuales cada uno tiene diferentes significados y aplicaciones en las diferentes etapas de la cadena de valor. La clasificación de estos íconos se basa en la aplicación de tres tipos diferentes de flujos que intervienen en el proceso como son: los flujos de material, de información e íconos generales (Lovelley, 2001).

La simbología de los mapas se presenta en el cuadro II.2. Esta corresponde a la definida por (Rother & Shook, 1999).

Símbolo	Nombre	Significado
	Agente externo	Cliente o proveedor.
	Actividad	Representa una actividad procesando unidades.
	Flujo Empujado	Representa unidades siendo empujadas por la producción de una actividad.

	Flujo halado	Representa unidades siendo haladas por la producción de una actividad.
	Inventario	Representa el inventario acumulado.
	Control de Producción	Representa la entidad en control de la producción.
	Información Manual	Representa flujos de información de forma manuales.
	Información Electrónica	Representa un flujo de información electrónica.
	Supermercado	Representa un supermercado Kanban.
	Línea de tiempo	Muestra en sus valles el tiempo de actividades que agregan valor y los montes las actividades que no agregan valor.
	Casilla de datos	Contiene los indicadores correspondientes a la actividad.
	Transporte	Representa el material de transporte externo, al sitio de obra.
	Evento Kaizen	Representa un evento Kaizen y las mejoras a implementar.
	Kanban de retiro	Representa el flujo de tarjetas Kanban de retiro.
	Operario	Representa un operario ejecutando una actividad.
	Kanban de producción	Representa el flujo de tarjetas Kanban de producción.
	Puesto Kanban	Representa un depósito de tarjetas Kanban

Cuadro II. 2. Simbología del mapa de la cadena de valor.

Fuente: (Rother & Shook, 1999).

Para una mejor comprensión de los mapas se presenta uno a modo de ejemplo (ver anexo 1) para la cadena de valor de muros. Se ha demarcado con rectángulos de colores (que no

forman parte del mapa original) los distintos sectores presentes en el mapa, estos se detallan a continuación:

- 1- Sector de materias primas:** En la figura 1 del anexo 4 se marca en celeste. Incluye las distintas materias primas ingresando al sistema transportadas desde las plantas proveedoras hasta el sitio de la obra.
- 2- Sector de flujos de información:** En la figura A.4 se marca en verde. Incluye los distintos flujos de información entre los actores involucrados a través de flechas que van de derecha a izquierda.
- 3- Sector de salida de productos:** En la figura A.4 se marca en azul. Incluye los productos ya procesados por la cadena de valor entregándose a sus clientes respectivos.
- 4- Sector de flujos de material:** En la figura A.4 se marca en rojo. Incluye las unidades de productos fluyendo de izquierda a derecha a través de las distintas actividades de la cadena de valor. Cada casilla de actividades tiene asociada una casilla de indicadores en donde se muestran todos los indicadores calculados para dicha actividad. Las actividades se enlazan a través de un símbolo que indica el tipo de flujo de producción (ya sea flujo empujado, halado, continuo o PEPS), además del inventario acumulado.
- 5- Sector de línea de tiempo:** En la figura A.4 se marca en violeta. Incluye la línea de tiempo de la cadena de valor y la casilla con los indicadores de tiempo finales, el Tiempo de Ciclo Total (TCT), Tiempo de Valor Agregado (TVA) y Porcentaje de Valor Agregado (PVA).

II.3.4 Fuentes de Pérdidas y Estado Futuro.

La confección de los mapas no sirve de nada sin el análisis posterior y la obtención de conclusiones útiles. Uno de los aspectos más importantes al analizar el estado actual de la cadena es la identificación de pérdidas. Típicamente se identifican 7 pérdidas productivas distintas para la industria manufacturera:

- 1- Sobre-producción.

- 2- Inventarios.
- 3- Errores y defectos.
- 4- Esperas.
- 5- Movimientos y Transporte.
- 6- Sobre-procesamiento.
- 7- Personal Ocioso.

Se pretende que el estado futuro no tenga dichas pérdidas y que las mejoras introducidas al proceso apunten a ir reduciéndolas con metas aterrizadas y muy claras, detectables por los indicadores de los mapas. Se debe intentar crear un flujo continuo, reduciendo la cantidad de pasos o fusionando unos con otros, eliminando interrupciones, reduciendo los lotes y siguiendo un ritmo estable y definido por los requerimientos del cliente (Rother & Shook, 1999).

Capítulo III. Desarrollo e Implementación de MCV.

En este capítulo se presenta el desarrollo de los mapas de la cadena de valor del área de estudio y sus respectivas mejoras para llevar a cabo el estado futuro del mapa de la cadena de valor.

III.1 Introducción.

En el presente capítulo se desarrollan los ajustes pertinentes al MCV y los datos necesarios a recopilar en terreno. Además, se detalla el procedimiento para obtener y registrar estos datos. Se presentan conjuntamente, los mapas del estado actual junto a un detallado análisis de estos y los mapas del estado futuro y las recomendaciones para alcanzarlo. En la figura III.1 se muestra un esquema de los pasos a desarrollar en el capítulo.



Figura III.1. Esquema de trabajo.
Fuente: Elaboración propia.

III.2 Adaptaciones del Mapa de cadena de valor

Para lograr el éxito de la implementación del MCV en el Área de Preparación Madera, es necesario realizar ciertos ajustes y decisiones previas. Estas son principalmente las siguientes:

- 1- Elegir la familia de productos a estudiar.
- 2- Seleccionar los procesos involucrados en la cadena de valor.
- 3- Definir unidades fluyendo por la cadena de valor.
- 4- Definir formato y simbología de los mapas.
- 5- Establecer metodología de recopilación de datos en terreno.
- 6- Medición de Inventarios.

En primer lugar, es necesario definir qué familias de productos se mapearán debido a que mapear todo lo que sucede en el área es poco factible. Por lo tanto, se han definido 3 familias de productos que corresponden insumos necesarios para satisfacer la demanda del cliente, estos son: rollizos de pino y eucaliptos, astillas de pino y biomasa. Esta elección se basó en que durante el periodo de observación, estos eran los principales elementos del área.

Al mismo tiempo, se deben identificar los procesos involucrados en la cadena de valor de estas familias de productos. Se listan en el cuadro III.1 las actividades considerar por elemento. Se definieron las actividades principales como aquellas vinculadas al descortezado, astillado y triturado, y el resto como secundarias. Se realiza esta distinción debido a que en las actividades principales es donde se invierte la mayor de cantidad de tiempo y recursos, además de aportar valor a los clientes.

Respecto a la unidad de medida que fluirá en los mapas de cadenas de valor, se concluyó que será en camiones por hora debido a que los productos son transportados por camiones. Pero cada uno de estos productos tiene una unidad de medida de medida distinta en cada camión, esto es, un camión transporta:

- 28 m³ssc de rollizos, tanto de pino como de eucalipto.
- 28 m³ssc de astillas de pino externas.
- 80 m³st de biomasa.

Elementos	Actividades Principales	Actividades Secundarias
Rollizos	Descarga Descortezado Astillado	Romana Alimentación Corte
Astillas	Harneado	Laboratorio Romana
Biomasa	Triturado	Laboratorio Romana

Cuadro III.1. Actividades por elemento.

Fuente: Elaboración propia.

En la sección I.2 se mostró que el área de preparación madera consta con dos líneas de producción que si bien el proceso en general es idéntico, estas líneas contienen ciertas

diferencias como el tipo de rollizos de procesa cada línea y la cantidad que procesa por hora. Además, en el cuadro III.1 se identificaron los elementos principales del área como son: astillas, biomasa y el servicio de transporte (o camiones) que traslada de estos insumos. Dicho esto, para una mejor comprensión del mapa de la cadena de valor, se desarrollaron mapas para cada elemento por cada línea, es decir, la cantidad de 6 mapas de cadena de valor, donde se identificó el flujo de astillas, biomasa y camiones en línea 1 al igual que en línea 2. Esto facilitó la identificación de desperdicios de forma más detallada.

III.3 Definición de datos necesarios

Se obtendrán los datos de los procesos y se agregarán a las cajas de datos los que se obtendrán directamente en terreno mediante cronómetro. El cuadro III.2 ilustra los indicadores más relevantes del área, que serán utilizados para la construcción del mapa de la cadena de valor. Es necesario que estos indicadores tengan abreviación para ser incorporados de manera clara y limpia en el mapa. Además, se explica su significado con su respectiva unidad de medida.

Nombre	Abreviación	Unidad de medida	Significado
Tiempo del ciclo	TC	minutos	Tiempo que pasa entre la fabricación de una pieza o producto completo y la siguiente.
Tiempo de valor agregado	VA	minutos	Tiempo de trabajo dedicado a las tareas de producción que transforman el producto de tal forma que el cliente esté dispuesto a pagar por el producto.
Tiempo cambio de modelo	C/O	minutos	Tiempo que toma para cambiar un tipo de proceso a otro. Tiempo de puesta a punto.
Número de personas	NP	unidades	Número de personas requeridas para realizar un proceso particular.
Tiempo de espera	TE	minutos	Tiempo de espera en cada proceso para iniciar el tiempo de ciclo.
Plazo de Entrega	LD	minutos	Tiempo de trabajo que se necesita para que una pieza o producto cualquiera recorra un proceso o una cadena de valor de principio a fin.
% de tiempo disponible	Disp.	s/u	Porcentaje de tiempo disponible con el que cuentan los equipos para su funcionamiento.
% de tiempo de utilización	Util.	s/u	Porcentaje de tiempo de utilización o funcionamiento de las máquinas. Confiabilidad de la máquina.

Cuadro III.2. Datos a medir en terreno.

Fuente: VSM, Análisis de la Cadena de Valor, Rafael Cabrera Calva.

III.4 Obtención de Datos en Terreno.

Los datos utilizados para la confección del estudio de caso fueron obtenidos en terreno en el Área de Preparación Maderas, Celulosa Arauco y Constitución S.A., Planta Arauco, a través de visitas diarias en un periodo cercano a 3 meses, comprendidos entre marzo y mayo. Dichas mediciones fueron realizadas por el mismo autor del trabajo.

Los elementos observados, correspondientes al proceso productivo del área estudiada, fueron: Rollizos, astillas y biomasa. Para cada elemento se realizaron varios eventos de medición, con el fin de obtener valores promedio que se incluirán en los mapas de cadenas de valor.

Equipos: Para la realización de las mediciones en terreno se utilizó cronómetro con el propósito de medir los tiempos de ejecución de las actividades lo más exacto posible.

Método de registro: El registro de las mediciones de las distintas actividades del proceso, se realizaron con lápiz y cuaderno, ya que fue información recopilada en terreno y era necesario recopilarla de manera eficiente y eficaz.

En esta sección se procede a aplicar los conocimientos empíricos para la obtención de la información y mostrar la estructura de los instrumentos que se necesitan para poder procesarla.

El mapeo del estado actual, comienza definiendo el requerimiento del cliente, por lo cual se procede a determinar el “takt time” (ritmo al cual debe de fabricarse un producto para satisfacer la demanda del cliente (Suñé, Gil, & Arcusa, 2004).

Tiempo diario disponible	22,5 horas	81.000 segundos
Demanda de cliente Digestor	616 camiones/semana	95 camiones/día
Takt Time Digestor	81.000 segundos/95 camiones	852 segundos
Demanda cliente Caldera	1.267 camiones/semana	103 camiones/día
Takt Time Caldera	81.000 segundos/103 camiones	786 segundos

Cuadro III.3. Takt Time's de Línea 1.
Fuente: Elaboración Propia.

Tiempo diario disponible	22,5 horas	81.000 segundos
Demanda de cliente Digestor	1890 camiones/semana	295 camiones/día
Takt Time Digestor	81.000 segundos/295 camiones	275 segundos
Demanda cliente Caldera	420 camiones/semana	40 camiones/día
Takt Time Caldera	81.000 segundos/40 camiones	2025 segundos

Cuadro III.4. Takt Time's de Línea 2.

Fuente: Elaboración Propia.

Para reunir la demanda de los clientes digestor y caldera para Línea 1, Área de Madera debe producir/ ingresar 1 camión de astillas cada 852 segundos y 1 camión de biomasa cada 786 segundos durante tiempo disponible de trabajo.

En cuanto a Línea 2, para reunir la demanda de los clientes digestor y caldera, Área de Madera debe producir/ingresar 1 camión de astillas cada 275 segundos y 1 camión de biomasa cada 2025 segundos durante tiempo disponible de trabajo.

Después del cálculo de la necesidad del cliente, se procede al recorrido por la líneas de Área Preparación Madera, Planta Celulosa, la cual se comienza a mapear a lápiz de forma preliminar a través de la observación para realizar la primera vista del estado actual del MCV; en este punto sólo se anotan los procesos y se detecta donde existe inventario.

Luego, continuando con el desarrollo del MCV actual, fue necesario determinar los tiempos de operación para los modelos de Área Preparación Madera.

En el cuadro III.5 se observan e incluyen en los tiempos operacionales de las actividades necesarias para la obtención de astillas y biomasa.

Número de Operadores	Operaciones	Tiempo (minutos) L1	Tiempo (minutos) L2
3	Romana	2 minutos	2 minutos
1	Descarga en Línea	6 minutos	6 minutos
1	Descarga en Cancha	6 minutos	6 minutos
1	Grúa Portal	N/A	7 minutos
1	Alimentación	30 minutos	3 minutos
1	Descortezar	10 minutos	7 minutos
1	Astillar	16 minutos	4,6 minutos

Número de Operadores	Operaciones	Tiempo (minutos) L1	Tiempo (minutos) L2
1	Triturar	72 minutos	37,5 minutos
1	Corte	120 minutos	120 minutos
1	Laboratorio	4 minutos	4 minutos

Cuadro III.5. Tiempo de Operación de procesos del Área Preparación Madera.
Fuente: Elaboración Propia.

En los mapas de la cadena de valor, los íconos de inventario, fueron situados por observación visual en la línea de producción y posteriormente se describen los inventarios en días con la utilización de la siguiente fórmula:

$$Inventario = \frac{Cantidad\ de\ Inventario}{Demanda\ diaria} = días$$

El tiempo de ciclo por estación de trabajo para el estado actual, fue obtenido de información proporcionada de los estándares existentes y supervisión cronometrada.

Con la información recabada de estas actividades, se procede a llenar la información en la parte inferior de los MCV actuales.

III.5 Mapa actual de la cadena de valor.

La suma de la información anteriormente mencionada, fue requerida para completar el mapeo del estado actual de ambas líneas de producción del área.

Una vez obtenidos los datos necesarios para la realización del mapa de cadena de valor, se procede a la confección de los mapas del estado actual para cada cliente (anexo 5).

III.5.1 Diagnóstico general del mapeo de la cadena de valor actual.

El análisis de la cadena de valor es una herramienta que clasifica las actividades en “primarias o secuenciales” (entre ellas producción) y “secundarias o transversales” (entre ellas el almacenamiento) (Pereira, 2008). Aunque se utilizarán diferentes herramientas de manufactura para ejemplificar el análisis, con la herramienta del MCV, se tiene la

capacidad de visualización de los desperdicios y oportunidades de mejora de forma más sencilla y concreta.

Los desperdicios más comunes, en numerosas ocasiones aceptados por las empresas, son la sobreproducción, espera, transporte, procesos inadecuados, inventarios, defectos y movimientos.

En la realización del Mapeo del Estado Actual de Área Preparación Madera, Planta Celulosa Arauco se pudieron observar algunos de estos desperdicios:

- Duración y rendimiento de las actividades: Se ha constatado que las duraciones de las actividades y los rendimientos presentan gran variabilidad entre distintas unidades de flujo procesadas. Por ejemplo, a pesar de que el promedio de duración para la alimentación de rollizos en Línea 1 es 30 min/camión y en Línea 2 es 7 min/camión, su valor máximo para Línea 1 es 35 min/camión y el mínimo 20 min/camión y para Línea 2 es 4,5 min/camión y el mínimo 16,5 min/camión. Esto ya que todo depende del tipo de madera que se procesa y las velocidades de las máquinas con las que se encuentren trabajando los operadores en el momento de la toma de tiempos. Existen eventos en los cuales el procesamiento se efectúa de manera continua y por tanto sus duraciones se corresponden con los mínimos de la data estadística.
- Espera: Se observan tiempos de espera en el sector de romanas, previo al ingreso a planta por parte de romaneros (operadores de romanas). Se acumulan los camiones en la entrada del Área debido a que deben esperar a que romaneros les avisen en qué momento pueden ingresar y por cual acceso, debido a que son 3 romanas de ingreso y una de salida. Esto ocurre debido a los requerimientos de los procesos productivos de ambas líneas que se esté llevando a cabo en ese momento; por ejemplo si hay fallas en las máquinas y deben parar la línea, no ingresan camiones para no generar un alto tránsito de camiones en el Área de Madera y evitar accidentes o congestiones que entorpezcan el sistema del lugar. Por otra parte, en zonas de

descarga de rollizos en canchas de acopio y líneas de producción debido a alta congestión de camiones en el área que se ocasiona generalmente por una descoordinada entrada de camiones vs la producción.

Por otro lado, se observan tiempos de espera en el sector de descarga de astillas de terceros, esto a causa de la subutilización de una de las plataformas de autodescarga de astillas de terceros.

Cuando no hay un flujo continuo en el área de romana provoca tiempos de espera, ya que se acopian numerosos camiones y deben esperar hasta ser llamados por romaneros.

La grúa ingresa rollizos a la mesa de alimentación de la línea de manera más rápido ocasionando diversos problemas o desperdicios:

- Sobreproducción. Se produce más de lo que está planificado para el funcionamiento óptimo de las máquinas.
 - Baja calidad. Al ingresar muchas más madera, el astillador no trabaja de la misma forma, ya que ingresará mucho más de lo que puede cortar, lo que creará que el rollizo no quede bien astillado generando desperdicios que deban ser reprocesados.
 - Fallas mecánicas. Las máquinas están fabricadas para trabajar a una cierta capacidad para su correcto funcionamiento y si éstas se ven sobre exigidas, lo que provocará daños en las máquinas y posteriores tiempos perdidos en repararlas. Además de aumentar las mantenciones.
 - Tacos. La excesiva cantidad de rollizos en el proceso significa romper con su flujo continuo, dado que a mayor cantidad menor avance. Lo anterior produce tacos en el proceso y no se puede seguir trabajando con ellos, por lo que es necesario parar el proceso para realizar las limpiezas correspondientes.
- Reprocesos: Luego del proceso de descortezado, los rollizos ingresan al proceso de astillado, siempre y cuando el rollizo cumpla con las medidas requeridas por el

astillador, de no ser así, el rollizo es retirado por el operador a través de una grúa para posicionarlos en el banker de rechazos, en donde se retiran para disminuir su tamaño y reingresarlos a la línea para ser astillado. Esto ocasiona pérdida de tiempo y costos, ya que la empresa contratista es la encargada de retirar estos rollizos, cortarlos e ingresarlos nuevamente a la línea.

En el proceso de astillado se obtienen 5 tipos de astillas: sobretamaño, sobreespesor, aceptado, fino y pin chip, en donde los dos primeros y los dos últimos califican como defectos del producto deseado, que es la astilla con un tamaño de 45 mm.

Edificio de harneo de Línea 1 pierde en promedio diario 6,4% entre sobretamaño, sobreespesor y fino y pin chip, de esta cantidad 18% corresponde a fino y pin chip, 50% sobreespesor y 32% sobretamaño. Sin embargo, para Línea 2 estas cifras cambian. Semanalmente en promedio se pierde 5% entre sobretamaño, sobreespesor y fino, de esta cantidad 71% corresponde a fino y pin chip, 19% sobreespesor y 10% sobretamaño. Astillas con sobreespesor son reastilladas (reproceso) en el mismo edificio de harneo para transformarlas en astillas aceptadas. Lo anterior se observa en el gráfico III.1

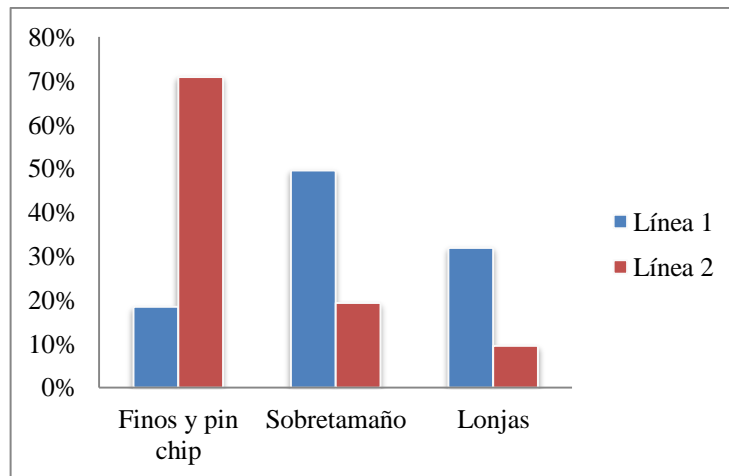


Gráfico III.1. Porcentajes de pérdidas de astillas en Línea 1 y 2.
Fuente: Elaboración propia.

- Desperdicios: Debido a la manipulación de las grúas y camiones con los rollizos, se desprenden partes de ellos (corteza), la cual queda desatendida en las canchas de acopio transformándose en desperdicios. Estos residuos deben ser arrojados a vertederos en vez de utilizarse en el proceso como biomasa, ya que posee un alto contenido de piedras y metales lo que afectaría severamente a las máquinas que trabajan la biomasa ocasionando tacos, posteriores limpiezas o daños en las máquinas.
- Exceso de inventario: Es posible apreciar en los mapas de estado actual que algunas actividades permiten la acumulación de excesivo inventario de trabajo en proceso. Por ejemplo, para la alimentación de las líneas de producción (ver gráfico III.2) admite un inventario promedio de rollizos de 48.200 m³st para Línea 1 y 77.300 m³st para Línea 2, equivalentes a 18,8 y 10 días respectivamente. Lo anterior desperdicia espacio, estimula daños y obsolescencias en los rollizos. Sin embargo, el mayor problema que denota este excesivo inventario, es la poca nivelación de la producción, ya que el estado de espera de estos elementos implica que fueron procesados en un momento en que no era necesario y por tanto dichos recursos pudieron haber sido invertidos en producir unidades de otro elemento constructivo justo en el tiempo que era necesario, de manera tal de nivelar la producción entre estos.

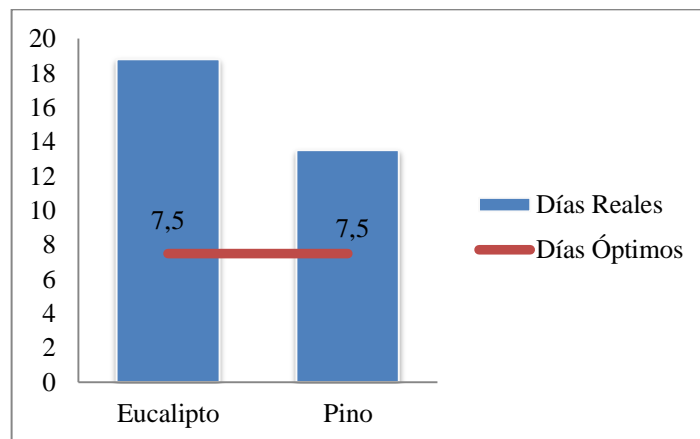


Gráfico III.2. Inventario Real de Rollizos de Eucalipto y Pino.
Fuente: Elaboración Propia.

- Movimientos: Para desplazar las astillas con sobretamaño, rollizos sobredimensionados o cualquier producto que no tenga las exigencias para el proceso de flujo continuo necesita transporte para ser removidos del lugar que fue rechazado y trasladarlos hacia el lugar correspondiente para su posterior utilización. Creando movimientos que no generan valor para el cliente ni para el Área.
- Plan de Abastecimiento no acorde a ritmo de producción. Como se ha explicado anteriormente, en la línea 1 se procesan dos tipos de rollizos de eucalipto, globulus y nitens. Se tienen horarios establecidos para la utilización de cada uno de ellos, en el turno de día y tarde se procesa globulus, mientras que en la noche es el turno del nitens. El arribo de camiones de eucalipto, tanto de globulus como de nitens, es aleatorio, es decir, no hay horario establecido para la llegada de cada tipo de rollizo de eucalipto, lo que provoca mayor utilización de las canchas de acopio de eucalipto. Conjuntamente se elevan los costos de descarga y traslado atribuidos a Serfocol. Por estas razones, las canchas de almacenamiento de globulus presentan un alto número de días de autonomía o de inventario afectando la calidad del rollizo al pasar excesivos días almacenados y no utilizados directamente cuando son enviados de los predios forestales.
- Tiempo de valor agregado: Se comprobó en los mapas del estado actual que los porcentajes de valor agregado (PVA) son en general altos. Esto sugiere que durante la mayor parte de la duración del proceso se está agregando valor al producto (ver anexo 6).

En los procesos de obtención de astillas de ambas líneas, el mayor tiempo es atribuido a actividades sin valor agregado (ver gráficos A6.1 y A6.4). Las actividades con valor agregado son realizadas con máquinas automáticas y sus tiempos ciclos son bajos, la mayoría de las actividades sin valor agregado equivalen a procedimientos manuales llevados a cabo por los operadores.

Por otro lado, los gráficos restantes (ver gráficos A6.2, A6.3, A6.5 y A6.6) muestran claramente que los tiempos de actividades tanto con valor o sin valor agregado son equitativos para biomasa y servicio de transporte.

Si bien existen diferencias en los Lead Time para cada producto de cada línea, al calcular sus tiempos con valor agregado con proporcionales entre ellas, debido a las maquinarias son similares al igual que los procesos.

Una herramienta que se requirió como complemento para dibujar el mapa del estado actual, fue el diagrama de flujo de proceso (ver anexo 7).

Después de un detallado análisis de los MCV actuales, se determinó que el desperdicio más notable es el transporte innecesario en el interior del área. Éste se lleva a cabo para transportar piezas que necesitan ser reprocesadas tales como astillas con sobretamaño, lonjas, rollizos sobredimensionados. También se observa este desperdicio en las canchas de acopio de rollizos. En lugar de que el camión se dirija directamente a descargar a la línea, debe pasar a descargar a las canchas; esto ocurre porque el camión ingresó y las líneas estaban copadas con camiones (mala gestión de camiones) o fuera de servicio.

III.6 El estado futuro de la cadena de valor.

Después de determinada la metodología a seguir en el presente proyecto de título, se identifican las herramientas de Manufactura Esbelta utilizadas para mejorar o eliminar los problemas detectados en el mapeo de la cadena actual y se seleccionan la más apropiadas para el cumplimiento del objetivo.

La metodología de Manufactura Esbelta se consideró óptima para aplicar en este caso, ya que su elevada competitividad se basa en la unión de diversos objetivos como lo son: el logro de un alto nivel de productividad, la rapidez en entrega de productos, la minimización de costos, la entrega de productos con calidad, entre otros (Ruiz, 2007).

El objetivo de este caso en particular, se centra en la reducción de costos y tiempos como consecuencia de la eliminación de desperdicios y en general, de todo consumo innecesario de recursos.

Una vez realizado el mapa actual de la cadena de valor y posteriormente analizado para detectar algunas singularidades o puntos de mejora, se desarrolla el mapa del estado futuro

de la cadena de valor, el cual es considerado como una importante herramienta de la manufactura esbelta. El propósito del mapa del estado futuro, es crear una visión de lo que la cadena de valor podría llegar a ser, así como crear un plan para llegar a ello.

En primer lugar, se desarrolló el estudio de capacidad (anexos 8 y 9) donde se observa que existen diferencias entre los tiempos de ciclo y el “takt time” requerido de algunas operaciones, lo cual trae como consecuencia sobre inventario, tiempos de espera, movimientos innecesarios y la necesidad de implementar un sistema de flujo de “una pieza a la vez”.

Sin duda, lo que mayor llama la atención son los estudios de capacidad para las calderas de ambas líneas. Esto debe por las siguientes razones:

- En Línea 1 se producen en promedio 18,8 camiones por día de biomasa y se reciben en promedio 100,6 camiones de lunes a sábado, los que suplen la demanda diaria de calderas, ya que la producción no da abasto. Si la demanda diaria de biomasa son 105 camiones e ingresan 119,4 camiones al día de biomasa, queda un excedente diario de 14,4 camiones que son utilizados el día domingo, ya que ese día sólo ingresan 5 camiones de biomasa, por lo que sólo se envía a calderas lo producido por la Línea y el stock acumulado de la semana.
- De manera análoga para Línea 2, en promedio se producen 15,8 camiones por día de biomasa y se reciben en promedio 19,2 camiones de lunes a sábado, además de 12,8 camiones provenientes de biomasa extraída de los procesos internos del área. Estos suplen la demanda diaria de la caldera, ya que con lo que se produce no es suficiente. La demanda diaria de biomasa son 40 camiones y dado que se disponen de 47,8 camiones, queda un excedente diario de 7,8 camiones en promedio, los que son utilizados el día domingo, ya que no ingresan camiones con biomasa externa hacia la planta y sólo se envía a caldera lo producido por la Línea y el stock acumulado de lunes a sábado.

Por lo tanto, el desarrollo de los mapas futuros se concentrará en los clientes digestor y servicio de transporte, dado que caldera no presenta mayores inconvenientes en sus procesos que requieran de mayor análisis al momento de desarrollar este proyecto de título.

Se presentan a continuación los mapas confeccionados para los estados futuros de las cadenas de valor de las líneas de producción (ver anexo 10).

III.6.1 Mejoramiento General

Mientras se desarrollaba el estado futuro, varias áreas fueron identificadas con necesidad de cambios significantes a fin de implementar el nuevo flujo de material e información.

A continuación se presentan los cambios significativos necesarios para alcanzar el estado futuro:

- 1- Nuevo sistema de ingreso a romanas: Como se expuso anteriormente, los camiones antes de ingresar a la planta deben esperar a ser llamados para ingresar a las romanas donde los operadores los atienden. Esto provoca tiempos de espera por parte de los camiones en la entrada, ya que depende netamente del romanero cuándo lo llamará y en qué casilla se ubicará.

Se pretende que esto cambie a través de poka yoke, es decir, dado que son tres romanas y tres productos los que ingresan (astillas, rollizos, biomasa) a cada una de ellas se le demarcará el camino con colores que representen a cada producto. Esto con el fin de que el camionero tenga conocimiento de a dónde debe dirigirse sin esperar a ser llamado, sólo ingresará a su correspondiente casilla.

- 2- Cambio de grúas descargadoras de rollizos en Línea de producción y en canchas. Las actuales grúas cuentan con más de 4 años de funcionamiento, por lo que están en el fin de su vida útil establecido por la norma, esto dado que es mucho más costoso repararlas que adquirir grúas nuevas. Se planea la compra de 5 grúas nuevas

las cuales disminuirán los tiempos de ciclos de descarga contribuyendo a la reducción de tiempo al interior de la planta por parte de los camiones.

- 3- Alinear objetivos de producción y Serfocol. Se necesita trabajar en la misma dirección y con objetivos en común para colaborar con el correcto funcionamiento de los procesos. Esto significa, descargar en línea según requerimientos de producción y no según los deseos del gruero¹³.
- 4- Sistema logístico automatizado en plataforma de descarga de astillas de terceros. Utilizar un recurso desperdiciado hasta ahora (plataforma de descarga de astillas inferior) con el objetivo de disminuir tiempos de espera de los camiones de piso caminante que descargan astillas de terceros.
- 5- Incrementar uso de grúa portal. Otro recurso, pero con mayor impacto económico, que está siendo mal utilizado con un 43,3% de utilización versus el 70% de disponibilidad. Esto incurre en altos costos, ya que se tiene un bien que si se utiliza o no cuesta más de 125 millones al año y además se debe pagar a Serfocol por el movimiento de rollizos en cancha, ya que en vez de haber sido enviados los camiones a la cancha de grúa portal, fueron a las canchas de acopio donde se encarga Serfocol de mover la madera (ver gráfico A13.1).
Para esto se planteó una meta de 6 camiones enviados a grúa portal por hora (teniendo en cuenta que se demora 7 minutos en descargar con un 70% disponibilidad).
Esto se llevará a cabo mediante compromisos con romaneros de proponer el objetivo de enviar 6 camiones por hora a la grúa portal y así eliminar tiempos muertos (21 minutos por hora, equivalente a 3 camiones descargados por Serfocol) y los costos asociados (ver gráfico A13.2).

¹³ Operador de grúas encargadas de la carga y descarga de rollizos.

6- Eliminar una grúa en canchas de acopio de rollizos de pino. Gracias al incremento de utilización de la grúa portal es posible prescindir de una grúa en las canchas de rollizos de pino. Como se observa en el gráfico A13.2, las grúas de las líneas descargarían 11 camiones/hora, un camión/hora en las canchas de rollizos y en grúa portal, 6 camiones/hora. En el cuadro III.6 se encuentran los costos por descarga de camión en líneas, canchas (de lunes a sábado y domingo) en la situación actual y futura. El uso de una grúa de Serfocol en cancha es muy costosa y no utilizarla provoca un gran ahorro, cercano a \$ 20.000.000 al mes.

		Costo descarga/camión	Costo descarga/camión al día	Costo descarga/camión al mes	TOTAL
Situación actual	Líneas	\$ 2.660	\$ 658.350	\$ 19.750.500	\$ 52.424.900
	Canchas (L a S)	\$ 11.288	\$ 1.015.920	\$ 25.398.600	
	Canchas (D)	\$11.288	\$ 1.467.440	\$ 7.337.200	
Situación futura	Líneas	\$ 2.660	\$ 718.200	\$ 21.546.000	\$29.899.120
	Canchas (L a S)	\$ 11.288	\$ 253.980	\$ 1.015.920	
	Canchas (D)	\$ 11.288	\$ 1.467.440	\$ 7.337.200	

Cuadro III. 6. Costos asociados a la descarga de camiones en Línea 2.
Fuente: Elaboración propia.

7- Disminución del inventario de rollizos de eucalipto y pino. Debido a la disminución de camiones que se descargarán en las canchas de acopio de eucalipto y pino (ver figura 16 y 18, anexo 12), se disminuye el inventario de ellos acercándose a los días óptimos propuestos por la compañía. En el gráfico III.3 se observa la disminución del inventario de eucalipto en 55% y el inventario de rollizos se redujo un 33%.

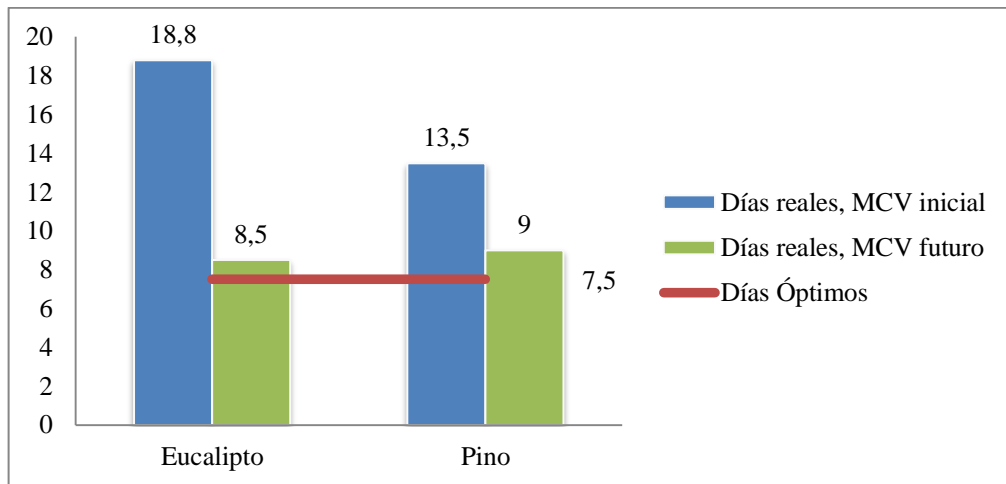


Gráfico III.3. Inventario de rollizos situación futura.
Fuente: Elaboración propia.

- 8- Coordinar con el proveedor FASA la llegada de camiones de acuerdo al takt time. Esto significa realizar reuniones entre FASA y CASA¹⁴ para determinar los ritmos de producción óptimos, esto es:
- Línea de Pino. Si se envían 295 camiones por día a Digestor y las líneas procesan 6 camiones/hora cada una, entonces se necesita un arribo de 11 camiones/hora de rollizos de pino y 4 camiones/hora de astillas de pino.
 - Línea de Eucalipto. Si se envían 95 camiones por día a Digestor y la línea procesa 5 camiones/hora de eucalipto globulus y 3 camión/hora de eucalipto nitens, por lo tanto se necesita un arribo de 5 camiones por hora en los turnos de día y tarde, y 3 camiones por hora en turno de noche.
- 9- Programa de abastecimiento consensuado diariamente y que se cumpla. Elaborar un plan de trabajo conjunto y de carácter continuo, desarrollado a la medida de cada uno de los clientes, en donde deben comprometerse tanto el Área de Madera y FASA, su proveedor, quien debe entregar el adecuado suministro de las necesidades de materia prima, para un determinado período de tiempo, bajo los requerimientos de calidad establecidos.

¹⁴ CASA: acrónimo de Celulosa Arauco S.A.

Finalmente, desarrollaron los balances de cada línea con la situación actual vs la situación futura para producir de acuerdo al takt time con las mejoras propuestas en la sección III.6.1 (ver gráficos A11.1, A11.2, anexo 11 y gráficos A12.1, A12.2, anexo 12).

Capítulo IV. Conclusiones y Recomendaciones.

En este capítulo se presentan conclusiones desarrolladas tras haber finalizado la investigación y se analizarán los resultados obtenidos. Además, se describe el aporte al conocimiento gracias al desarrollo del proyecto y futuras investigaciones fundamentadas en ésta.

La investigación documentada en este informe surgió a partir de la necesidad de visualizar el área de preparación madera en todos sus procesos, a fin de detectar desperdicios. A través de la aplicación de la herramienta MCV con dimensiones productivas se consiguió abordar gran parte del problema de investigación. Aún queda mucho por desarrollar, ya que transitan por un cambio organizacional profundo al pasar de una lógica de trabajo funcional y jerárquico a otra de procesos y horizontalidad debido a la implementación de la filosofía lean en la empresa Celulosa Arauco y Constitución S.A.

IV.1 Introducción.

IV.2 Resultados obtenidos.

En primer lugar, de esta investigación se obtuvo un diagnóstico de la producción de los principales productos del proyecto realizado. Dicho diagnóstico contribuyó una perspectiva distinta del desempeño de las líneas de producción al visualizarla como una cadena de valor. Esto permitió la detección de pérdidas productivas y reveló oportunidades de mejora que si bien eran de conocimiento de los trabajadores, no se había dimensionado el impacto que producía en el área tales desperdicios.

Entre los resultados obtenidos se encuentran:

- 1- Potenciar la utilización de grúa portal de un 43% a un 100%. Con el estudio en terreno para la construcción del MCV, se detectó que la grúa portal es capaz de descargar 6 camiones/hora (teniendo en cuenta que se demora 7 minutos en descargar con un 70% disponibilidad).
Esto se llevará a cabo mediante compromisos con romaneros de proponer el objetivo de enviar 6 camiones por hora a la grúa portal y así eliminar tiempos muertos (21 minutos por hora, equivalente a 3 camiones) y los costos (explicados en la sección III.6.1).
- 2- Con los cálculos del “takt time” (primer requisito para la creación del MCV futuro) se obtuvieron los requerimientos de cada cliente, lo que ayudó a determinar el ritmo de producción óptimo y a la vez, establecer la llegada de camiones que se adecúe al takt time de los clientes del área de maderas para que la producción fluya continuamente sin acumular un sobre inventario en canchas de acopio de rollizos.
- 3- Con la propuesta en el Mapeo de la Cadena de Valor del Estado Futuro se logra reducir el “lead time” de la cadena de valor en un 25%, tanto para camiones en un 25% (32 minutos a 27 minutos) como para astillas (50 minutos a 42 minutos).

- 4- Junto con lo anteriormente señalado, otras mejoras posibles con la implementación de la propuesta futura es una mayor organización de la planta que permita tener lo que se necesita cuándo y dónde; reducción de movimientos innecesarios, reducción de tiempos ciclo y máquinas subutilizadas. Todo esto con el propósito de aumentar la eficiencia de la producción global del área.

- 5- Uno de los costos que se evitaría con la implementación del mapa de la cadena de valor futuro, es el costo por transporte, carga y descarga en canchas de rollizos de pino y eucalipto (más de \$ 15.000.000 mensuales en concepto de grúa, tractor y personas), ya que con todas las mejoras de Manufactura analizadas, se prescindiría de algunas grúas y tractores. Con esto se minimiza el riesgo de que el material no fluya eficientemente, se disminuyen daños por excesivo movimiento de maquinaria pesada y a la vez, con menor manipulación de los rollizos, se reducen y se alcanzan las metas de producción.

El objetivo de mover los elementos que forman la cadena de valor está enfocado a la satisfacción de los clientes, creando así, una cadena con la capacidad de reaccionar satisfactoriamente a la demanda frente a leves desviaciones que se pudieran presentar.

Muchas empresas han aplicado las estrategias de *Lean Manufacturing* sin considerar la cadena de valor, los resultados pueden ser buenos, pero no tan eficientes como cuando se considera el mapa de la cadena de valor.

Si bien el Mapeo de Cadena de Valor es evidentemente una herramienta de gran potencial para la detección de pérdidas productivas, se requiere de un experto que se encargue absolutamente de esta tarea, esto se concluye debido a la experiencia del desarrollo de la investigación evidencia que, tanto la elaboración del diagnóstico del estado actual como la propuesta de mejoramiento hacia un estado futuro, ya que de esto depende la eficiencia y eficacia de la herramienta VSM.

Por último, es recomendable que la empresa adopte la herramienta del VSM como una visualización de potenciales oportunidades de mejora y una forma de medir el desempeño del proceso para la solución de mejoras de forma eficiente. Para la implementación de tales mejoras propuestas se requiere de un compromiso serio de todos los involucrados en el proyecto.

Referencias Bibliográficas

- Albertini, R. (2007). *La gestión de los costos en Lean Manufacturing*. España: Netbiblio.
- Ballard, G. (2002). *The Last Planner System of Production Control*. Birmingham.
- Chase, R. (2002). *Operation management for competitive Advantage*. New York: McGraw-Hill.
- Escalante Vázquez, E. (2006). *Análisis y mejoramiento de la calidad*. Mexico: Limusa.
- Flores, J. (2005). Manual de mapeo de cadena de valor. *Gestopolis*, 1.
- Hamind, N. (2002). *Administración de operaciones y producción*. Colombia: McGraw-Hill.
- Heinemann, K. (2003). *Introducción a la Teoría de la Investigación Empírica*. España: Paidotribo.
- Koskela, L. (1992). Application of the New Production Philosophy to Construction. *CIFE Technical Report*.
- Koskela, L. (2002). *An Exploration towards a Production Theory and its Application to Construction*. Espoo, Finland: Helsinki University of Technology.
- Lovelle, J. (2001). Use Value Stream Mapping to reveal the benefits of lean manufacturing. *IIE Solutions*, 27-33.
- Michel, G. (2002). *Lean Six Sigma: Combining Six Sigma Quality with Lean Speed*. New York: McGraw-Hill.
- Miranda, L. (2006). *Seis Sigma*. Mexico DF: Panorama.
- Pereira, R. (2008). *Guide to Lean Manufacturing*. USA: L.S.S. Academy.
- Porter, M. (1985). *Competitive Advantage: Creating and sustaining Superior Performance*. New York: Free Press.
- Reyes, P. (2002). Manufactura delgada y six sigma en empresas mexicanas. *Revista de Contaduría y Administración*, 53.
- Rother, M., & Shook, J. (1999). *Learning to see; Value Stream Mapping to create value and eliminate muda*. Brookline: Lean Enterprise Institute .
- Ruiz, P. (2007). *La gestión de Costos en Lean Manufacturing*. España: Netbiblio.

Sacristan, F. (2010). *Orden y Limpieza en el Puesto de Trabajo*. Madrid: Fundacion Confemental.

Shingo, S. (1987). *The Poka-Yoke System I*. Japan: Cambridge Massachsetts and Norwalk.

Suñé, A., Gil, F., & Arcusa, I. (2004). *Diseño de Sistemas Productivos*. Madrid: Díaz de Santos S.A.

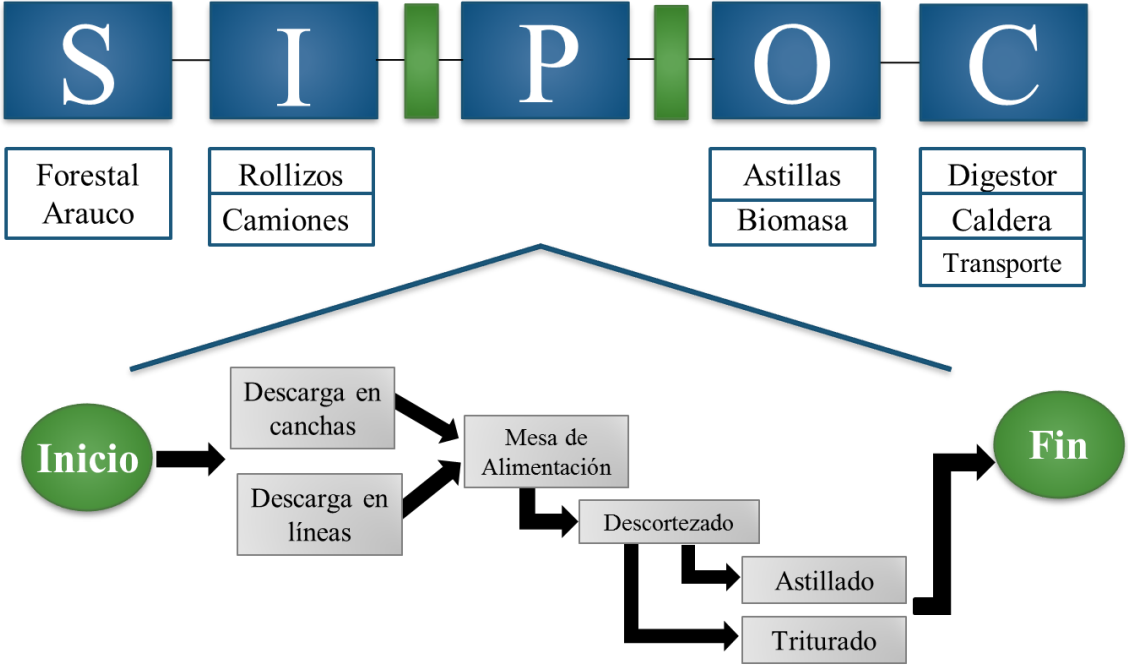
Trade Map. (2014).

Vendan, S., & K., S. (2010). Reduction of Wastages in Motor Manufacturing Industry. *JJMIE*, 579-590.




William, F. (2002). *Lean Manufacturing: Tools, techniques and how to use them*. New York: McGraw-Hill.

ANEXOS.

Anexo 1. Diagrama SIPOC de Área Prep. Madera.



Anexo 2. Tipos de Actividades en un Flujo de Valor.

	Actividades	Objetivo
<p>Generan valor al cliente</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Proceso de descortezado. - Proceso de astillado (para astillas). - Proceso de triturado (para biomasa). - Sistema de harneros. - Descargar de astillas y rollizos. 	 <p>MAXIMIZAR</p>
<p>No generan valor al cliente, pero son necesarias</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Inspecciones en proceso. - Mantenciones. - Limpiezas. - Laboratorio de Madera. 	 <p>MINIMIZAR</p>
<p>No generan valor al cliente, y no son necesarias</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Inventario. - Reprocesos de material. - Tiempos de espera. 	 <p>ELIMINAR</p>

Cuadro A2.1. Tipo de actividades en la cadena de valor.
Fuente: Elaboración propia.

Anexo 3. Clientes Área Preparación Madera.

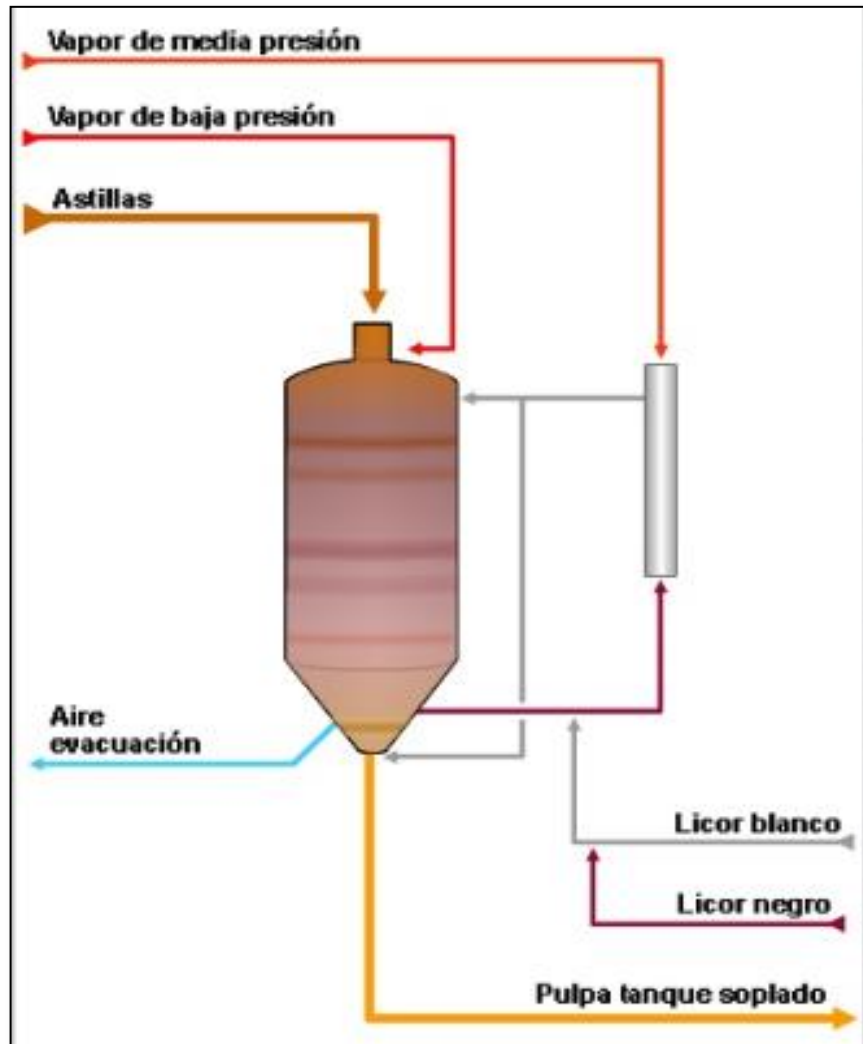


Figura A3.1. Digestor Línea de Eucalipto.

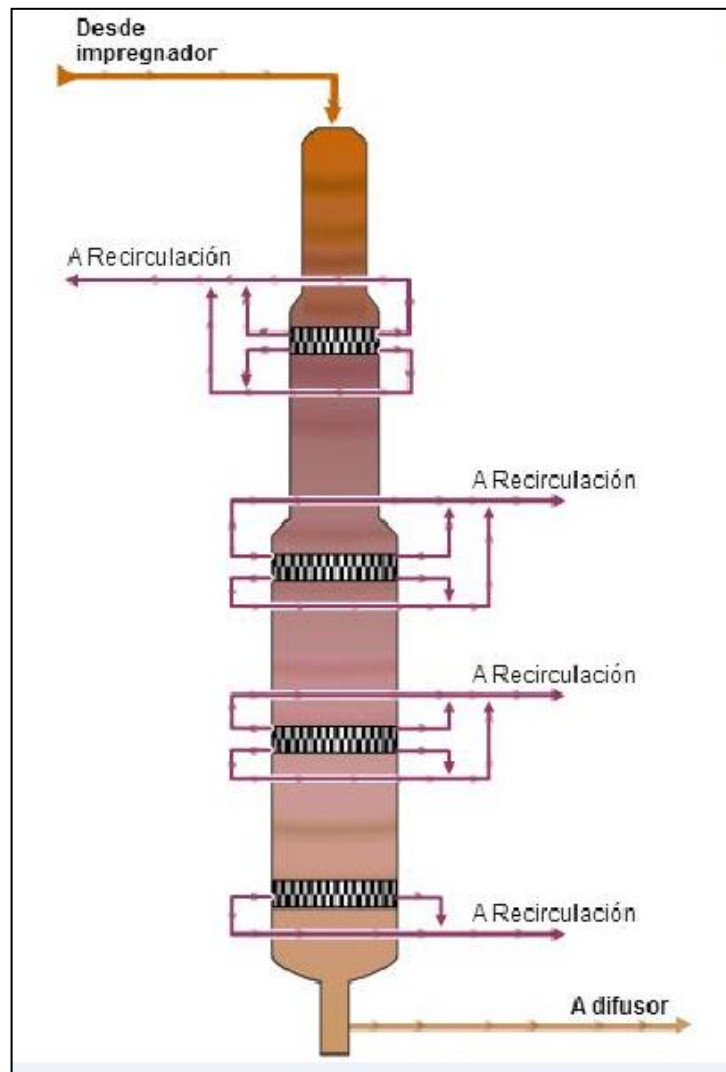


Figura A3.2. Digestor Línea de Pino.

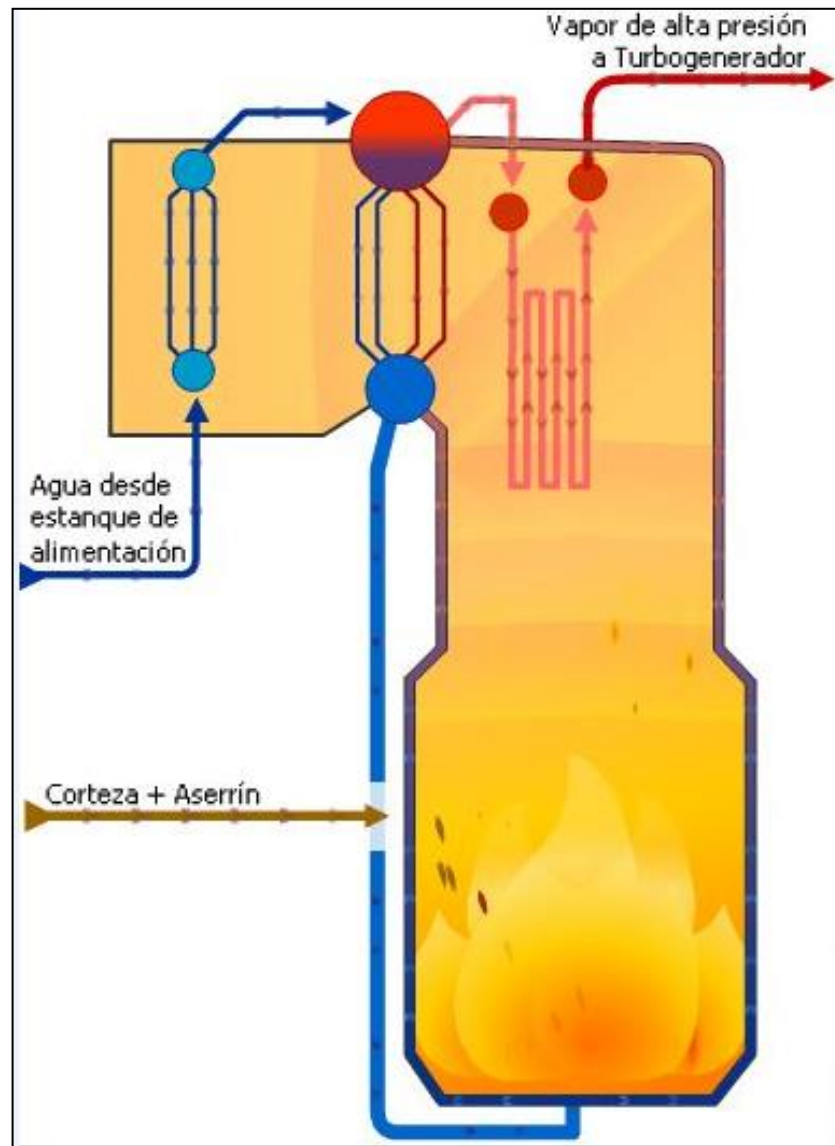
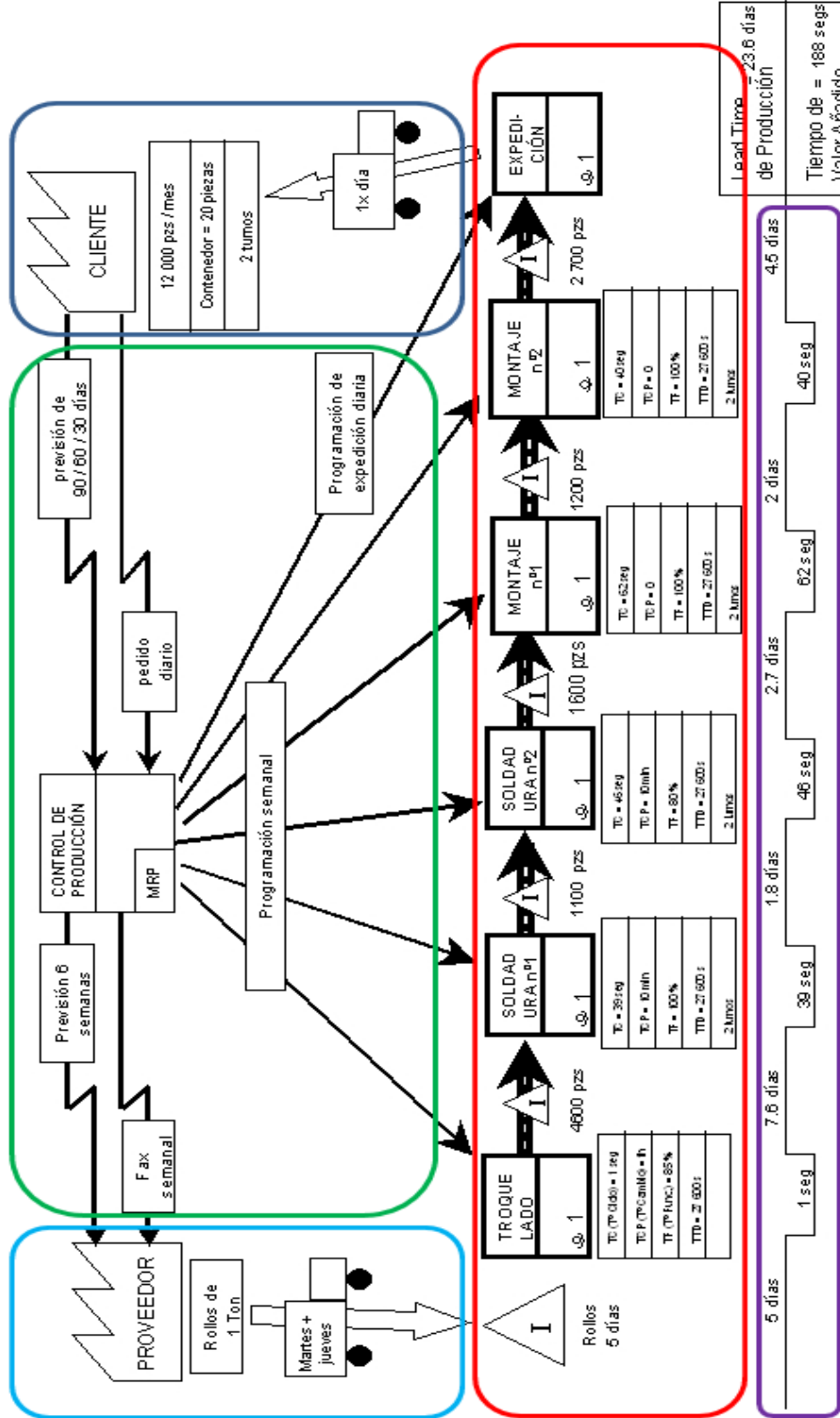


Figura A3.3. Caldera de Poder.

Anexo 4. Formato de mapa de la cadena de valor.



Anexo 5. Mapas de la cadena de valor.

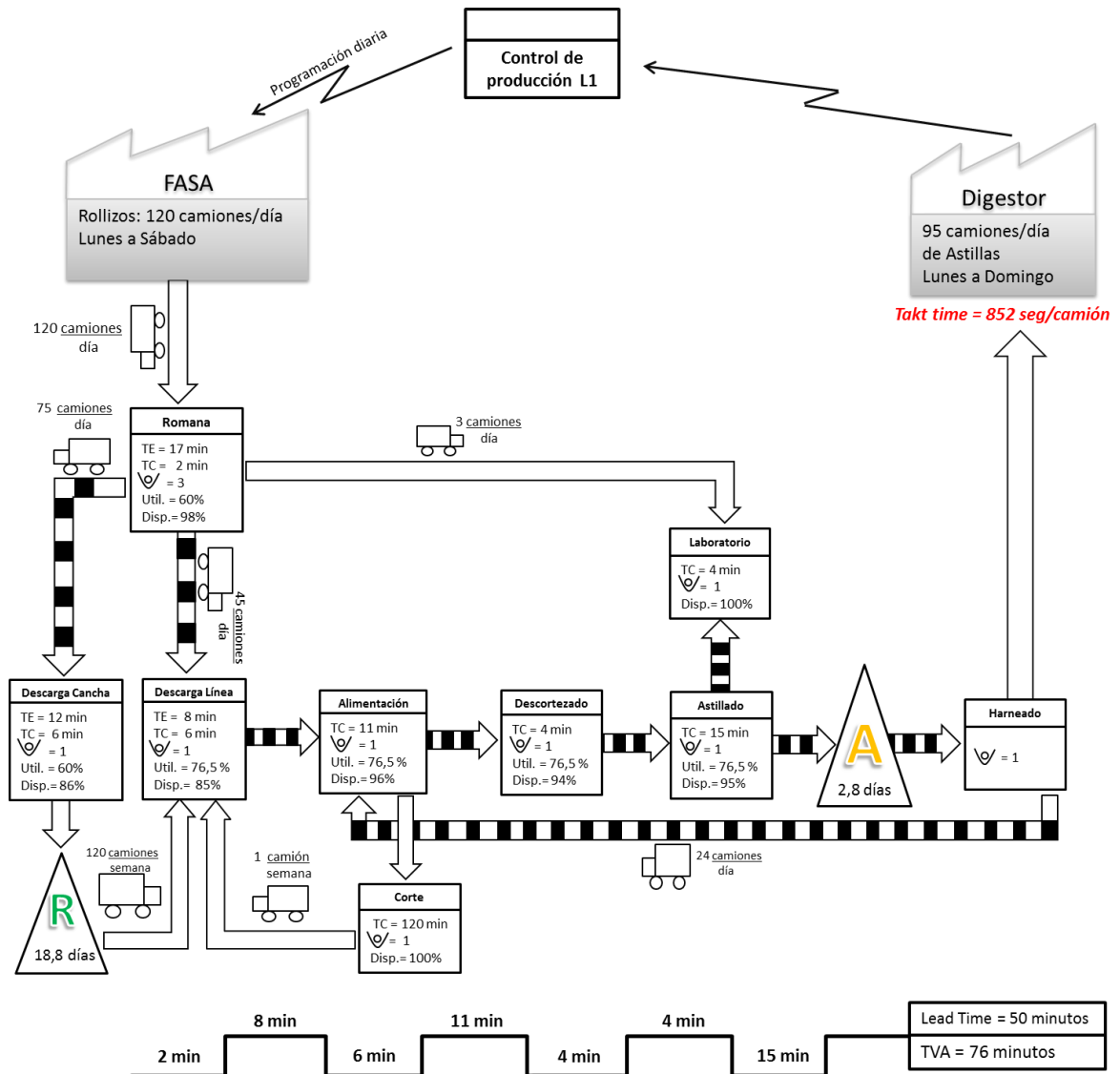


Figura A5.1. Mapa actual de la cadena de valor de Línea 1 para digestor.
Fuente: Elaboración propia.

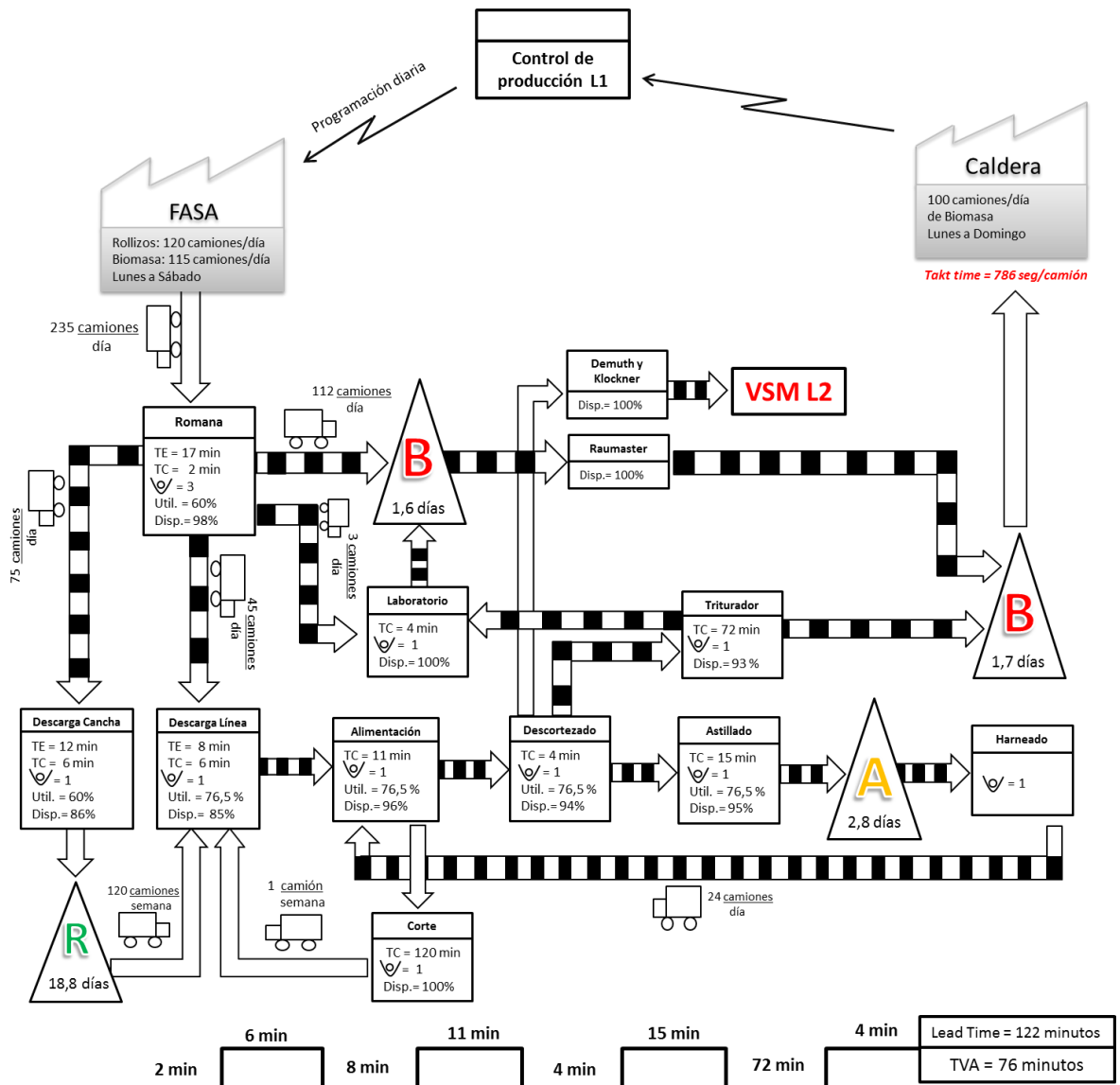


Figura A5.2. Mapa actual de la cadena de valor de Línea 1 para caldera.
 Fuente: Elaboración propia.

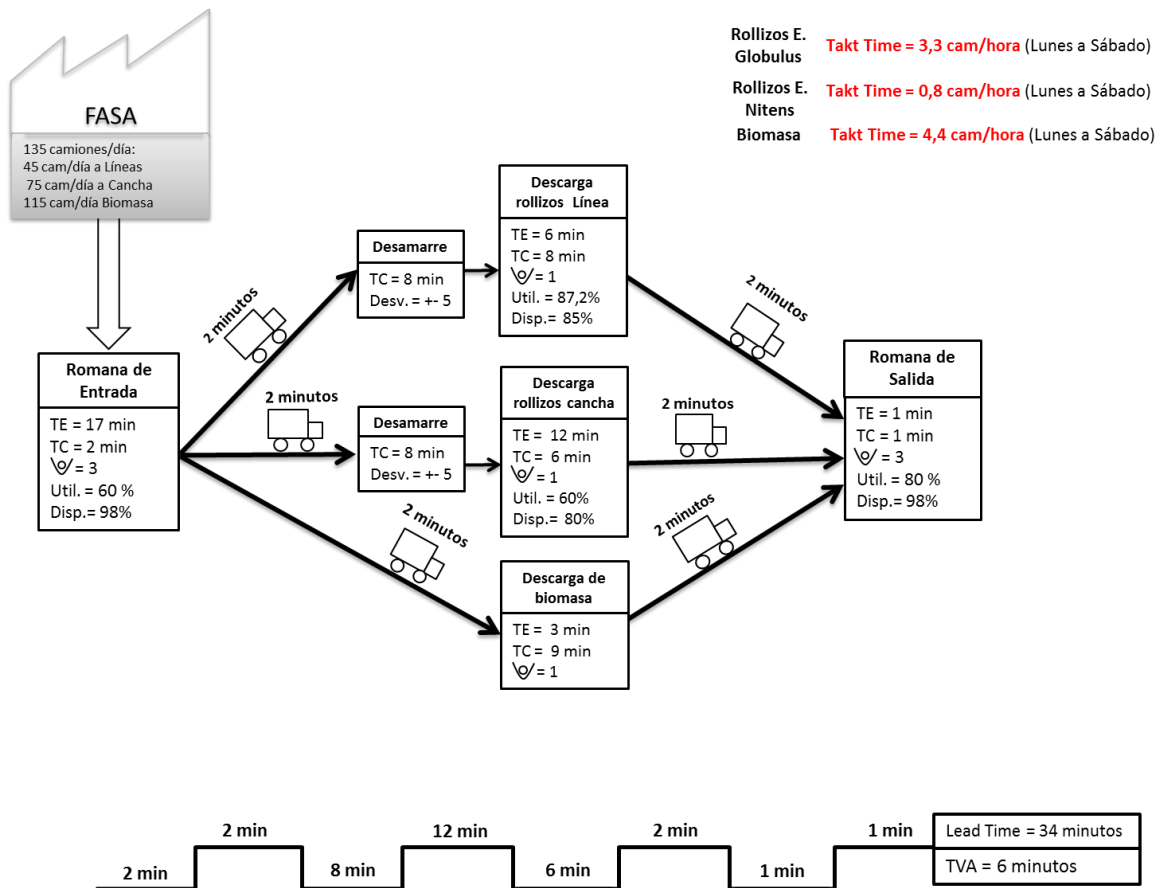


Figura A5.3. Mapa actual de la cadena de valor de Línea 1 para camiones.
Fuente: Elaboración propia.

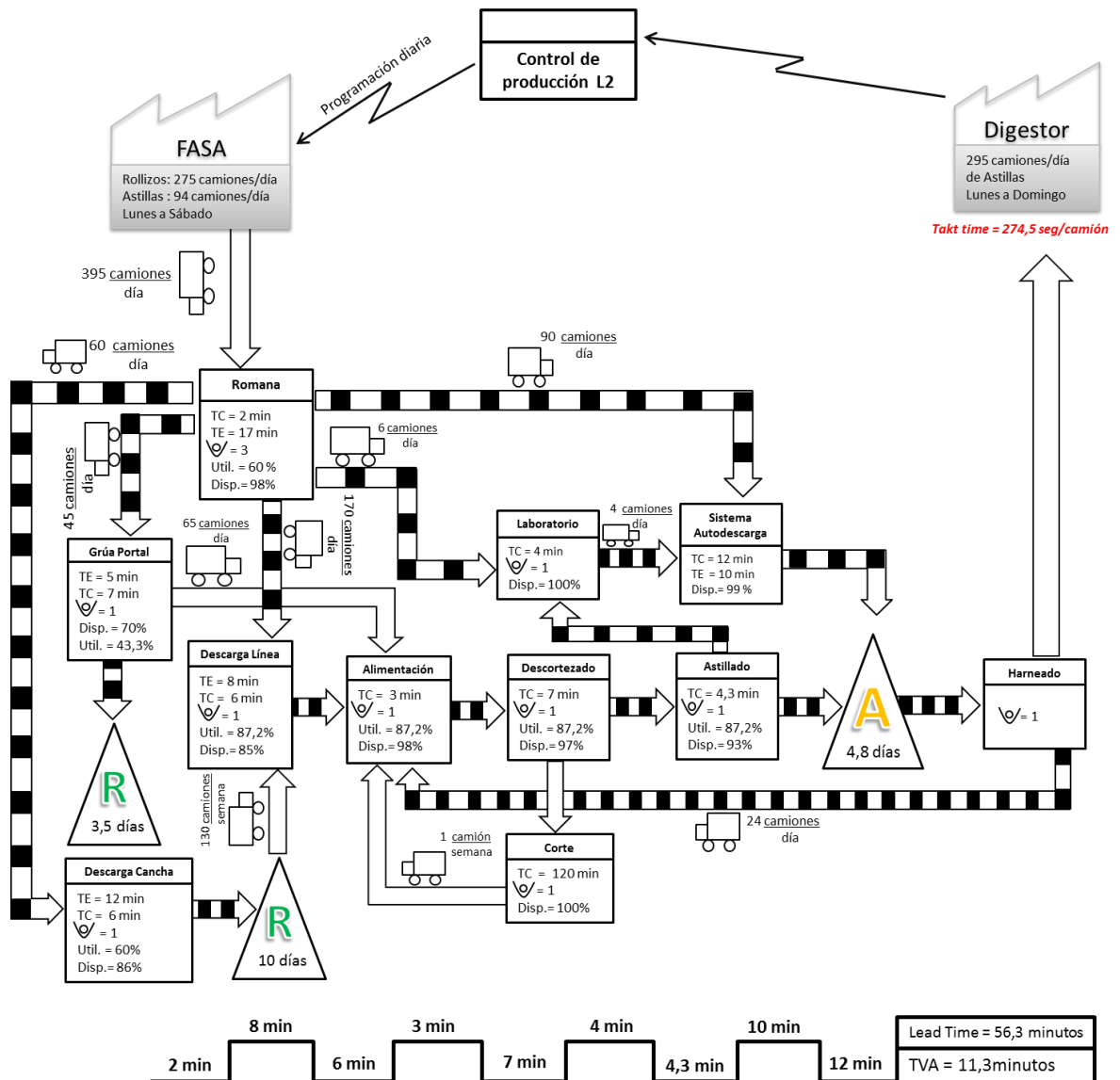


Figura A5.4. Mapa actual de la cadena de valor de Línea 2 para digestor.
Fuente: Elaboración propia.

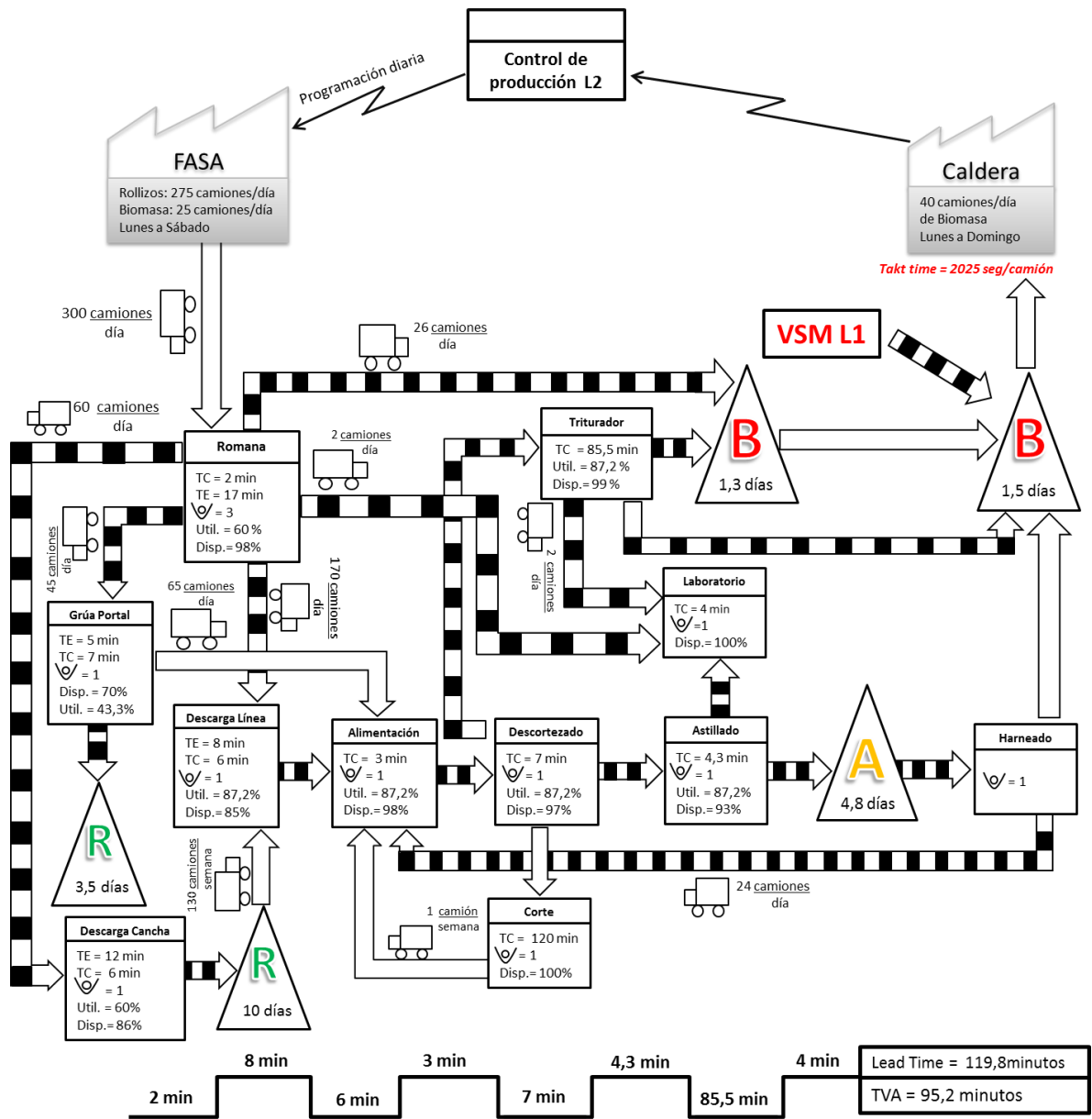


Figura A5.5. Mapa actual de la cadena de valor de Línea 2 para caldera.
Fuente: Elaboración propia.

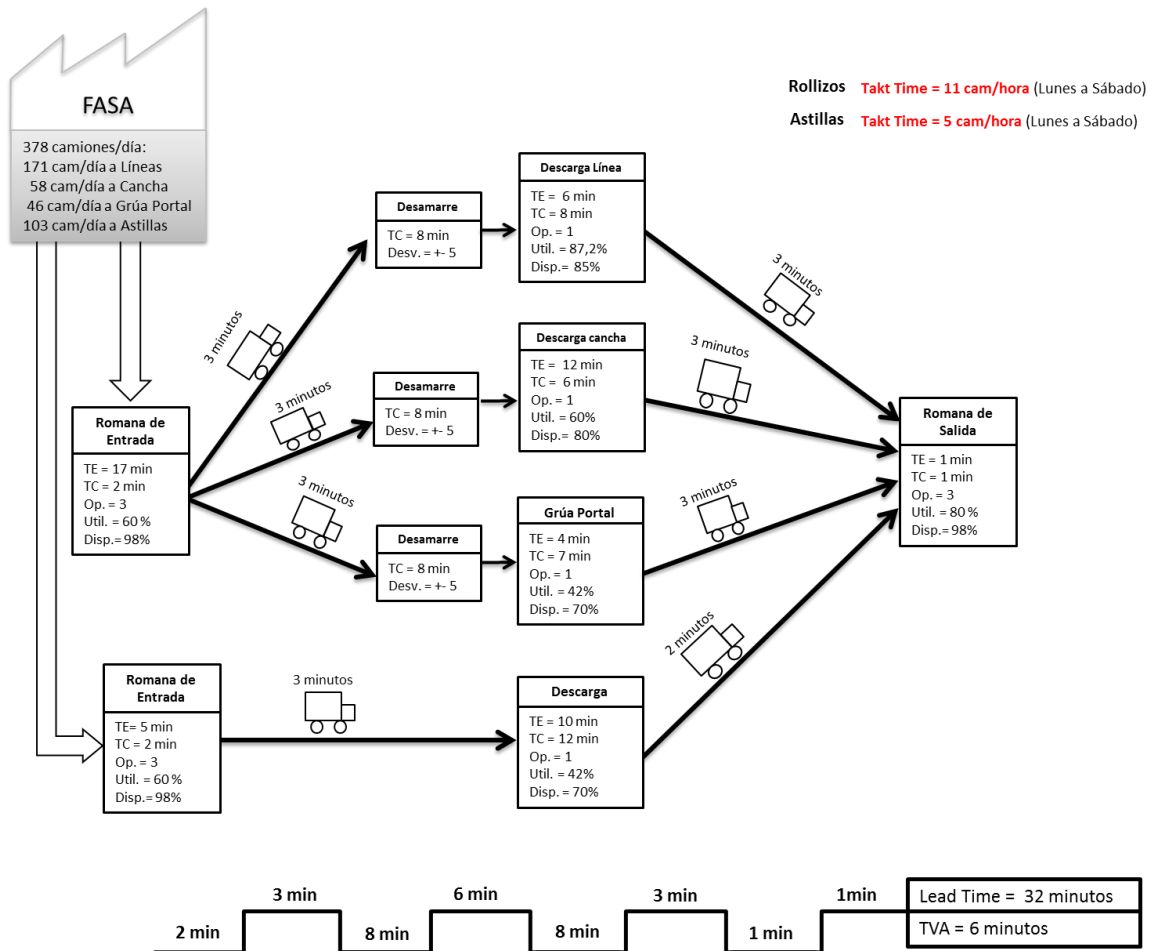


Figura A6.6. Mapa actual de la cadena de valor de Línea 2 para camiones.
 Fuente: Elaboración propia.

Anexo 6. Gráficos de ACVA vs ASVA para cada producto de cada Línea.

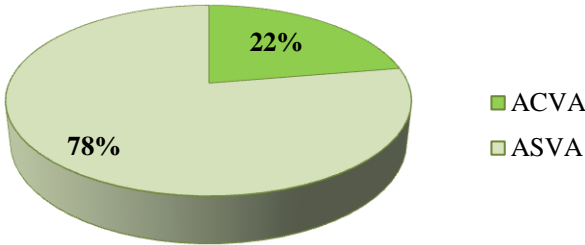


Gráfico A6.1. Actividades de Línea 1 para astillas.
Fuente: Elaboración propia.

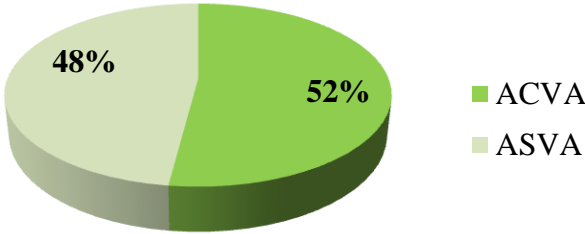


Gráfico A6.2. Actividades de Línea 1 para biomasa.
Fuente: Elaboración propia.

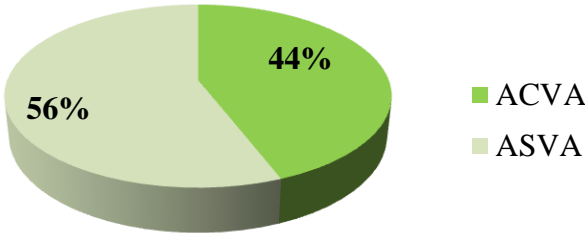


Gráfico A6.3. Actividades de Línea 1 para camiones.
Fuente: Elaboración propia.

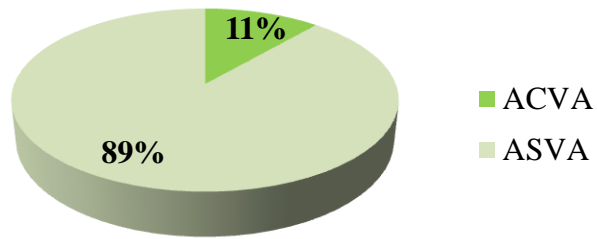


Gráfico A6.4. Actividades de Línea 2 para astillas.
Fuente: Elaboración propia.

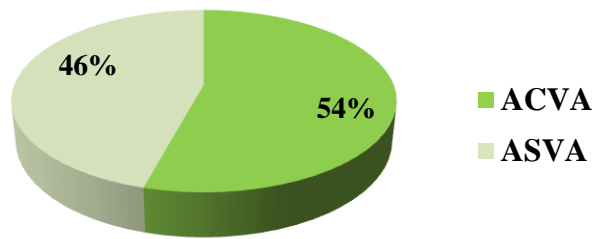


Gráfico A6.5. Actividades de Línea 2 para biomasa.
Fuente: Elaboración propia.

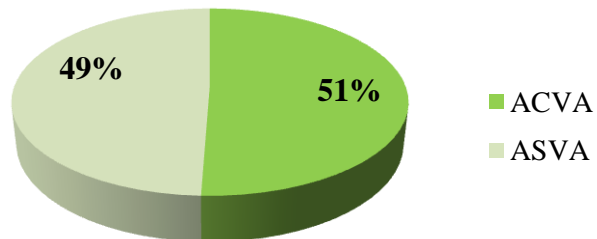
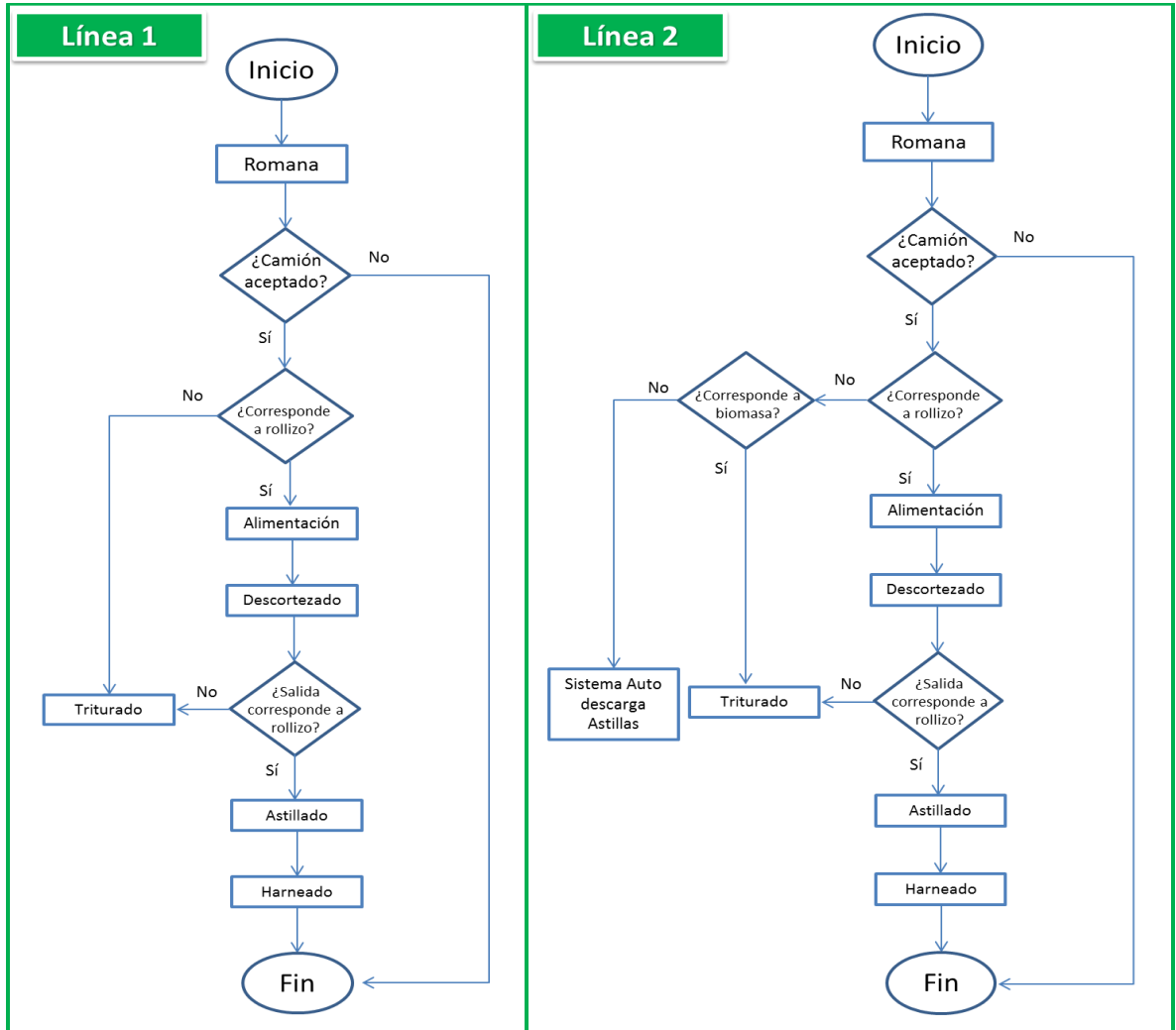


Gráfico A6.6. Actividades de Línea 2 para servicio de camiones.
Fuente: Elaboración propia.

Anexo 7. Diagramas de Flujo de Líneas 1 y 2.



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 8. Estudio de capacidades de Línea 1.

Tiempo disponible: **81000** **segundos**
 Demanda Digestor 1: 95 camiones
 Demanda Caldera 1: 105 camiones

Digestor Línea 1			
Operación	Tiempo ciclo (segundos)	Takt Time	Capacidad por día
Romana	120	852	675
Descarga en Línea	300	852	270
Descarga en Cancha	360	852	225
Alimentación	660	852	123
Descortezado	240	852	338
Corte de Rollizos	120	852	1
Astillado	900	852	90
Laboratorio	240	852	338

Caldera Línea 1			
Operación	Tiempo ciclo (segundos)	Takt Time	Capacidad por día
Romana	120	786	675
Descarga en Línea	300	786	270
Descarga en Cancha	360	786	225
Alimentación	660	786	123
Descortezado	240	786	338
Triturado	4320	786	19
Laboratorio	240	786	338

Anexo 9. Estudio de capacidades de Línea 2.

Tiempo disponible	81000	segundos
Demanda Digestor 2	295	camiones
Demanda Caldera 2	40	camiones

Digestor Línea 2			
Operación	Tiempo ciclo (segundos)	Takt Time	Capacidad por día
Romana	120	274,5	675
Descarga en Línea	300	274,5	270
Descarga en cancha	300	274,5	270
Grúa Portal	420	274,5	193
Alimentación	180	274,5	450
Descortezado	420	274,5	193
Corte de Rollizos	120	274,5	0,4
Astillado	276	274,5	367
Sist Auto. Astillas	156	274,5	519
Laboratorio	240	274,5	338

Caldera Línea 2			
Operación	Tiempo ciclo (segundos)	Takt Time	Capacidad por día
Romana	120	2025	675
Descarga en Línea	300	2025	270
Descarga en cancha	300	2025	270
Grúa Portal	420	2025	193
Alimentación	180	2025	450
Descortezado	420	2025	193
Triturado	5130	2025	16
Laboratorio	240	2025	338

Anexo 10. Mapas de la cadena de valor del estado futuro.

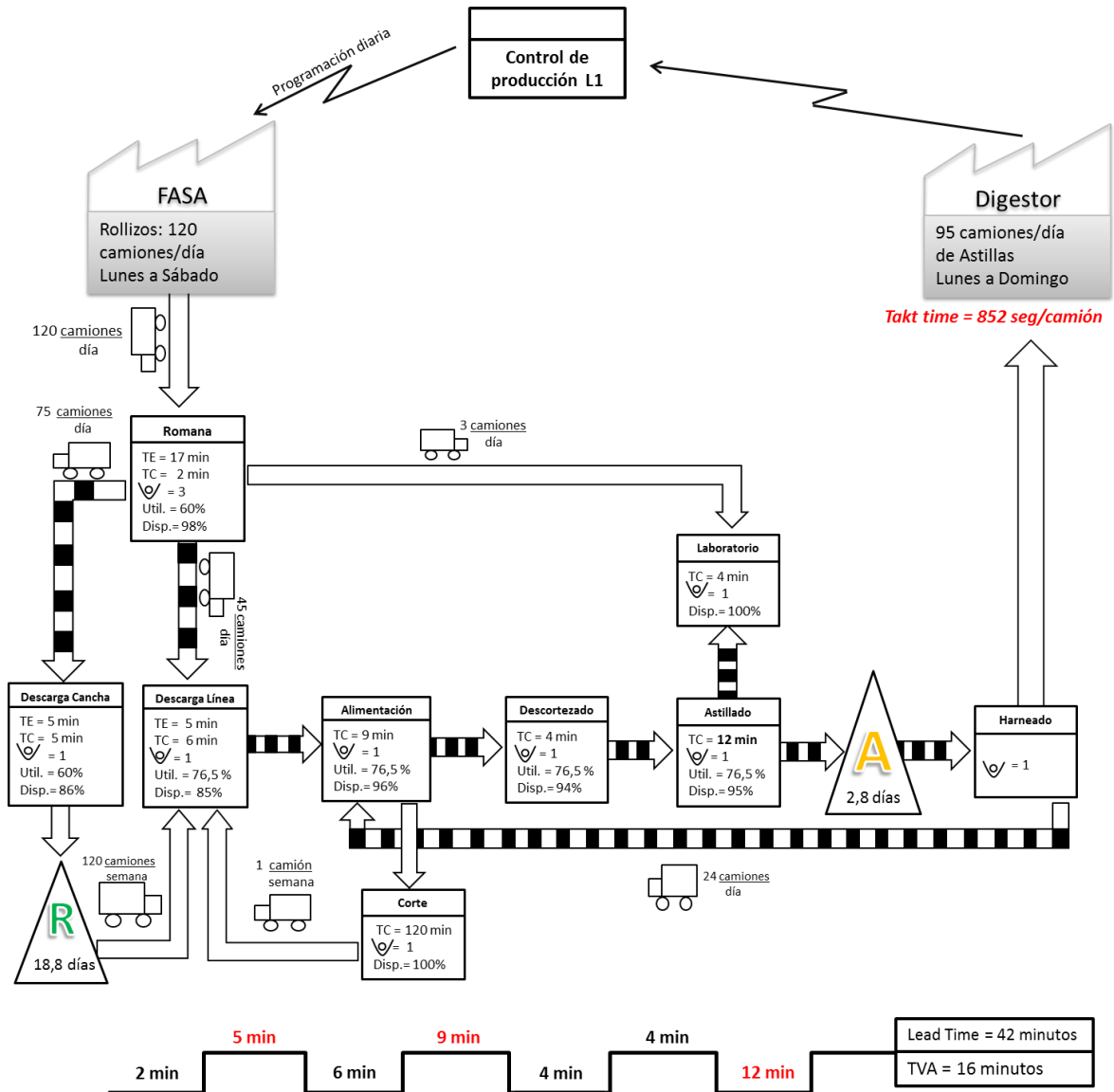


Figura A10.1. Mapa futuro de la cadena de valor de Línea 1 para digester.

Fuente: Elaboración propia.

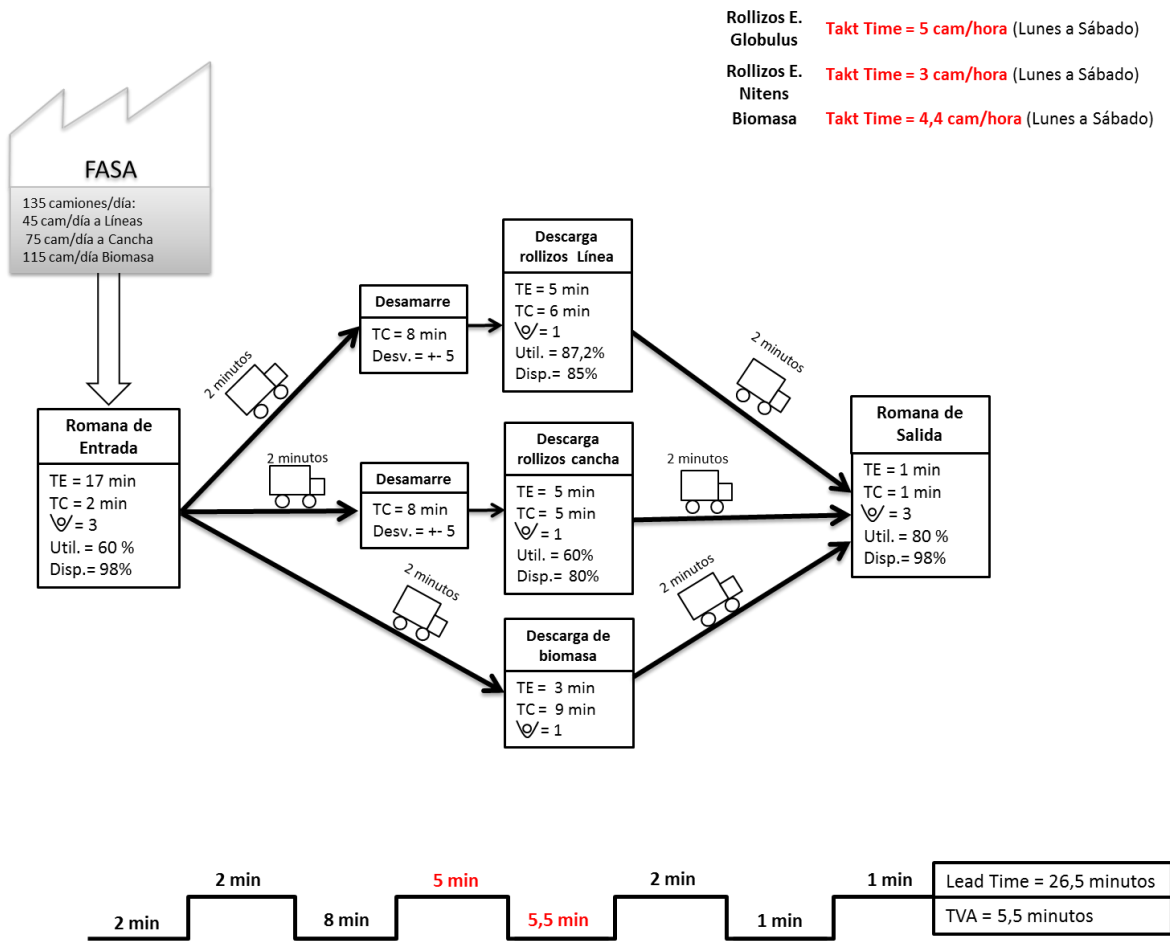


Figura A10.2. Mapa futuro de la cadena de valor de Línea 1 para camiones.
 Fuente: Elaboración propia.

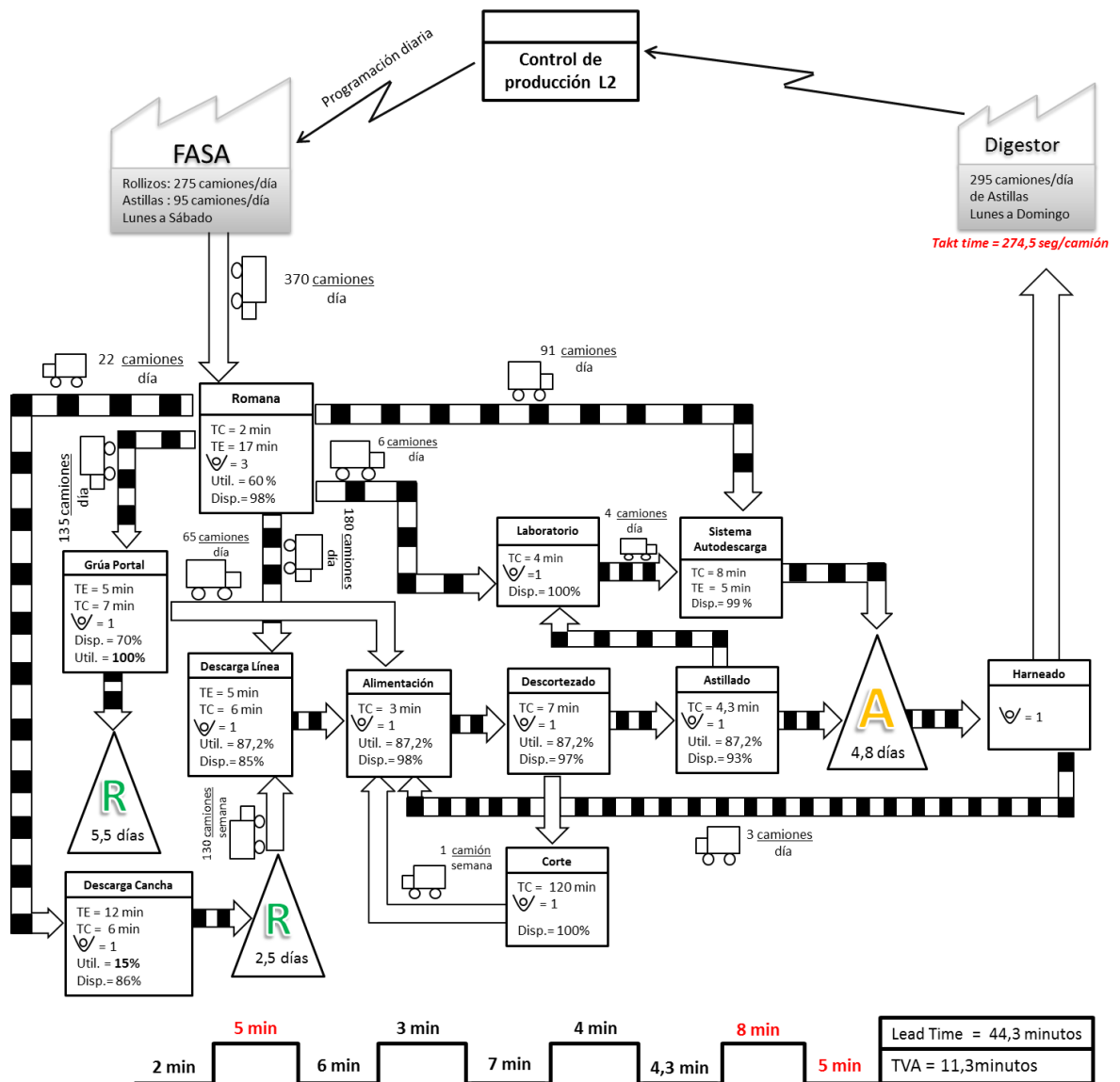


Figura A10.3. Mapa futuro de la cadena de valor de Línea 2 para digestor.
Fuente: Elaboración propia.

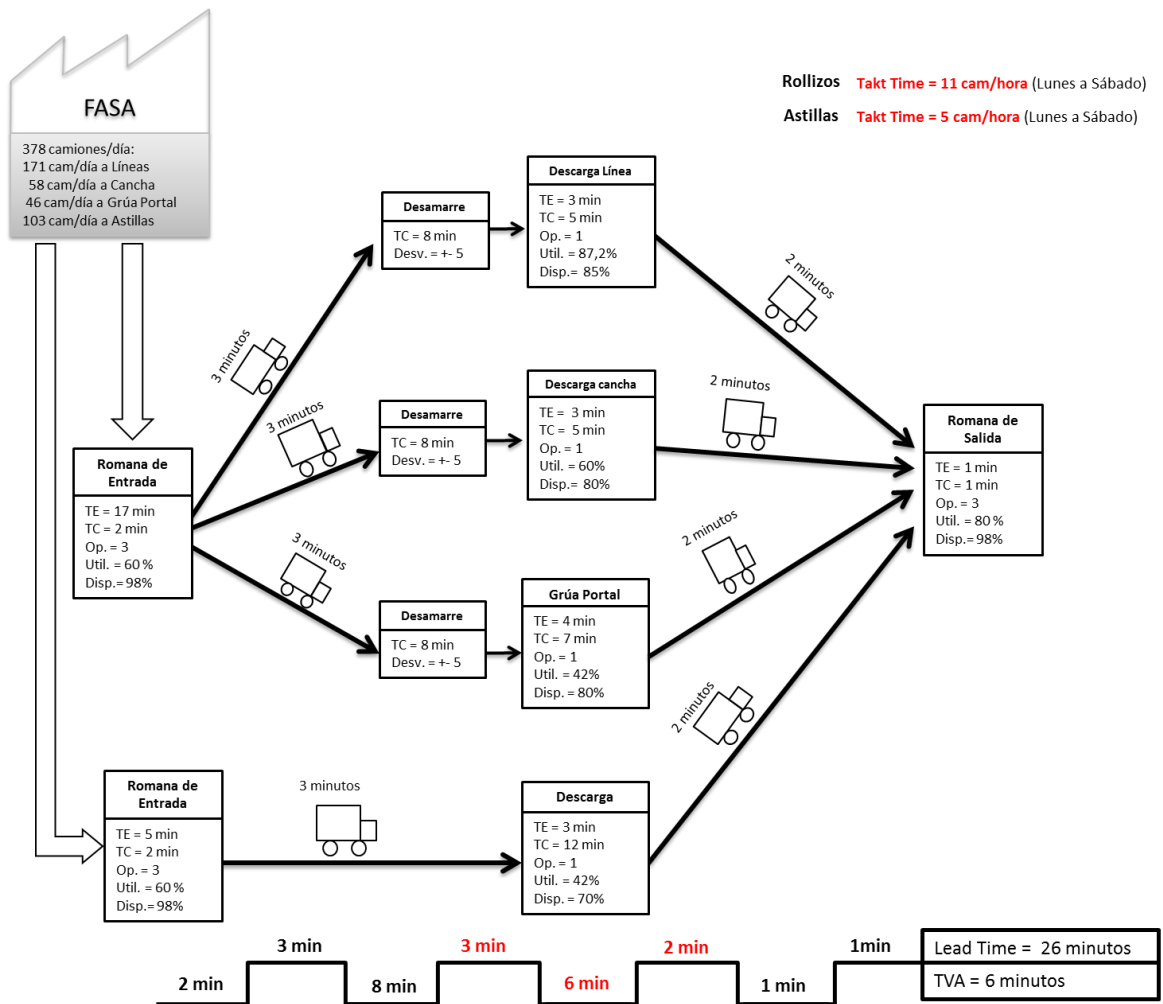


Figura A10.4. Mapa futuro de la cadena de valor de Línea 2 para camiones.
 Fuente: Elaboración propia.

Anexo 11. Balances de Líneas de la situación actual para cada cliente.

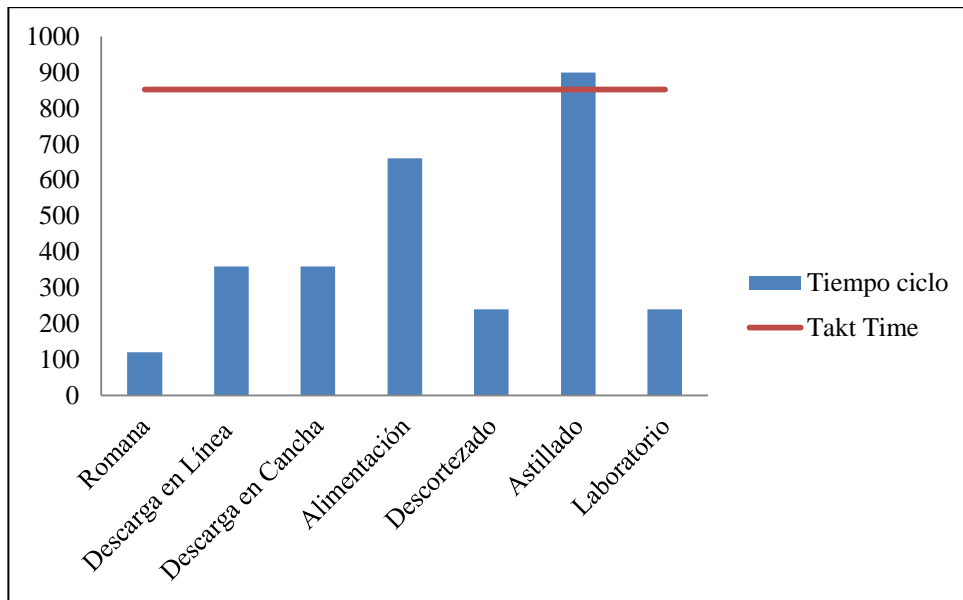


Grafico A11.1. Balance de Línea 1 para digestor.
Elaboración propia.

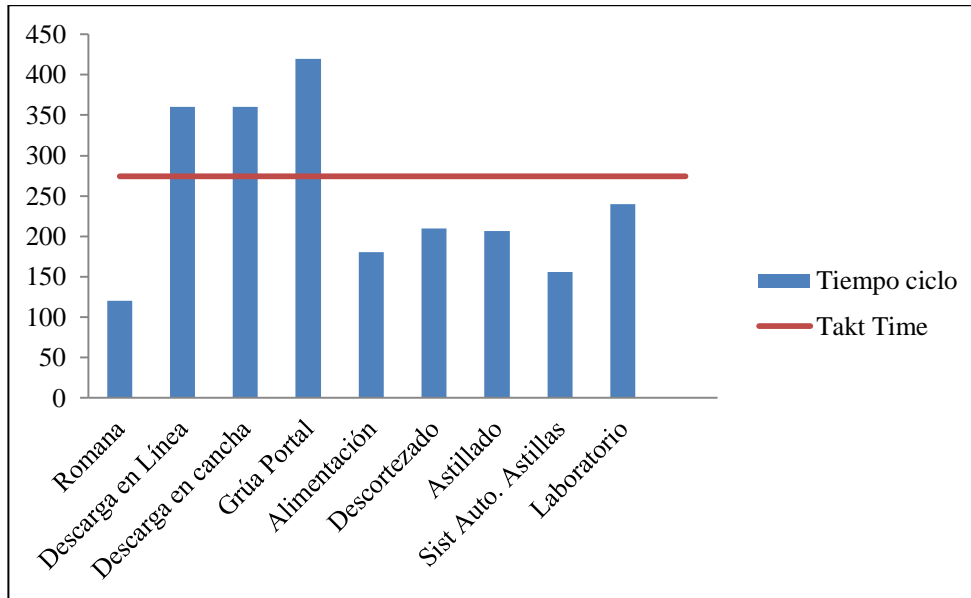


Grafico A11.2. Balance de Línea 2 para digestor.
Elaboración propia.

Anexo 12. Balances de Líneas de la situación futura para cada cliente.

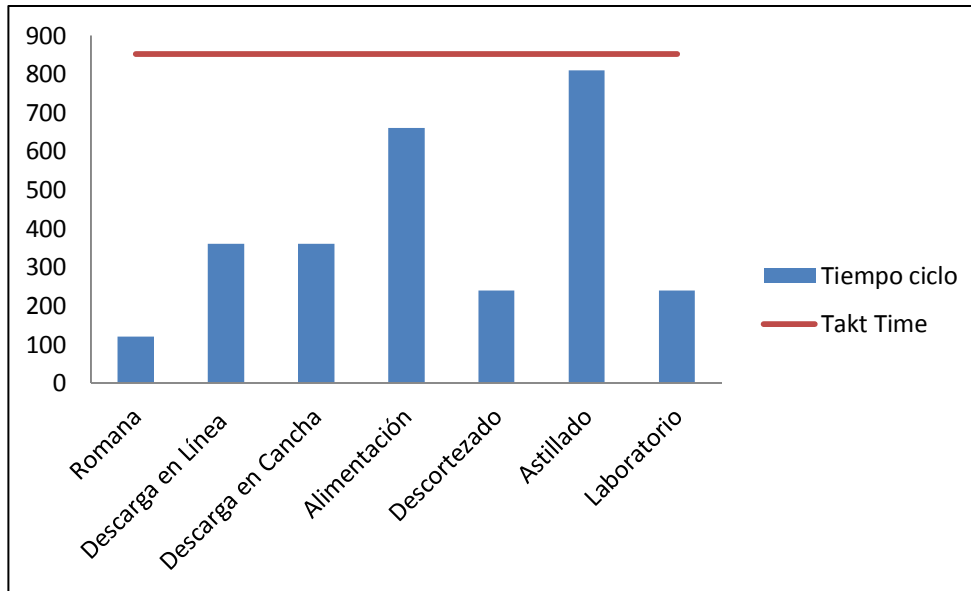


Grafico A12.1. Balance de Línea 1 para digestor.
Elaboración propia.

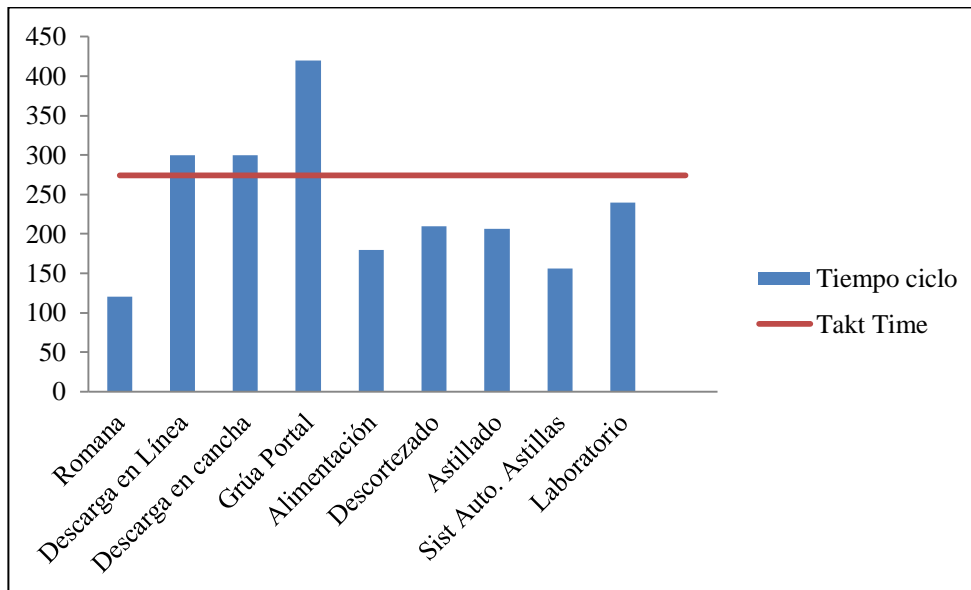


Grafico A12.2. Balance de Línea 2 para digestor.
Elaboración propia.

Anexo 13. Balances de capacidad vs utilización para la descarga de rollizos en Línea 2.

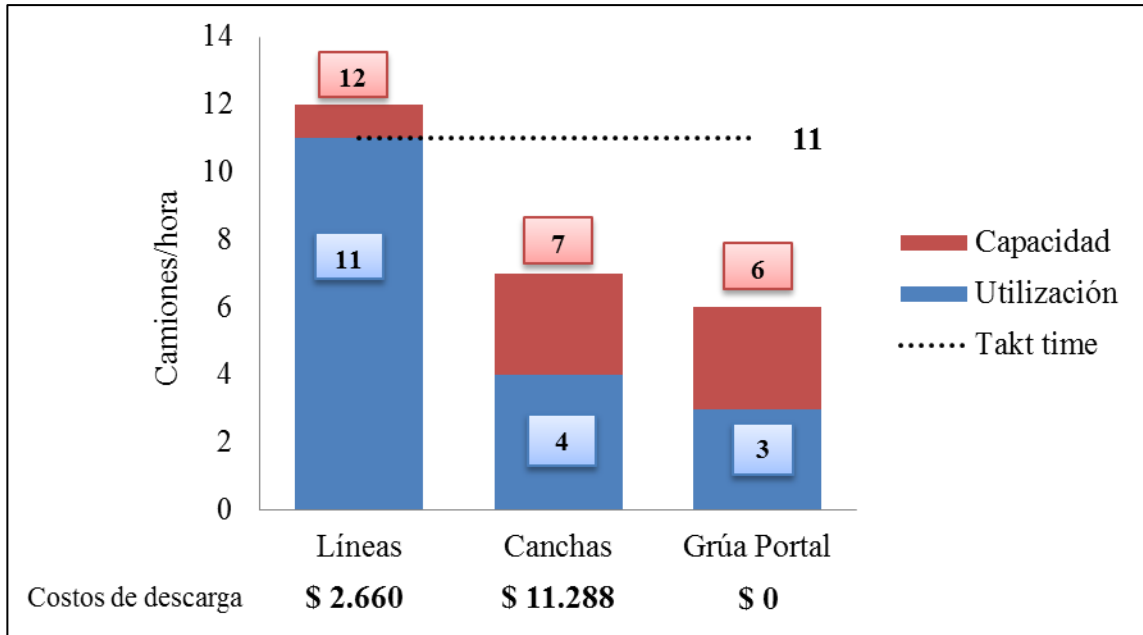


Gráfico A13.1. Capacidad vs Utilización situación inicial de descarga de rollizos, Línea de pino.
Fuente: Elaboración propia.

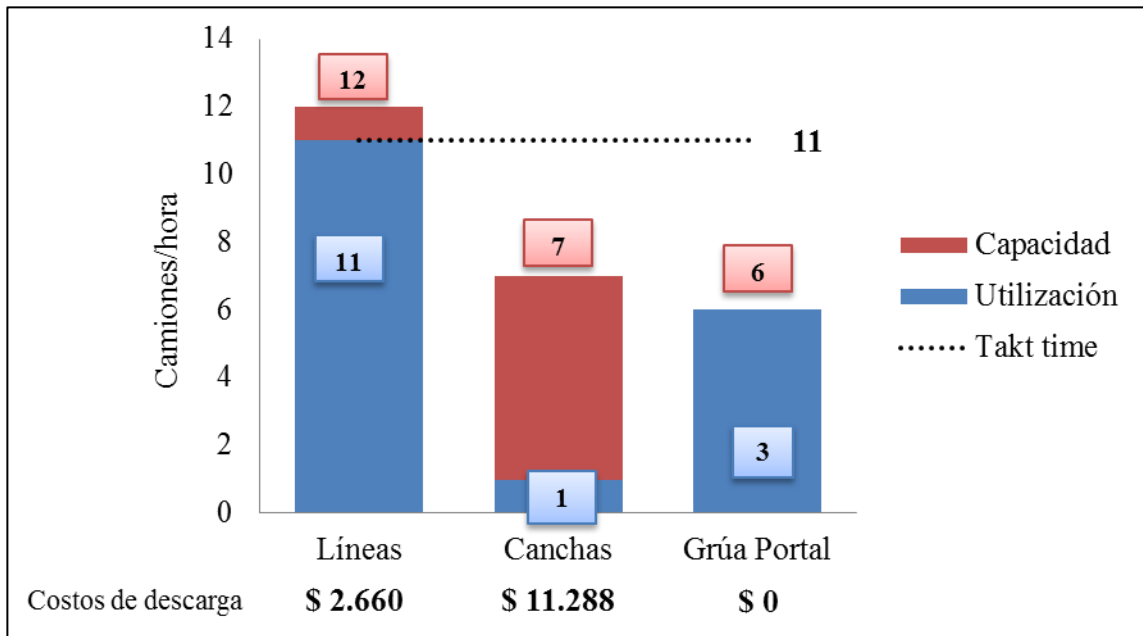


Gráfico A13.2. Capacidad vs Utilización situación futura de descarga de rollizos, Línea de pino.
Fuente: Elaboración propia.