

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por ser en mi vida fuente inagotable de fuerza y amor
A mis padres Sandra y Wladimir, pilares fundamentales en mi formación como persona
A mi familia y hermanos, por su compañía y por todos los momentos felices que hemos pasado
A mi amor Maria José Schuffeneger, por su entrega a nuestra relación y su apoyo
Al Sr. Luis Alberto Castro jefe del departamento de Ingeniería Industrial de la Compañía Siderúrgica
Huachipato S.A., por haberme dado la oportunidad para crecer como profesional y como persona
A todas las personas que me ofrecieron su amistad durante mi paso por la Compañía, en especial a
aquellos que me ayudaron a dar los primeros pasos en este proyecto Sr. Sergio Paredes Jefe de
Operaciones Tráfico y Muelle, Sr. Hugo Delgado Ingeniero Informático del departamento de Ingeniería
Industrial, Sr. Clemente Merino Ingeniero Civil Industrial del departamento de Ingeniería Industrial
A todos mis amigos con los cuales he compartido el verdadero sentido de la vida. En especial a Carla,
Eduardo y Andrés cuya amistad supera las barreras del tiempo y la distancia

RESUMEN

En los últimos años, la industria nacional del acero ha experimentado fuertes cambios. Dentro de este marco la Compañía Siderúrgica Huachipato S.A., ha debido enfrentar situaciones muy complejas, como la provocada por la importación de aceros de menor costo.

Después de superar estos difíciles momentos y con buenas proyecciones para los años venideros, se comienza una nueva etapa en la cual se realizarán fuertes inversiones con el fin de modernizar los procesos y estar mejor preparados para hacer frente a los posibles cambios que sufra la industria del acero. Dichas inversiones, se traducen finalmente en un aumento en la producción de acero, lo que provocará un desequilibrio en las áreas que no estén preparadas para cumplir con las nuevas exigencias de operación.

Es así como el departamento de Tráfico y Muelle, encargado del traslado de los productos y subproductos de la compañía, se interesa en conocer el comportamiento de las variables e indicadores involucrados en sus procesos ante los posibles cambios.

Para abordar el estudio, se propuso la confección de un modelo de simulación mediante el uso del software Flexsim. Cabe destacar, que el modelo no busca encontrar cuellos de botella, sino mas bien medir la calidad del servicio prestada por el sistema ante los diversos escenarios.

Para llevar a cabo su función, el departamento de Tráfico y muelle cuenta con 42 Km de vías férreas, 9 locomotoras y 153 carros. Los recursos ferroviarios se asignan a los diversos turnos con una dotación 5-6-6, esta configuración implica trabajar con 5 locomotoras en los primeros turnos y 6 en los segundos y terceros respectivamente.

Los indicadores de interés empleados para evaluar el desempeño del sistema son de tres tipos:

- Para medir el aprovechamiento de los recursos: Factor de Utilización.
- Para medir la calidad del servicio: Tiempos de Respuesta.
- Para medir la criticidad del servicio: DTR(Desempeño Tiempo Respuesta).

Al evaluar el desempeño del escenario actual (5-6-6), se aprecia una buena calidad del servicio, sin embargo, el aprovechamiento de los recursos no es adecuado, ya que los factores de utilización de las locomotoras fueron muy bajos.

Al comprender mejor como se comportan los indicadores ante diversos cambios, se propone la eliminación de una locomotora en los segundos y terceros turnos, para operar con una dotación 5-5-5. La eliminación de una locomotora conlleva un ahorro económico considerable, además de una operación más eficiente del sistema. Los efectos provocados por la mayor exigencia a la que quedan sometidas las máquinas, producen una pequeña merma en la calidad del servicio, la cual no es de consideración.

Luego de encontrar una configuración más eficiente para la operación del sistema, se plantea el análisis necesario para evaluar el total reemplazo del actual sistema ferroviario por un sistema rodoviario; suministrado por la empresa canadiense Paling. El sistema HTS (*Heavy Transporter System*), es simulado con el uso de dos HTS y una locomotora, la cual realizará los movimientos no reemplazables por la alternativa tecnológica (alrededor de un 40% del total de las actividades). Los resultados arrojados por el modelo confirman la factibilidad técnica de la alternativa tecnológica y el análisis costo-beneficio, entrega una primera visión acerca de la factibilidad de su implementación.

Es necesario destacar, que los equipos ferroviarios ya superaron su vida útil, por lo que el análisis de alguna alternativa de reemplazo como los HTS, es de suma importancia. Además de ser un sistema empleado por la mayoría de las siderúrgicas del mundo, el uso de esta tecnología, también otorga ciertos beneficios a los demás departamentos de la compañía, dentro de los cuales se tiene el ahorro en horas trabajadas por las grúas puente, recurso muy importante para los departamentos.

Como se puede observar, el estudio está estructurado a partir del escenario actual (5-6-6), con el que se reúnen los antecedentes necesarios para concluir que el sistema opera holgadamente, por lo que se propuso la eliminación de una locomotora. A su vez, se probó si el escenario propuesto (5-5-5), era capaz de absorber los efectos de un aumento en la producción. Finalmente, el estudio se centra en el análisis de una inversión mayor, mediante la cual se pasa de un sistema ferroviario a un sistema rodoviario.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1	9
GENERALIDADES	9
1.1 Origen de la idea.....	9
1.2 Justificación del tema	10
1.3 Objetivos del estudio	12
1.4 Alcances o ámbito del estudio	13
CAPÍTULO 2	14
ANTECEDENTES GENERALES DE LA EMPRESA	14
2.1 CAP S.A.	14
2.2 Compañía siderúrgica huachipato S.A.	15
2.2.1 Mercados en que participa la compañía.....	17
2.2.2 Productos.....	18
2.3 Proveedores y Clientes	19
2.4 Participación de mercado.....	20
2.5 Proceso siderúrgico	21
2.5.1 Preparación de materias primas	21
CAPÍTULO 3	31
ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	31
3.1 Departamento de tráfico y muelle	31
3.2 Visión del departamento.....	31
3.3 Misión del departamento	32

3.4	Análisis de la situación actual	32
3.4.1	Distorsiones en la operación del sistema	37
CAPÍTULO 4	38
ANÁLISIS PRELIMINAR	38
4.1	Estudio en terreno.....	38
4.2	Sistema de radio	40
4.2.1	Generación de pautas de registro para los coordinadores	42
4.2.2	Aplicación de cambios en el programa de registro	43
CAPÍTULO 5	45
CONCEPTOS DE SIMULACIÓN	45
5.1	Conceptos de simulación	45
5.2	Metodología para la simulación	46
5.2.1	Formular el problema y definir el estudio:.....	47
5.2.2	Tomar datos y construir un modelo conceptual	47
5.2.3	Verificación.....	47
5.2.4	Validación	48
5.2.5	Diseñar Experimentos	48
5.2.6	Análisis de Salidas	48
5.2.7	Documentar e implementar	48
5.3	Modelamiento.....	49
5.4	Simulación sistema ferroviario CSH S.A.	53
5.4.1	Layout	53

	7
5.4.2	Generadoras de pedidos54
5.4.3	Coordinador general.....55
5.4.4	Locomotoras.....60
5.4.5	Controlador central65
5.5	Vista en perspectiva del modelo.....69
5.6	Vista conexiones lógicas del modelo.....71
CAPÍTULO 672
ANÁLISIS DE DATOS DEL MODELO72
6.1	Análisis de datos de entrada72
6.2	Validación del modelo.....74
6.3	Calculo del número de replicas76
CAPÍTULO 777
RESULTADOS77
7.1	Resultados obtenidos77
7.2	Escenario actual.....79
7.3	Escenario Propuesto: Dotación 5-5-585
7.4	Escenario propuesto con aumento de Producción91
7.5	Análisis Comparativo97
7.6	Calidad del servicio entregado105

CAPÍTULO 8	107
ANÁLISIS DE LA ALTERNATIVA TECNOLÓGICA	107
8.1 Proyecto HTS (<i>Heavy Transporter System</i>)	107
8.2 Evaluación Costo-Beneficio de la alternativa tecnológica	109
CAPÍTULO 9	114
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	114
9.1 Conclusiones	114
9.2 Recomendaciones	115
CAPÍTULO 10	117
BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS.....	117
ANEXOS.....	119
Anexo A.....	119
Anexo B.....	120
Anexo C.....	121
Anexo D.....	130
Anexo E:	136
Anexo F:.....	142
Anexo G:	143
Anexo H:	147
Anexo I:.....	149
Anexo J:	152

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES

1.1 Origen de la idea

La Compañía Siderúrgica Huachipato S.A., constantemente enfrenta grandes desafíos, sin duda alguna la globalización y las fluctuaciones de la demanda por sus productos han impulsado a esta compañía ha estar constantemente revisando y modernizando sus procesos.

Dentro de este marco, el departamento de Tráfico y Muelle a cargo del Superintendente Sr. Reinaldo Venegas; solicita un estudio cuya finalidad es reflejar el actual nivel de operación de la unidad, dado que éste desempeño, está estrechamente relacionado con la calidad del servicio prestado a los clientes externos e internos de la compañía. El departamento en estudio, es el encargado de mover en forma interna, todos los subproductos a las distintas áreas dentro de las instalaciones y a su vez de cumplir con las entregas a sus principales clientes externos, como es el caso de Inchalam, Codelco Chile, Nestle Chile S.A., Sodimac, entre otros.

Con el fin de satisfacer las necesidades de sus clientes y aprovechar de mejor manera la utilización de sus recursos, la unidad de Tráfico y Muelle, busca a través del presente estudio, identificar los factores que no se adapten a dichos requerimientos.

Bajo esta premisa y gracias al desarrollo de poderosos software como Flexsim, el alumno plantea la posibilidad de confeccionar un modelo de simulación, que represente de la manera mas real posible la situación actual, con el fin de analizar a través de la información que éste entregue, los factores que afectan el buen funcionamiento del sistema.

Este estudio, es encargado al departamento de Ingeniería Industrial de CSH S.A. el cual es dirigido por el Sr. Luis Alberto Castro, quien designa a Don Ramón Pérez como Ingeniero guía del alumno en cuestión.

1.2 Justificación del tema

A raíz de los cambios en los niveles de producción (futuros) y cambios de Layout, es necesario conocer el sistema operativo ferroviario de la planta (equipo ferroviario) y el transporte de los productos y semiterminados en determinadas áreas, en nuestro caso desde colada continua hasta producto terminado (Laminación), para proyectarlo a situaciones futuras. Durante los años 1967 y 1969, la Compañía Siderúrgica Huachipato se vio enfrentada a una situación de sobre-demanda, donde la principal limitante para cumplir con los requerimientos del mercado, era la dotación de equipos y el correcto uso de estos para alcanzar las cifras requeridas. En esos años, la Compañía producía alrededor de 300.000 toneladas de acero líquido anual, cifra que gracias a cambios internos y a la modernización de algunos procesos, se había logrado alcanzar. Cabe señalar, que en sus inicios sólo se producían 180.000 toneladas anuales.

Para hacer frente a la nueva demanda de mercado, la cual ascendía a 1.000.000 de toneladas anuales, se solicitó un estudio a la firma inglesa Sigma, la cual aborda el caso a través de un modelo icónico, representando toda la compañía y sus movimientos. La confección de la maqueta tardó 2 años y luego los estudios posteriores duraron aproximadamente hasta los años 70-75, donde se planteaban situaciones al modelo y se hacían corridas en forma manual. Los datos recopilados y la información que era capaz de entregar el modelo, fueron de tal alcance que hasta el día de hoy se respetan algunos conceptos en el modo de operar de la Compañía. Por supuesto, el efecto inmediato, fue alcanzar la producción de 1.000.000 de toneladas anuales.

En la actualidad, la CSH es capaz de producir 1.200.000 toneladas anuales, pero la constante competencia y la sobre-demanda, han generado un clima muy similar al que se vivió en los años 67-69. Dado los alcances del estudio anterior, se analiza la posibilidad de simular la operación del sistema ferroviario, con el fin de conocer su actual funcionamiento, realizar ajustes y estudiar los posibles cambios necesarios para afrontar las futuras exigencias.

1.3 Objetivos del estudio

➤ **Objetivos generales**

- Evaluación de alternativas de tráfico para el departamento de Tráfico y Muelle de la Compañía Siderúrgica Huachipato S.A.

➤ **Objetivos específicos**

- Diagnóstico de la situación actual a través de un modelo de simulación, el cual a su vez, deberá permitir la representación de posibles escenarios.
- Análisis de capacidades del departamento de Tráfico y Muelle vía simulación con el software Flexsim.
- Análisis de alternativas Tecnológicas.
- Evaluación Costo-Beneficio de alternativas.

1.4 Alcances o ámbito del estudio

- El estudio, se llevará a cabo en las instalaciones de la Compañía Siderúrgica Huachipato, ubicada en la comuna de Talcahuano.
- El tema será dirigido, por el profesor patrocinante del Departamento de Ingeniería Industrial Sr. Iván Santelices y controlado en la empresa por el Ingeniero Sr. Ramón Pérez.
- La simulación, abarcará el traslado de todos los productos y subproductos al interior de la Compañía, excluyendo el movimiento de los carros torpedos que son parte de otro estudio.
- También se simulará la operación del sistema con la alternativa tecnológica *HTS (Heavy Transporter System)*, equipo suministrado por la empresa canadiense Paling.
- El programa a utilizar, será el software Flexsim. Se requerirá, que el modelo, de respuesta a los posibles problemas que se esperan debido a las condiciones del medio y a factores internos en la compañía.

CAPÍTULO 2

ANTECEDENTES GENERALES DE LA EMPRESA

2.1 CAP S.A.

CAP S.A. actúa como holding y tiene la administración de las siguientes filiales¹:

Accionista	Acciones	Propiedad %
• Invercap S.A.	46.803.257	31,32%
• AFP Provida S.A.	10.460.696	7,00%
• AFP Habitat S.A.	8.482.067	5,68%
• Mitsubishi Corporation	7.787.014	5,21%
• Inversiones Rand Ltda.	5.602.716	3,75%
• AFP Cuprum S.A.	4.394.693	2,94%
• Cía. Explotadora de Minas S.C.M.	3.795.224	2,54%
• AFP Santa María S.A.	3.711.429	2,48%
• Fundación CAP	3.243.581	2,17%
• Penta Corredores de Bolsa S.A.	3.107.053	2,08%
• Inversiones Aegis Chile Ltda.	2.992.199	2,00%
• AFP Summa Bansander S.A.	2.974.769	1,99%

El total de accionistas de CAP S.A. al 31.12.2004 fue de 5.851

Tabla 2.1: Filiales administradas por CAP S.A.

Del cuadro se concluye que Invercap S.A. tiene la calidad de controlador de CAP S.A., de acuerdo con la definición dada en el Título XV de la Ley N° 18.045. A su vez, Invercap S.A., según esta definición carece de controlador y, además, ninguno de sus accionistas personas naturales tiene una participación accionaria en ella superior al 0,455%. Invercap S.A. no tiene acuerdo de actuación conjunta.

¹ CAP S.A. [en línea] <http://www.cap.cl/esp_grupocap/propiedad.htm> [consulta: 04 enero 2004]

2.2 Compañía siderúrgica huachipato S.A.

La industria está ubicada en la avenida Gran Bretaña 2910. Situada en la Bahía de San Vicente, 14 Km al noroeste de la ciudad de Concepción, capital de la Octava Región, Chile. Desde su inauguración, la Compañía Siderúrgica Huachipato ha podido responder a los elevados requerimientos crecientes del mercado Nacional. Para ello la planta ha sido objeto de continuos planes de expansión y modernización, que han incrementado su capacidad de producción de 180.000 a 1.200.000 toneladas anuales de acero líquido.

Huachipato es una "siderúrgica integrada", esto quiere decir que a partir de minerales de hierro fabrica acero laminado, para utilización directa o para transformaciones posteriores. La diversidad de productos obtenidos en Huachipato son logrados después de un largo y complejo proceso industrial con tecnología avanzada que lo hace único en Chile².

Dentro de la Compañía, existen diversos departamentos que interactúan entre sí con el fin de realizar todos los procesos internos necesarios para la producción de acero. Para visualizar mejor la estructura organizacional de la Compañía, se presenta la figura 2.1.

² Compañía Siderúrgica Huachipato S.A.[en línea] <<http://www.huachipato.cl/empresa.htm>> [consulta: 10 noviembre 2004]

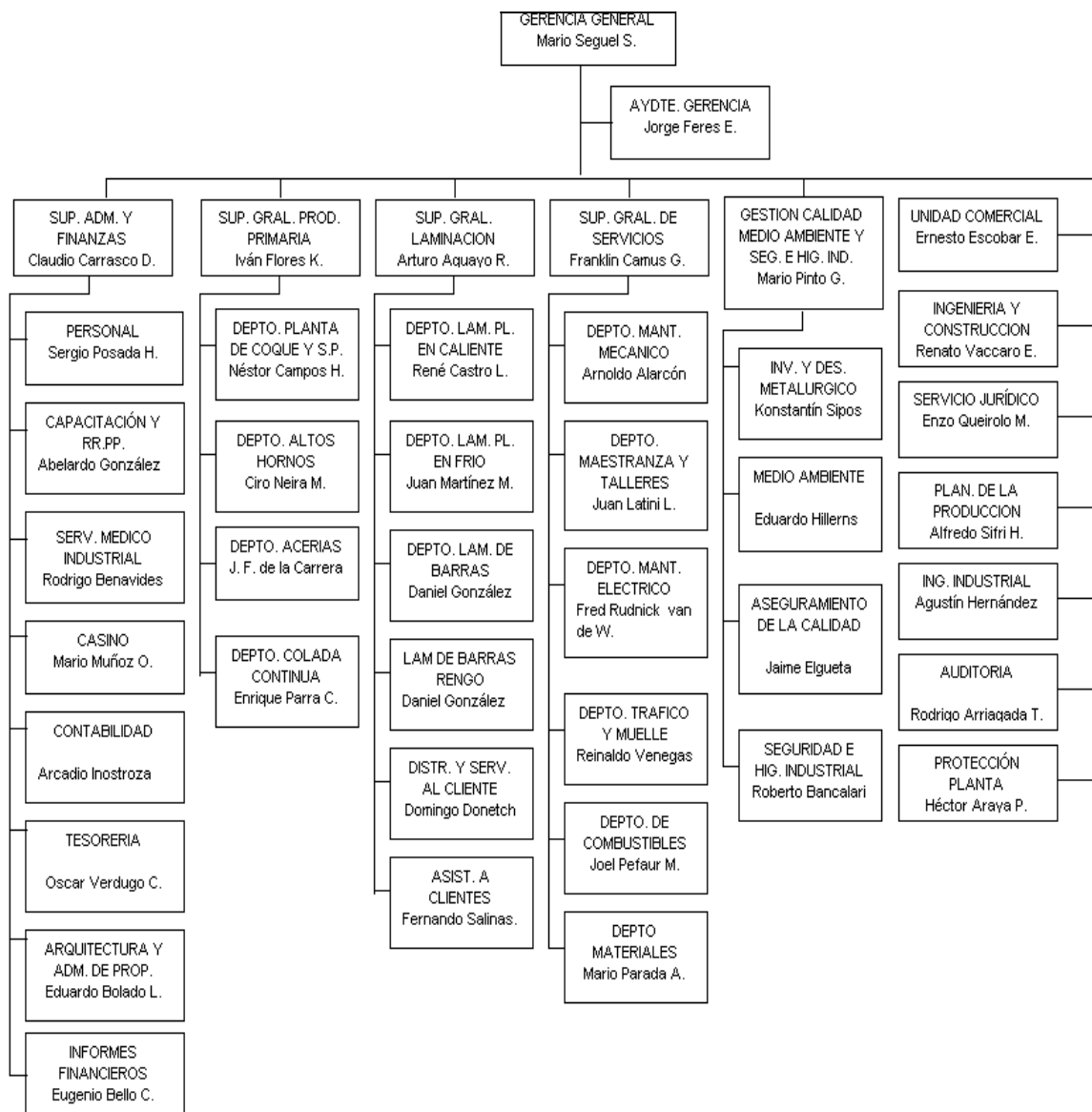


Figura 2.1: Cuadro de la Organización.

Fuente: Página Intranet, CSH S.A. Actualizado Enero del 2004.

Dentro del Cuadro de la Organización, se observa el Departamento de Tráfico y Muelle, quien solicita el presente estudio.

2.2.1 Mercados en que participa la compañía

La compañía, participa en la industria del acero abasteciendo casi en su totalidad el mercado nacional, compitiendo con los precios de los aceros importados, dejando un pequeño porcentaje al mercado internacional.

Sector Industria Metalúrgica: Consumo de alambrón, rollos y planchas laminadas en caliente y en frío y planchas gruesas, con una participación de los despachos de la Compañía de alrededor de un 56%.

Sector Minero: Consumo de barras rectas gruesas y planchas gruesas, con una participación del 11% de los despachos.

Sector Edificación y Obras: Consumo de planchas y rollos zincalum, barras para hormigón y tubos, absorbiendo un 25% de los despachos.

Sector Conservas y Envases: Consumo de hojalata, con una participación del 6% de los despachos.

Por otra parte, la Compañía abastece otros mercados nacionales consumidores de subproductos, como lo son los de la caliza, escoria, coque, coquecillo y cal.

El mercado externo demanda productos tales como: barras, planchas gruesas, planchas y rollos laminados en caliente, rollos laminados en frío, planchas de zincalum y hojalata, a destinos como, Argentina, Bolivia, Ecuador, México, Estados Unidos y Uruguay.

2.2.2 Productos³

➤ **Semiterminados**

- Planchones de colada continua.
- Palanquilla de colada continua.

➤ **Barras**

- Alambrón.
- Barras para molienda.
- Barras para hormigón en rollos.
- Barras para hormigón rectas.
- Barras varias en rollo.
- Barras varias rectas.

➤ **Planos**

- Planchas gruesas.
- Planchas delgadas y Rollos laminadas en caliente.
- Planchas delgadas y Rollos laminadas en frío.
- Planchas de zincalum.
- Hojalata Electrolítica.

➤ **Tubulares**

- Tubos soldados por arco sumergido.

➤ **Sub-productos**

- Caliza y Cal.

³ Compañía Siderúrgica Huachipato S.A. [en línea] <intranet CSH S.A.> [consulta: 10 noviembre 2004]

2.3 Proveedores y Clientes⁴

Proveedores:

Los proveedores de los principales insumos y suministros de la compañía son los siguientes:

Manganesos Atacama S.A.; Harbison Walker Chile; ENDESA; PETROX; Compañía Minera del Pacífico S.A.; BHP Coal (Australia); Fording Coal (Canadá); Luskar Ltd. (Canadá); Consol (Canadá); Aluminios Argentinos S.A.I.C.; y ACOS VILLARES S.A (Brasil); Paranapanema International (Brasil); Veitsch Todex Aidier (Austria) e INNERGY (Gas natural).

Clientes:

Huachipato vende sus productos a procesadores e industrias; empresas de construcción, distribuidores de acero, fabricas de envases metálicos para conservas y agroindustrias, trefiladores, fabrica de bolas para molienda de minerales, fabrica de cañerías y perfiles, maestranza y minería de cobre. Además efectúa exportaciones a países europeos, asiáticos, centroamericanos y sudamericanos.

Los principales clientes nacionales se enuncian en el Anexo A.

⁴ CSH S.A. 2004. Memoria CSH S.A. Talcahuano, Chile.

2.4 Participación de mercado

Segmento del mercado:

- Relaciones de más de 20 años con los 9 clientes principales. Ninguno representa más del 8% de las ventas.
- Diversificada mezcla de productos minimiza la exposición a los distintos segmentos de la economía chilena.

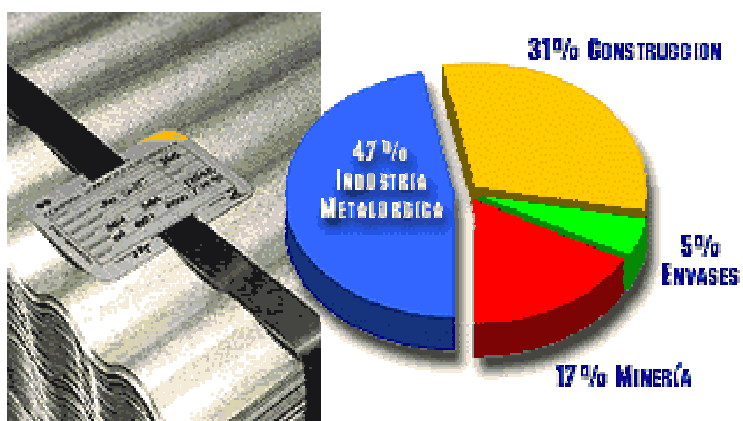


Figura 2.2: Clientes Mercado Interno.

Fuente: www.cap.cl

2.5 Proceso siderúrgico

2.5.1 Preparación de materias primas

A Materias primas:

Esta etapa incluye la descarga, clasificación, pesaje y almacenamiento de las materias primas necesarias para la fabricación del acero, que básicamente son mineral de hierro, carbón mineral y caliza.

A.I **Carbón:** Que se convierte en Coque, se importa desde países como Australia, Canadá y Estados Unidos.

A.II **Mineral de Hierro:** Pellets desde Huasco y Los Colorados (III Región) y Granzas producidos en Mina El Romeral (IV Región)

A.III **Caliza:** Esta materia prima se extrae desde Isla Guarello, cuya planta de procesamiento tiene una capacidad de producción de 650.000 ton/año, de las cuales 320.000 se venden a terceros y 330.000 son para el proceso de CSH.

B Planta de coque y sub-productos:

La mezcla de carbones metalúrgicos, se somete a un proceso de destilación seca que lo transforma en coque metalúrgico. Este proceso se realiza en la Planta de Coque, la que cuenta con 58 hornos.

La coquificación del carbón mineral deja, como subproducto, gas de alto poder calorífico, que es utilizado como combustible en los diversos procesos de la industria.



Figura 2.3: Transformación de Materias Primas.

Fuente: www.infoacero.cl

En la figura 2.3, se puede apreciar como las materias primas Caliza, Pellet de Hierro y Granzas de Hierro, pasan directamente al alto horno, mientras que el Carbón Mineral debe ser sometido a un proceso de coquificación, el cual fue descrito anteriormente en la sección B.

Posteriormente la reducción del mineral para obtener arrabio, se realiza en los Altos Hornos. Por el tragante (parte superior del horno) se cargan por capas los minerales de hierro, la caliza y el coque.

La inyección de aire precalentado a 1.000 °C, aproximadamente, facilita la combustión del coque, generando elevadas temperaturas y gases reductores que actúan sobre el mineral y la caliza, transformándolos en arrabio (hierro líquido) y en escoria, respectivamente.

La colada, que consiste en extraer estos elementos acumulados en el crisol (parte inferior de los altos hornos), se efectúa aproximadamente cada dos horas. El arrabio es recibido en carros torpedo para ser transportado a la Acería de Convertidores al Oxígeno; la escoria, separada del arrabio por su menor densidad, se hace fluir hacia un foso donde es "apagada" y granulada por un chorro de agua.

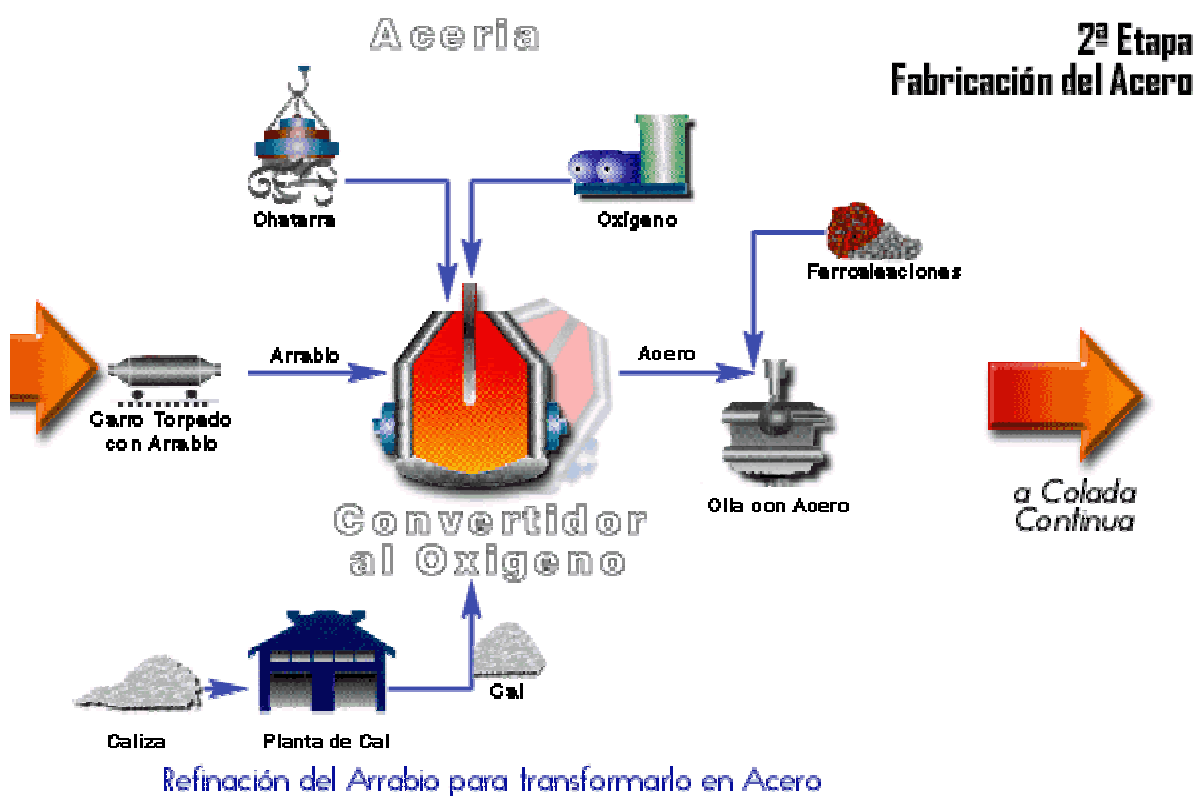


Figura 2.4: Proceso de refinamiento del arrabio.

Fuente: www.infoacero.cl

Se cuenta con dos convertidores de 115 toneladas cada uno. El arrabio proveniente de los Altos Hornos se carga junto con chatarra de acero. Por la acción del oxígeno puro que se inyecta al convertidor se oxidan el carbono, silicio y fósforo del arrabio. Estas reacciones son exotérmicas y causan la fusión de la carga metálica fría sin necesidad de agregar ningún combustible y, por adición de cal, se forma la escoria en que se fijan otras impurezas como azufre y parte de fósforo.

Una vez finalizada la inyección de oxígeno se analiza su composición y se mide su temperatura, agregando finalmente las ferroaleaciones que imparten las características principales a los diversos tipos de aceros.

El tiempo requerido para procesar una hornada de 115 toneladas es aproximadamente 42 minutos. El acero líquido así producido se recibe en cucharadas de 115 toneladas de capacidad y se envía a un proceso de metalurgia secundaria y luego al vaciado de colada continua de planchones o palanquillas según su composición química.

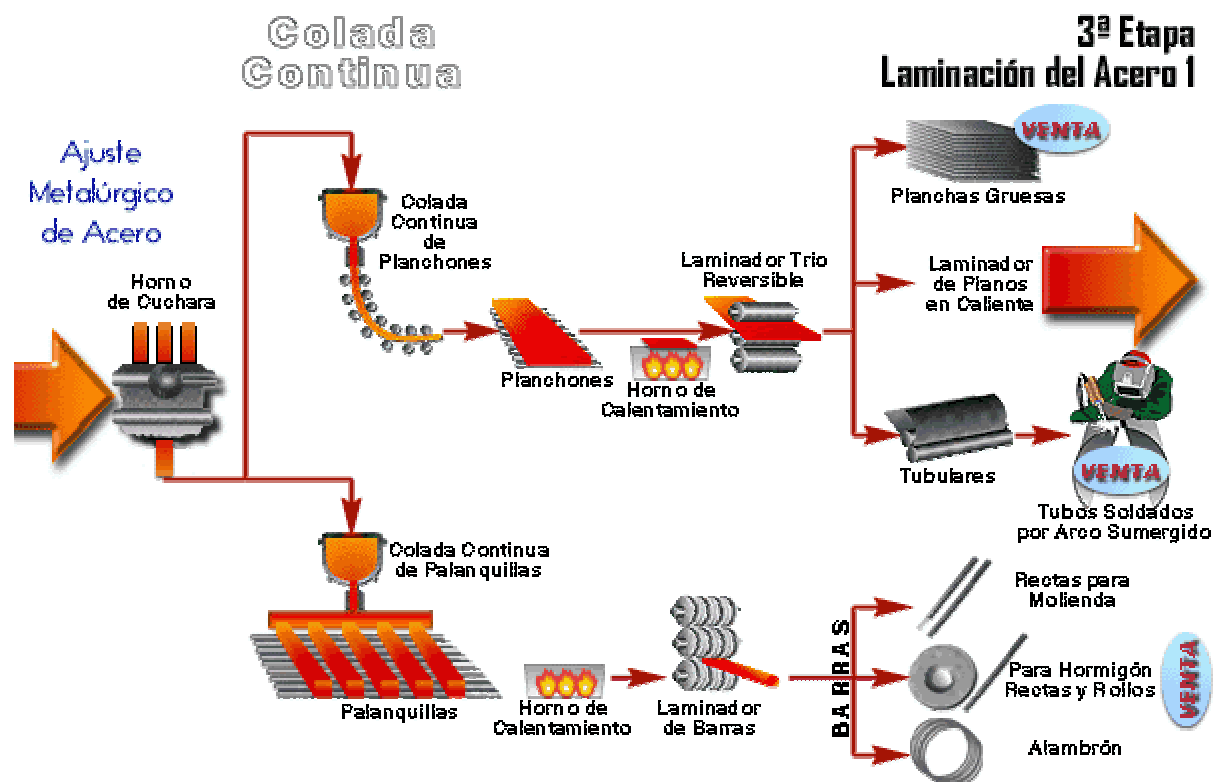


Figura 2.5: Proceso colada continua de palanquillas y planchones.

Fuente: www.infoacero.cl

C Colada Continua de Planchones

El acero líquido de la cuchara es vaciado a una artesa que se comunica por el fondo con un molde en constante movimiento que es enfriado por agua; en el se inicia el proceso de solidificación del acero que se completa a lo largo del trayecto por el interior de la máquina. El planchón que se produce es una cinta continua con un espesor de 156 mm., un ancho que varía entre 800 y 1.050 mm. y que a la salida se va cortando a los largos requeridos.

D Colada Continua de Palanquillas

La máquina de colada continua de palanquillas, cuenta con 5 líneas conformadas por tubos de cobre de sección cuadrada con refrigeración interna por agua, con sistema de enfriamiento controlado a lo largo de la hebra y un agitador electromagnético al final de la hebra para prevenir segregación en aceros alto carbono. Una vez que se ha formado una piel suficientemente gruesa dentro del molde, la hebra inicia su recorrido curvo dentro de la máquina, sometida a la acción de rociadores de agua controlados en función de la velocidad de la máquina.

Al término de esta zona la hebra es enderezada mediante rodillos y cortada a la dimensión especificada por sopletes de oxígeno-propano para terminar siendo estampada con un número identificador. La palanquilla terminada de 150 x 150 mm. de sección y 6,70 metros de largo, es trasladada mediante mesas de empuje, mesas de rodillos y una mesa galopante hasta la zona de despacho desde donde es cargada mediante una grúa dotada de electroimanes a carros de ferrocarril o camiones según su destino final.

Las palanquillas son productos semiterminados 150 x 150 mm de sección y largos de 6,70 metros.

Las palanquillas se procesan en este laminador, en el cual después de ser recalentadas en un horno, se laminan en pases sucesivos y se transforman en barras redondas lisas o con resaltes para hormigón, todos ellos, productos terminados ampliamente utilizados como materiales de construcción y en la manufactura de alambres, clavos, tornillos, bolas para molinos, pernos, etc.

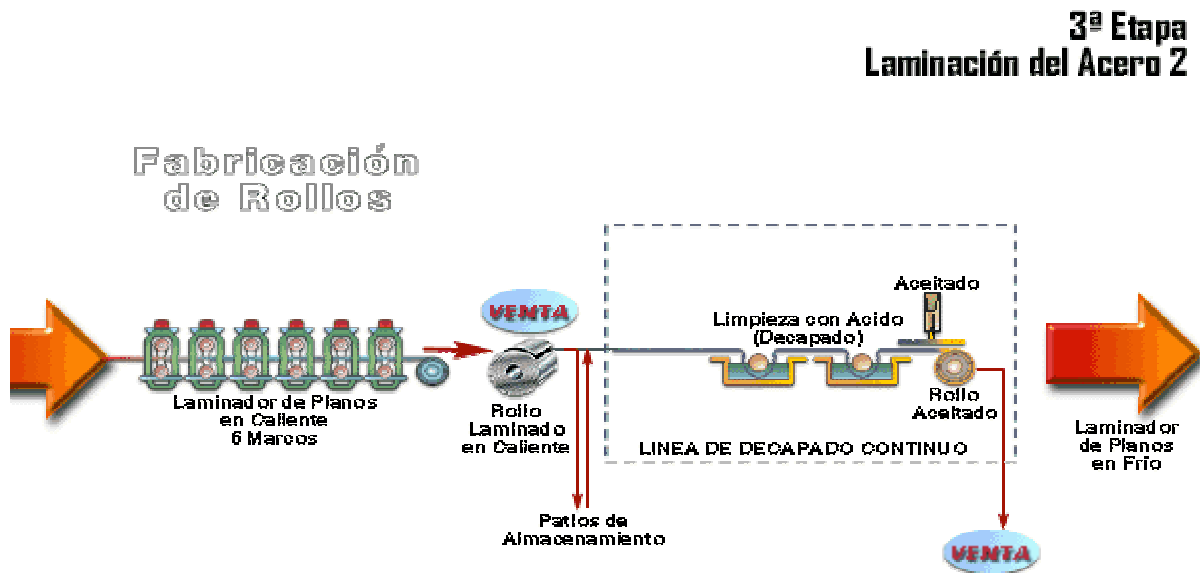


Figura 2.6: Proceso de laminado de planos en caliente.

Fuente: www.infoacero.cl

Los planchones que produce la Colada Continua, son sometidos a laminación en caliente, con lo cual se reduce el espesor y aumenta su longitud. El proceso comienza calentando el material en un horno con una capacidad de 150 toneladas/hora. Una vez alcanzada la temperatura requerida, los planchones son reducidos en su espesor, primero en un Laminador Trio, el que mediante pases sucesivos entrega un semilaminado de 25 mm (plancha gruesa), para pasar posteriormente al laminador continuo de seis marcos y obtener rollos de aproximadamente 8,5 toneladas de peso, cuyas dimensiones finales van de 725 a 1.050 mm de ancho por 1,8 a 12,0 mm de espesor. Una parte de los productos obtenidos en este laminador, va directamente al mercado, tanto en forma de rollos o planchas, donde encuentra una gran aplicación en la industria, y la otra parte de rollos, continúa su proceso en el Laminador de Planos en Frío.

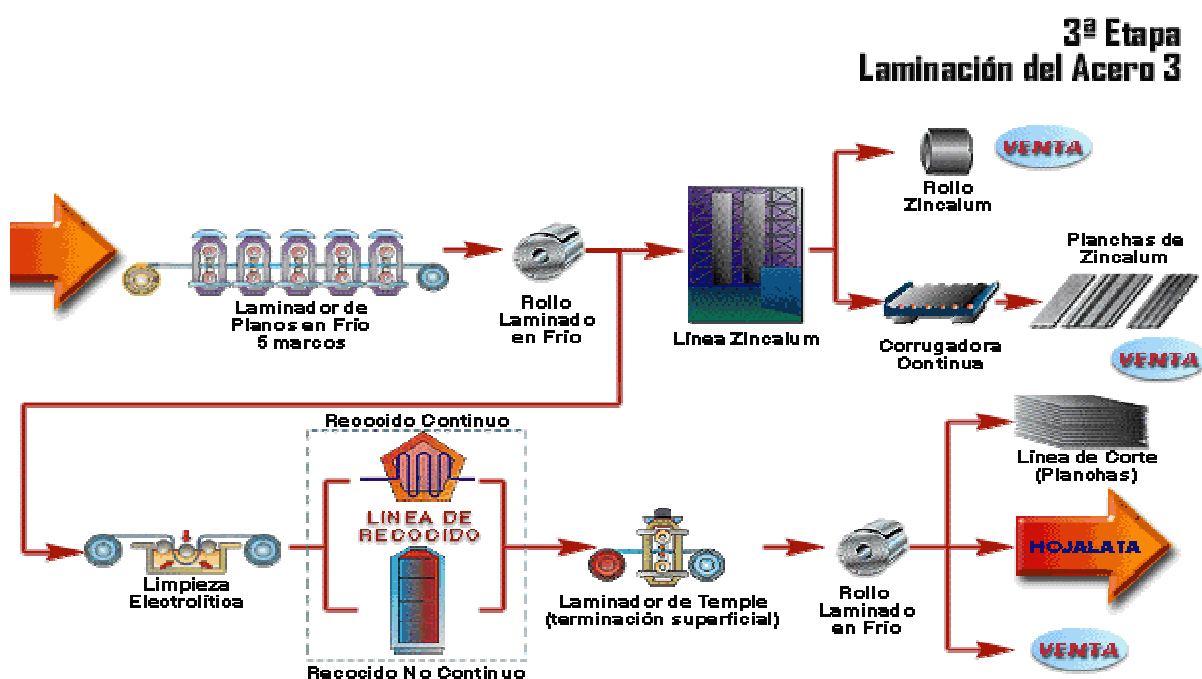


Figura 2.7: Proceso de laminado de planos en frío.

Fuente: www.infoacero.cl

A los rollos laminados en caliente, que se destinan a la fabricación de productos planos laminados en frío, se les somete al proceso de decapado para eliminar los óxidos y laminación en frío para disminuir el espesor. En esta etapa, una parte de los rollos son procesados en la línea Zinc-Alum, para obtener productos recubiertos con una aleación de Zinc y Aluminio, necesarios en la construcción.

El resto de los rollos son sometidos a limpieza electrolítica para eliminar el aceite empleado en la laminación en frío; recocido en atmósfera protectora, que puede ser en Hornos o en línea de recocido continuo para eliminar la acritud dada por el trabajo mecánico realizado en frío, y laminador de temple para eliminar las líneas de fluencia, corregir la forma y dar la terminación superficial requerida.

3ª Etapa Laminación del Acero 4

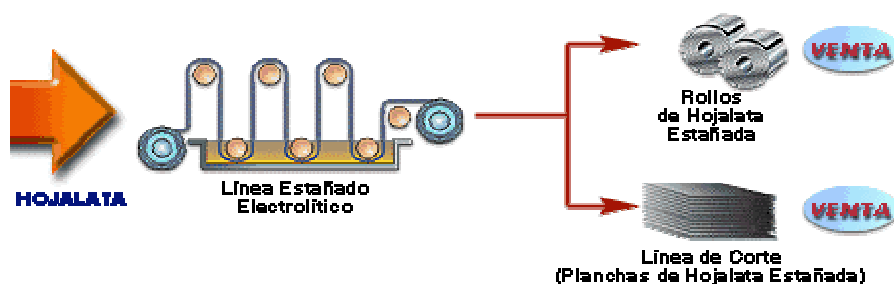


Figura 2.8: Proceso de laminado de planos en caliente.

Fuente: www.infoacero.cl

Una fracción de los rollos templados que resultan se despacha a los clientes, como tales o cortados previamente en planchas, para ser usados en la industria metalmecánica. Otra fracción de ellos es estañada en la línea de Estañado Electrolítico para obtener hojalata apta para la industria conservera.

De la producción de planchas gruesas del laminado de Planos en Caliente, una parte se destina a la fabricación de tubos de gran diámetro, soldados por arco sumergido de 356 a 2.210 mm de diámetro.

CAPÍTULO 3

ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

3.1 Departamento de tráfico y muelle

Es el responsable del traslado de los productos y los subproductos tanto al interior como al exterior de la compañía. La labor del departamento es muy extensa, por lo que el estudio se limita en una primera fase solamente al proceso que compromete a cuatro de las seis locomotoras que atienden las diversas actividades de la compañía. El departamento de Tráfico y Muelle consta en su sección ferroviaria con 42 Km de vías férreas, 153 carros y 9 locomotoras las cuales atienden a 5 sectores: Alto Horno1, Alto Horno2, Colada Continua, Acería-Scrap y Patio. Las máquinas que operan en los altos hornos tienen su uso 100% designado a esa zona, por lo que están fuera de materia de análisis como se mencionó en el párrafo anterior.

El organigrama del departamento se presenta en el Anexo B.

3.2 Visión del departamento

Proveedor de servicios, equipos de transporte y movimiento de carga para clientes externos e internos con el objeto de satisfacer sus necesidades en forma oportuna, a un mínimo costo y con los estándares de calidad requeridos, logrando así el reconocimiento y confiabilidad de estos.

3.3 Misión del departamento

Generar las capacidades para otorgar servicios y soluciones a nuestros clientes de forma oportuna, creativa y al menor costo, a través, de un alto grado de compromiso de nuestros trabajadores, mediante el desarrollo de un ambiente laboral armónico, trabajo en equipo y de buenas relaciones laborales. Sentido de pertenencia.

3.4 Análisis de la situación actual

La unidad de Tráfico y Muelle, es la responsable de prestar servicios a todas las demás unidades de la compañía, por lo que su interacción con ellas es de vital importancia. Bajo esta perspectiva, el servicio debe ser oportuno, económico y eficiente, dado a que su buen o mal desempeño es en gran medida reflejo de la satisfacción de los clientes. A su vez, debe velar por el buen funcionamiento interno en el ámbito del Control de Gestión, Control de Costos, Desarrollo del Recurso Humano y Recursos Operativos. El equilibrio de estos dos grandes grupos influye en el éxito de la unidad.

La unidad, como se mencionó anteriormente, cuenta con un área de Transporte Terrestre (Encargado de gestionar los recursos terrestres: camionetas, buses, montacargas, camiones, etc), Transporte Marítimo (Encargado de gestionar los recursos: muelle) y Transporte Ferroviario (Área en estudio, encargada de la gestión de los recursos ferroviarios: locomotoras, grúas carril, carros, vías férreas, etc.).

La configuración actual, para la sección ferroviaria se presenta en la tabla 3.1:

Actividad	Nº unidades 1º turno	Nº unidades 2º turno	Nº unidades 3º turno
Alto Horno 1	1	1	1
Alto Horno 2	1	1	1
Colada Continua	1	1	1
Acería- Scrap	1	1	1
Patio	1	2	2
Total unidades	5	6	6

Tabla 3.1: Dotación de Máquina actual.

Esta configuración, para la dotación de máquinas recibe el nombre de 5-6-6, por lo que en el estudio, al hablar de una dotación 5-6-6, se hace referencia al escenario actual mediante el cual opera el sistema ferroviario.

La operación diaria, es registrada en la radio, dependencia del departamento de Tráfico y Muelle, donde el coordinador general es el encargado de la recepción de los pedidos, el registro de estos y la asignación de las tareas a las distintas locomotoras.

El manejo de los recursos ferroviarios, esta a cargo de una cuadrilla conformada por un maquinista y dos movilizadores. El maquinista (personal CSH), es el encargado de ejecutar las faenas haciendo uso de estos recursos, con la ayuda de sus dos movilizadores (pertenecientes a la empresa subcontratista MAIN), llevan a cabo los movimientos de los productos y subproductos de la compañía, respetando las condiciones de seguridad establecidas.

Para entrar en el contexto bajo el cual se solicita el estudio, es necesario remontarse al modo de operar anterior a la configuración actual. La dotación de locomotoras obedecía a una configuración 5-5-5, esquema de trabajo bajo el cual, en sus últimos periodos el departamento de Tráfico y Muelle, había recibido varias “**no conformidades**” (conducto regular establecido por la compañía, que permite comunicar las insatisfacciones a cada departamento), las cuales hacían referencia directa al servicio que este presta a los distintos departamentos. Esta situación, provocó una respuesta inmediata por parte del departamento.

Al momento de percibir las no conformidades, se aumenta la dotación de máquinas, para los segundos y terceros turnos, quedando con la configuración del escenario actual (5-6-6). Esta respuesta, cuya finalidad era mejorar el servicio prestado, apuntaba a la disminución de los Tiempos de Respuesta y Tiempo de Faena(ver Capítulo 7).

Después de operar con la nueva distribución de recursos, se observó el comportamiento de las máquinas el cual no fue del todo eficiente. Por otro lado, las no conformidades continuaban presentándose; con estos antecedentes, se concluye que el problema no estaba directamente relacionado a la dotación de personal o maquinaria. Es aquí, donde se solicita el presente estudio. El ciclo del proceso en si es corto y sencillo, pero involucra decisiones complejas que deben ser tomadas en cortos periodos de tiempo. Se puede vislumbrar en el modelo conceptual, que el problema que da origen a las no conformidades, debe estar en alguna de las entidades por lo que se procede al análisis de cada una de ellas.

El departamento de tráfico y muelle en su área de transporte ferroviario, cumple una función fundamental en la línea de producción y su labor ó proceso se visualiza a través del siguiente modelo conceptual, figura 3.1.

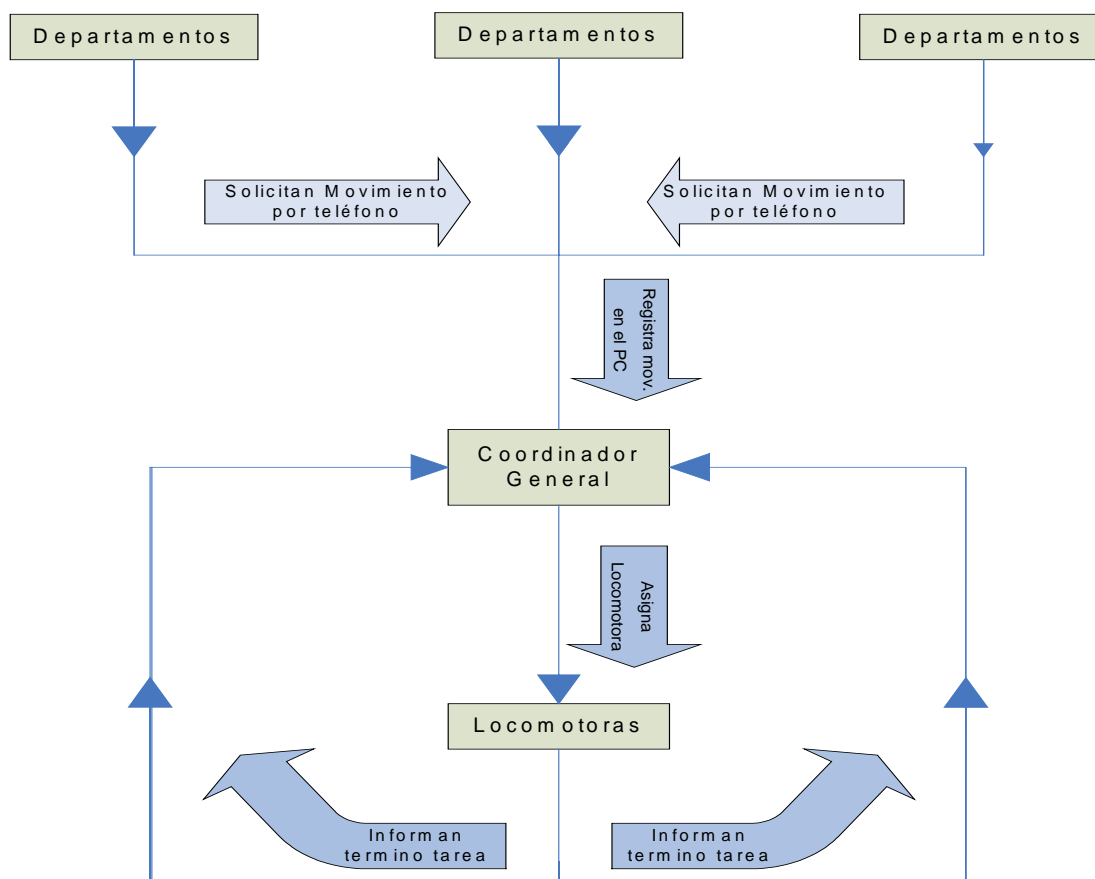


Figura 3.1: Modelo Conceptual Proceso Transporte ferroviario.

Los departamentos, entidades generadoras de pedidos, comunican vía telefónica las solicitudes de movimiento a la radio, donde el coordinador general, recibe y registra en un sistema computacional el detalle de la maniobra. Posteriormente, asigna una locomotora para la ejecución de esta, donde el inicio y término de la faena es confirmado por el maquinista de la locomotora asignada. Finalmente, el coordinador general, finaliza el registro lo cual indica la disponibilidad de la máquina para realizar otra maniobra o faena.

- **Departamentos:** Son las entidades generadoras de pedido, funcionan de manera independiente entre sí, tienen despachadores oficiales que son los autorizados para comunicar los pedidos al coordinador general. Pueden pedir cualquier tipo de actividad, siendo algunas de estas críticas para su normal desempeño.

- **Coordinador general:** Es el responsable y la cara visible del departamento, recepciona los pedidos y se comunica con los despachadores oficiales de cada unidad. Con el apoyo de un software registra y asigna actividades a las locomotoras, esto lo obliga a tomar decisiones de manera rápida y eficiente. Su papel dentro de la unidad de tráfico y muelle en el área de transporte ferroviario es fundamental.

- **Locomotoras:** Son las ejecutoras de las actividades, recepcionan las ordenes del coordinador general, con el cual deben mantener una comunicación bastante estrecha en pro de un servicio más eficiente.

Luego de realizar un profundo análisis de cada entidad, se plantean las siguientes distorsiones en la operación del sistema.

3.4.1 Distorsiones en la operación del sistema

- Existen recorridos que por diversas causas aumentan los tiempos de traslado, gastos de combustible y no permiten tener una mejor capacidad de respuesta.
- Poco apego en el cumplimiento de ciertas políticas en las distintas entidades. Por ejemplo, en los departamentos, no se respeta al despachador oficial, lo que provoca en muchas ocasiones que los movimientos deban ser realizados varias veces.
- En la radio, el mal uso del programa distorsiona la información. Por lo que luego, la toma decisiones, como el incremento en la dotación de máquinas, no sea siempre la solución mas adecuada al problema.
- En reiteradas ocasiones, la comunicación entre el maquinista y el coordinador general no es expedita, dando origen a desfases en los tiempos estudiados en terreno y los registros de la radio.
- No existen indicadores de gestión que midan el desempeño en esta área de la unidad, los cuales permitan visualizar el comportamiento del sistema y el monitoreo de este dentro de ciertos parámetros de buen funcionamiento.

En primera instancia, se aprecia que las causas que originan el problema, tienen su origen tanto dentro como fuera del departamento. Para abordar este estudio, se deben separar las causas internas de las externas y enfocar su solución de acuerdo a la naturaleza de cada una.

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS PRELIMINAR

4.1 Estudio en terreno

Enmarcado en estas observaciones y tomando en cuenta los detalles de las no conformidades, se procede a verificar en terreno el funcionamiento del proceso para cada entidad, concluyéndose lo siguiente:

- Los desplazamientos excesivos de las locomotoras, mencionados anteriormente, son parte de un estudio actual, por lo que no son materia de análisis.
- El departamento de tráfico y muelle, es el encargado de satisfacer las demandas de los clientes, por lo que el funcionamiento de los departamentos, no es la principal causa de las no conformidades. Otro antecedente que se desprende de este acercamiento en terreno, es que la verdadera importancia que otorgan los departamentos a la calidad del servicio percibido por ellos, no pasa por todos los movimientos, sino más bien, por alguno de ellos, los cuales son considerados más críticos. Sin embargo, como se enuncia en el capítulo anterior, al no cumplirse las políticas de despacho, en reiteradas ocasiones se deben realizar los movimientos más de una vez, lo que influye directamente en el desempeño de la unidad. Estos movimientos, alargan los tiempos de espera de otras actividades y disminuyen el tiempo operable de las máquinas.

Para abordar este problema, se realizan dos actividades, por un lado para asegurar la correcta operación del sistema, se actualiza la lista de despachadores oficiales con el fin de evitar la duplicidad de movimientos. Por otro lado, se analizan los distintos movimientos realizados a cada departamento, para determinar sus frecuencias y criticidad, información que cobra relevancia para el modelo a la hora de asignar prioridades. Los resultados son presentados en el Anexo C.

- Las locomotoras no cuentan con un sistema de control específico, solo la comunicación por radio con el coordinador general. Los tiempos muertos en los que el maquinista no opera y no avisa a la radio el término de una tarea, afectan directamente los tiempos de repuesta de la próxima actividad, lo que la convierte en una variable a considerar. Este análisis, escapa de este estudio ya que es parte de un proyecto que se realizará entre julio del 2004 a julio del 2005, donde se instalará un sistema de cable cerrado para el monitoreo de estas.
- Para el control y manejo de los recursos ferroviarios, la unidad cuenta con un sistema computacional de apoyo, que permite registrar todos los movimientos de cada locomotora en sus respectivos turnos. En la figura 4.1 presentada en el siguiente punto, se presentan los campos que permite registrar dicho sistema. Con el estudio en terreno se constato, la necesidad de aplicar cambios en la forma de registrar, partiendo por modificaciones en el programa y la unificación de criterios para todos los coordinadores. Capacitación.
- Los indicadores, se generaran a partir de los cambios efectuados en el sistema de registro de la radio, los cuales se exponen a continuación en el siguiente punto.

4.2 Sistema de radio

La función del coordinador general, es ocupada actualmente por 4 personas oficialmente autorizadas. Para desempeñar su función, los coordinadores cuentan con un sistema informático diseñado en Visual Basic 6.0, el cual permite a través de una ventana muy amigable, mantener el registro de todos los movimientos de las locomotoras. Ver figura 4.1.

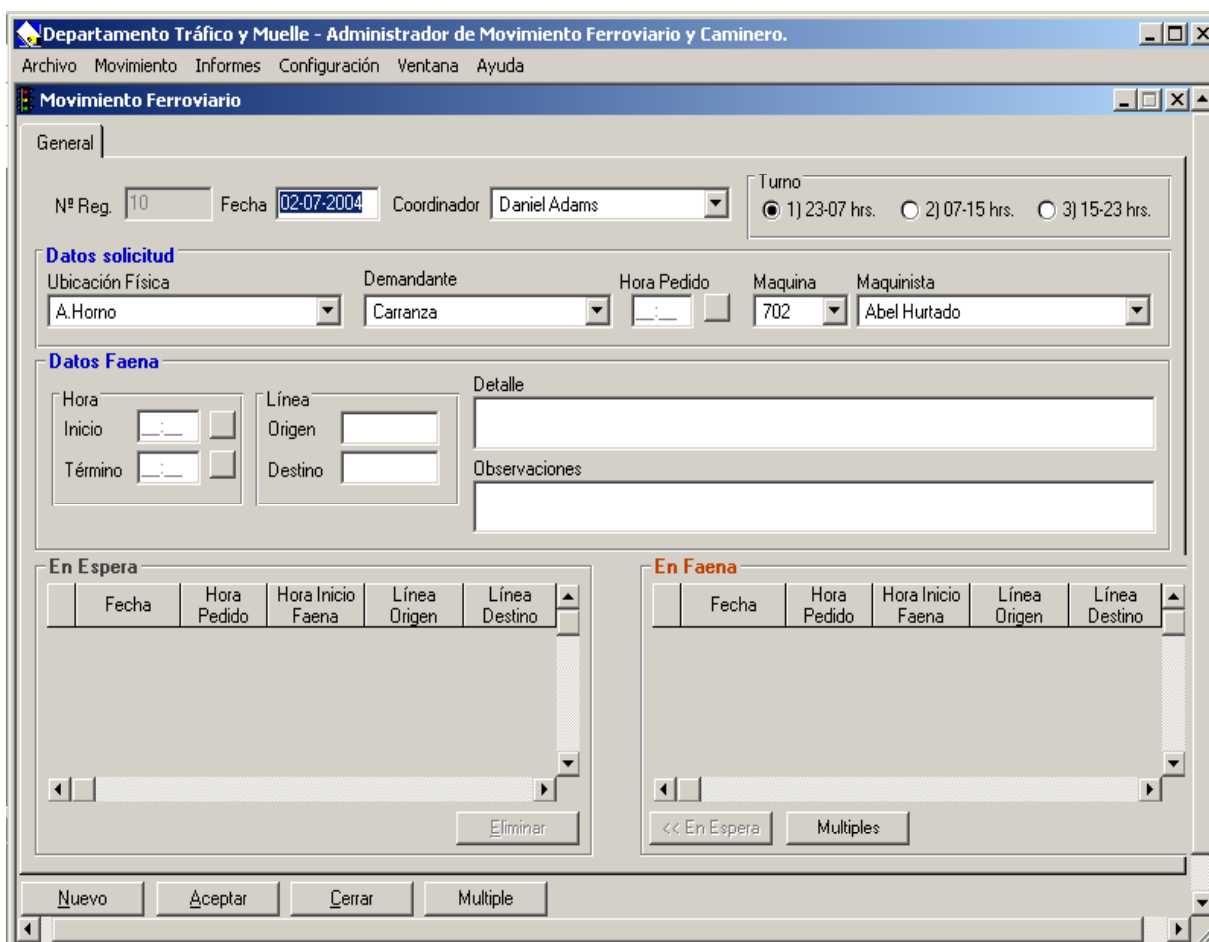


Figura 4.1: Pantalla principal sistema registro de Tráfico y Muelle.

Luego de familiarizarse con el sistema de registro de la radio, se procede a validar la información de la base de datos existente, esta corresponde al periodo desde el 29 de octubre del 2003 hasta 29 de febrero del 2004, en los cuales se observaron ciertas anomalías:

- Tiempos de faena superiores a 480 minutos, que corresponde al tiempo total disponible en un turno. Esto debido a errores en los registros de la hora de término de faena.
- Manejo de los tiempos, lo que induce un manejo de la información la cual finalmente se traduce a decisiones erróneas.
- Factores de utilización superiores al 100%. Debido, al registro de múltiples tareas en un mismo instante para una locomotora.
- Ambigüedad en el registro de las líneas de salida y destino, lo que dificulta el posterior análisis de la información.
- En la tabla movimientor, informe generado por el sistema de registro, donde la columna ubicación se refiere al lugar o zona en la que la máquina trabajó ese turno, se registra información que no corresponde.

- No se registran en numerosas ocasiones, los tiempos de colación, carga de combustible, revisión de la locomotora al iniciar el turno, debido a que no existe un código diseñado para ellas.
- Cada coordinador entiende algo distinto para cada código de actividad.

El análisis de los registros, permitió visualizar problemas dentro de la misma unidad. A partir de las observaciones se generan dos planes de acción:

- Generación de pautas de registro para los coordinadores
- Aplicación de cambios en el programa de registro

4.2.1 Generación de pautas de registro para los coordinadores

Se realizó un estudio en terreno de la actividad realizada por los coordinadores, tiempo en el cual se observó la actividad ejecutada por cada operador para realizar ciertos paralelismos. Finalmente se confecciona una pauta oficial de registro la cual consta de 2 partes fundamentales: la primera parte se enfoca en la homogenización de los registros por parte de cada coordinador y la segunda parte hace alusión a la manera en que se debe registrar la información, para que sea más representativa:

- Descripción de las actividades y códigos.
- Correcto uso del programa para el buen registro de la información.
- Capacitación.

4.2.2 Aplicación de cambios en el programa de registro

En conjunto con el asesor informático Sr. Hugo Delgado, se efectuaron ciertas modificaciones en el sistema de registro con el fin de evitar:

- Manejo de los registros, lo que entrega información poco representativa.
- Duplicidad de tareas para una misma máquina, lo que ocasiona tiempos de operación mayores a los tiempos disponibles en un turno.
- Errores en el ingreso de la hora.

Los cambios realizados fueron principalmente:

- Automatización del ingreso de las horas.
- Actualización de la base de datos, donde se revisaron las principales tablas como: demandantes, ubicaciones, etc.
- Vinculación de ciertos registros, para ingresar la información en un menor tiempo.
- Metodología para el registro de movimientos múltiples (Ocurre cuando una locomotora atiende dos faenas al mismo tiempo, la finalidad es aprovechar los viajes). Con la finalidad de identificar y medir los tiempos específicos de cada actividad. Además permite obtener los tiempos de faena reales, información que se utilizará para la obtención de indicadores.
- Restricción para la asignación de nuevas actividades a una máquina en uso.

- Creación de indicadores de operación y de servicio. Estos son:

$$\mathbf{D.T.R. = \frac{N^{\circ} \text{ de servicios con } TR > 45'}{N^{\circ} \text{ Total de Servicios}}}$$

Donde **D.T.R.**= Desempeño Tiempo de Respuesta.

T.R.= Tiempo de respuesta.

$$\mathbf{D.T.T. = \frac{N^{\circ} \text{ de servicios con } (TR+TF) > 60'}{N^{\circ} \text{ Total de Servicios}}}$$

Donde **D.T.T.**= Desempeño Tiempo Total de Faena.

T.R.= Tiempo de respuesta.

T.F.= Tiempo de faena.

$$\mathbf{F.U. = \frac{\Sigma Treal}{HTT}}$$

Donde **F.U.** = Factor de Utilización de la Locomotora.

H.T.T.= Tiempo total del turno.

Los criterios y cambios realizados en el sistema, fueron necesarios ya que no se disponía de información fidedigna para la construcción del modelo. Con la puesta en marcha, el día 16 de julio del 2004 de todos estos arreglos se comienza el almacenamiento de la nueva base de datos que se empleará para la modelación del sistema.

CAPÍTULO 5

CONCEPTOS DE SIMULACIÓN

5.1 Conceptos de simulación

La naturaleza de la simulación, radica en un conjunto de técnicas utilizadas para imitar o simular procesos reales. Estos procesos usualmente son llamados sistemas, los cuales están conformados por supuestos que toman formas matemáticas o relaciones lógicas. Estas relaciones, constituyen el modelo que será usado para obtener un mayor conocimiento acerca de cómo el sistema se comporta⁵. En la mayoría de los casos, estas relaciones son demasiado complejas como para analizarlas con algún método matemáticos, por lo que el uso de la simulación se hace necesario.

Un sistema es definido, como una colección de entidades (personas o máquina), que actúan e interactúan entre sí, en *post* de un fin en común⁶. A lo largo de la vida de un sistema, en algún punto, se hace necesario estudiar las relaciones de sus componentes, con el fin de ganar cierto grado de conocimiento o predecir su comportamiento ante diversas situaciones. Es aquí donde se debe decidir, entre trabajar con el sistema real o con un modelo computacional, según la factibilidad técnica y los costos asociados de hacerlo con uno u otro.

⁵ Law, Averill M, y Kelton, W. David. 2000. Nature of Simulation. En: Simulation modeling and analysis. 3rd ed. The United State of America. McGraw-Hill. pp. 10-13

⁶ Schmidt and Taylor, 1970.

5.2 Metodología para la simulación

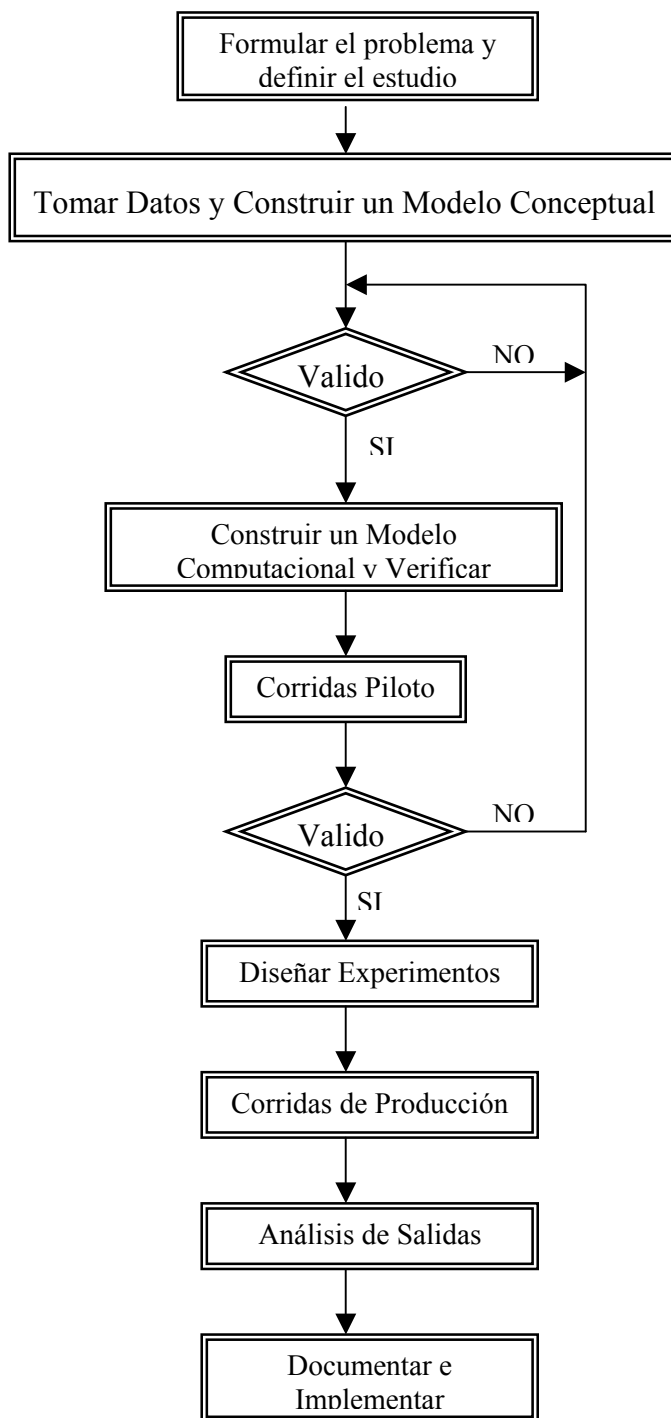


Figura 5.1: Pasos en un Estudio de Simulación.

La figura 5.1, corresponde a la metodología propuesta por (Law A., Kelton D., 2000)⁷, en su obra “*Simulation Modeling and Análisis*”, y sus pasos se describen a continuación:

5.2.1 Formular el problema y definir el estudio:

- a) Conocer el problema de interés indicado por la persona a cargo.
- b) Múltiples reuniones dirigidas, con el encargado del proyecto, los analistas de simulación y los expertos en el área. Con los siguientes puntos a tratar:
 - Objetivo general
 - Preguntas específicas que deberá responder el estudio
 - Medidas que se utilizarán para evaluar el desempeño del sistema
 - Alcance del modelo
 - Configuración del sistema a modelar
 - Software a utilizar
 - Marco de tiempo y recursos requeridos para el estudio

5.2.2 Tomar datos y construir un modelo conceptual

- a) Recolectar información acerca del layout y los procedimientos operativos.
- b) Recolectar datos, para determinar los parámetros fijos y variables.
- c) Transformar la información en un modelo conceptual.
- d) Interactuar con el encargado.

5.2.3 Verificación

Se debe revisar si el modelo conceptual está bien representado por el modelo de simulación.

⁷ Law A. y Kelton D. “obra citada”

5.2.4 Validación

- a) En primera instancia la información.
- b) En segunda instancia el modelo.

Se debe comprobar que el modelo de simulación representa la realidad.

5.2.5 Diseñar Experimentos

Especificar lo siguiente para cada configuración de interés:

- a) Largo de las corridas
- b) Tiempo de calentamiento apropiado
- c) Estimar el número de replicas necesario

5.2.6 Análisis de Salidas

Los dos principales objetivos en el análisis de los datos de salida son:

- a) Determinar la *performance* del sistema.
- b) Comparar las diferentes alternativas de configuración del sistema.

5.2.7 Documentar e implementar

- a) Documentar el desarrollo del programa computacional y los resultados para su uso actual y posterior.
- b) Usar la animación del modelo para comunicar los resultados a los encargados del proyecto.

5.3 Modelamiento

Para la confección del modelo, se tendrá una orientación acorde a los objetivos, teniendo en cuenta ciertas limitantes con el fin de simplificar el proceso de simulación. Se tendrá siempre presente la representación de todas las variables relevantes y entidades que participan del sistema. Además, se considera el concepto de simulación orientada al objeto, debido a que es más cómoda y fácil de manejar para los usuarios. Esta forma de construir un modelo, evita la manipulación de programación al momento de analizar diversas situaciones, limitándose éste sólo al manejo de ciertos parámetros que utilizan los *templates* para representar diversos escenarios o situaciones.

Dentro de los software que trabajan de esta forma, se encuentra *Flexsim*, herramienta utilizada para la confección del modelo, cuya elección se basó principalmente en las características que este posee y la disponibilidad del software en la compañía.

Para el desarrollo del modelamiento, se utilizarán los siguientes elementos y conceptos:

Entidades: Objetos dinámicos de la simulación que fluyen dentro del sistema, y luego se retiran. La mayoría de las entidades representan elementos reales; en el modelo representan a los productos y subproductos que se mueven dentro y hacia fuera de la compañía. Podemos mencionar el número de palanquillas o planchones, los rollos del LPC, los rodillos de los laminadores, etc.

Atributos: Es una característica de la realidad, estos se acoplan a las entidades y se mueven con ellas a través del sistema permitiendo su diferenciación. Un atributo es una característica de todas las entidades, pero con un valor específico para cada una, que difiere entre una entidad y otra (color, altura, diámetro, etc.). También se conocen como variables locales. Para el sistema en estudio, corresponde a las dimensiones, características técnicas, tipo de producto, etc.

Variables: Es una pieza de información que define el estado del sistema en un momento dado, son independientes de las entidades pero pueden ser modificadas por éstas (clientes en el sistema, tamaño de una cola, etc.). Es importante señalar que un modelo puede tener muchas variables. También se conocen como variables globales. En el sistema representado se tienen variables tales como el tiempo de proceso en cada locación, niveles de producción, turnos, tiempos de fallas, etc.

Locaciones ó Recursos: Representan elementos que son solicitados por las entidades (cajero, operario, enfermero, etc.). Las entidades toman un recurso cuando éste está disponible y lo liberan cuando terminan de usarlo. Una entidad puede requerir uno o varios recursos a la vez dependiendo de la situación. Cabe destacar que las locaciones pueden ser consideradas como recursos diferenciándose estos en su movilidad.

Para el modelo se pueden distinguir las siguientes locaciones:

1. Romana Norte.
2. Muelle.
3. Desbarbado.
4. Acería Conox.
5. Tráfico.
6. Maestranza.
7. Materiales.
8. Colada Continua Palanquilla.
9. Colada Continua Planchones.
10. Albañiles.
11. Laminador Planos en Caliente.
12. Laminador Barras.
13. Taller Myre.
14. Laminador Proceso Planos en Frió.
15. Laminador Planos en Frió.
16. Taller de Rodillo.
17. Laminador Devastador.
18. Romana Sur.
19. Productos Tubulares.
20. Patio Scrap

Además de las locaciones mencionadas, tenemos como recursos empleados para realizar las faenas, los 42 Km de línea férrea las cuales se emplazan a través de toda la planta. Las 9 locomotoras y los 153 carros de diversos tipos con los cuales se realizan el total de los movimientos, excluyendo los que están en reparaciones o los que están dados de baja pero que se podrían recuperar, el coordinador general, etc.

Colas: Lugar donde las entidades esperan por un recurso que está siendo ocupado por otra entidad (fila frente a una locación, bodega, etc.)

Acumuladores estadísticos: Variables que llevan registros de medidas de efectividad del sistema (mayor tiempo que una entidad permaneció en cola, tiempo total que las entidades llevan en cola). En el modelo, se consideraron acumuladores estadísticos tales como contadores de pedidos por entidad generadora, tiempos de proceso, tiempos de atención, factores de utilización, etc.

Restricciones:

Se deberán considerar ciertas restricciones propias al modelo tales como:

- Tiempo disponible por turno.
- Número de máquina.
- Lógicas de movimiento, como por ejemplo las inversiones realizadas por los maquinistas.
- Lógicas de asignación de recursos por parte del coordinador general.
- Velocidad de las máquinas.
- Capacidad y continuidad del sistema en referencia a los procesos.

Un modelo de simulación, representa la interacción entre todos los elementos mencionados. La simulación orientada al objeto y específicamente el software *Flexsim*, utilizan *templates* previamente cargados, los cuales son llevados al layout virtual para posteriormente definir sus relaciones mediante conexiones gráficas.

5.4 Simulación sistema ferroviario CSH S.A.

Dada la extensión de la programación empleada para la simulación de los diversos procesos o decisiones, se señalarán algunos de estos para conocer mas acerca del entorno en el que trabaja *Flexsim*. Así también se señalarán algunos puntos acerca de la confección del modelo.

5.4.1 Layout

Como se mencionó en el capítulo 3, el sistema ferroviario esta compuesto por 42 Km de vías férreas, emplazadas a través de toda la compañía. Para la construcción del modelo se empleo un plano confeccionado en autocad, en el cual esta contenida toda la información referente a caminos, vías férreas, departamentos, cañerías, alumbrado, etc., posterior a la extracción de información no relevante para el modelo, se obtiene el layout a ocupar:

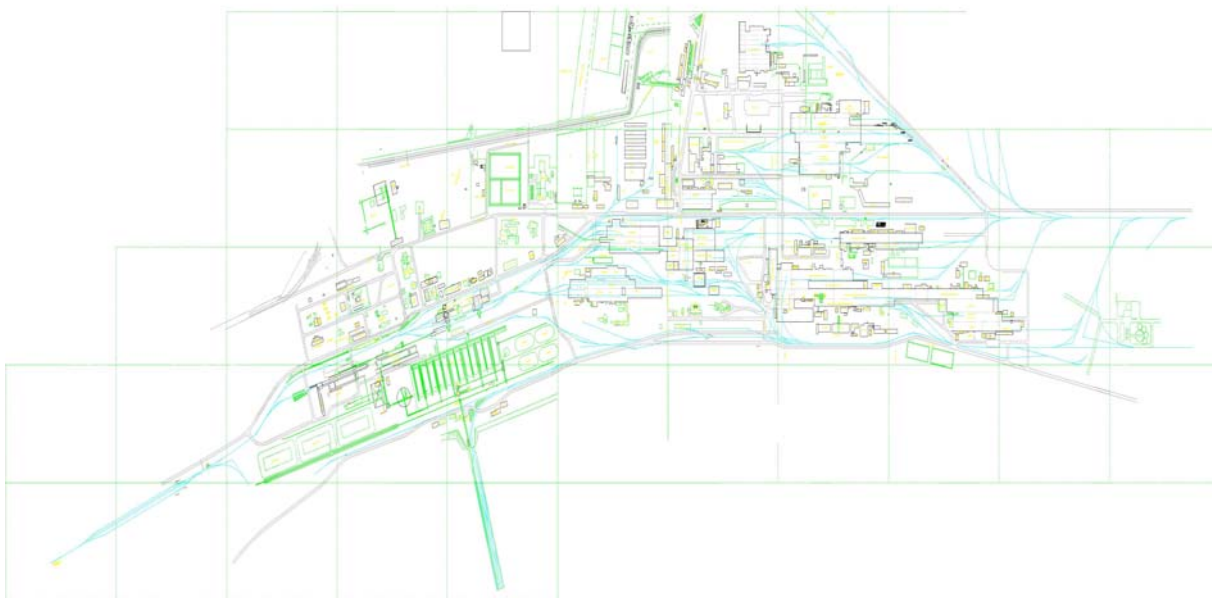


Figura 5.2: Plano Compañía Siderúrgica Huachipato S.A.

La información entregada por el plano, es de vital importancia, ya que en él aparece la disposición de las vías y distancias que deberán recorrer las locomotoras para llegar a destino.

5.4.2 Generadoras de pedidos

Se generan a partir de la programación señalada y se dirigen según porcentajes a los puertos de destino.

```

fsnode* item = parnode(1);
fsnode* current = ownerobject(c);
int rownumber = parval(2); //row number of the schedule/sequence table
double l;
/*
//PROSESTART
//Genera el tipo de
//PROSEEND
fsnode* involved =
//PARAMSTART
item
//PARAMEND
;
//PROSESTART
// basado en porcentajes definidos como:

porcentaje      label
-----  -----

//PROSEEND
*/
double percent1 =
//PARAMSTART
2.20
//PARAMEND
;
//PROSESTART
//
//PROSEEND
double value1 =
//PARAMSTART
19
//PARAMEND
;
*****
Se repite hasta 10
*****
double randomnum = uniform(0,100,1);
percent2 = percent1 + percent2;
percent3 = percent2 + percent3;
percent4 = percent3 + percent4;
percent5 = percent4 + percent5;
percent6 = percent5 + percent6;
percent7 = percent6 + percent7;
percent8 = percent7 + percent8;
percent9 = percent8 + percent9;
percent10 = 100;

```

```
if( randomnum <= percent1)
    setlabelnum(item,"carro", value1);
else if( randomnum<=percent2)
    setlabelnum(item,"carro", value2);
else if( randomnum<=percent3)
    setlabelnum(item,"carro", value3);
else if( randomnum<=percent4)
    setlabelnum(item,"carro", value4);
else if( randomnum<=percent5)
    setlabelnum(item,"carro", value5);
else if( randomnum<=percent6)
    setlabelnum(item,"carro", value6);
else if( randomnum<=percent7)
    setlabelnum(item,"carro", value7);
else if( randomnum<=percent8)
    setlabelnum(item,"carro", value8);
else if( randomnum<=percent9)
    setlabelnum(item,"carro", value9);
else if( randomnum<=percent10)
    setlabelnum(item,"carro", value10);
```

Además de generar los pedidos, registra información que se emplea en otros cálculos.

5.4.3 Coordinador general

Es la persona encargada de recepcionar los pedidos, registrarlos y asignar las faenas a las locomotoras bajo ciertos criterios. En el modelo está representado por un *dispatcher* que cumple las diversas tareas del coordinador.

Recepción: El *dispatcher* esta conectado a las diversas áreas de despacho de los departamentos a través del puerto central de este, ver figura 5.3.

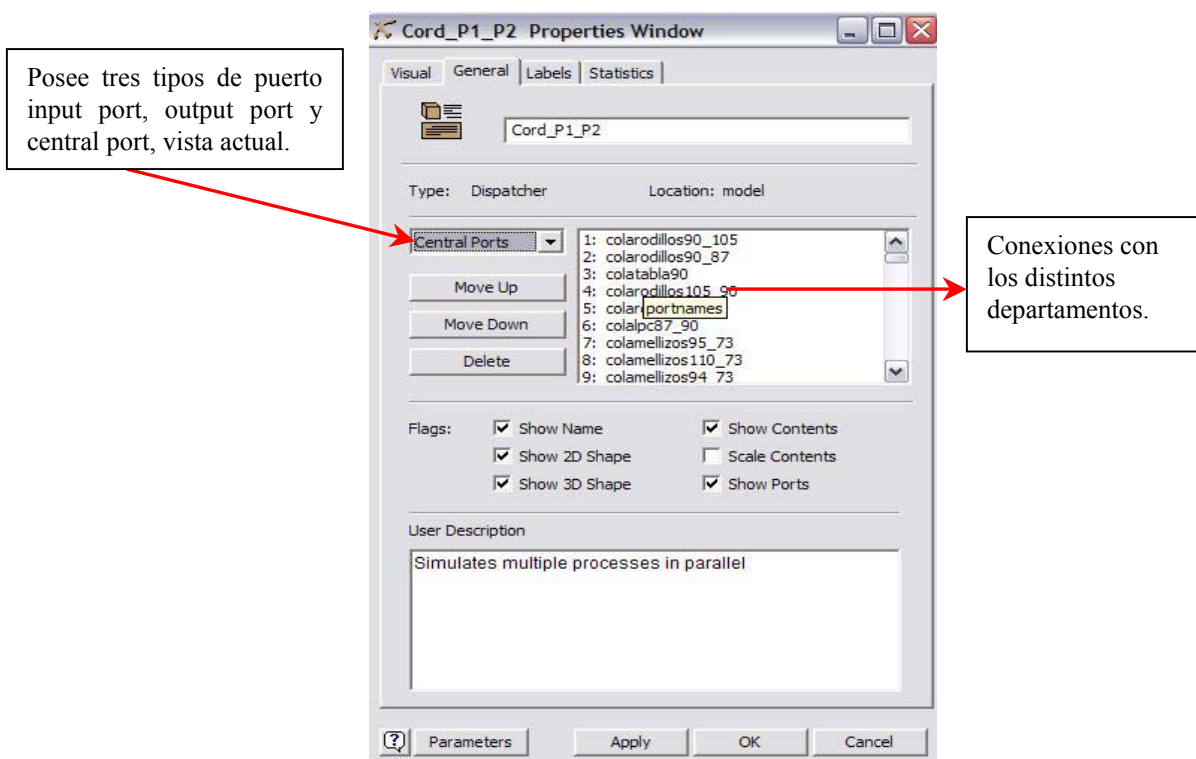


Figura 5.3: Panel de Propiedades del Dispatcher.

Al recibir un pedido lo guarda en su cola de secuencia de tareas (*tasksequencequeue*), para posteriormente despacharla asignándole una locomotora.

Para que el *dispatcher* guarde un pedido en su cola de secuencia de tarea, todas las máquinas que él controla deben estar ocupadas, ya que de tener disponibilidad, por defecto asignará la faena a una de estas. En caso contrario, aplica sus criterios para almacenar la tarea ya sea en el primer lugar de la cola o en el último. A continuación se presenta la programación para dicho evento:

```

fsnode* tasksequence = parnode(1);

//PROSESTART
//Ordena en primer lugar según el label que tenga la tarea activa.
//PROSEEND
//PARAMSTART

//PARAMEND
//PROSESTART
//
//PROSEEND

fsnode* activets= gettasksequence(node("/maq1",model()),0);
fsnode* tsqueue = gettasksequencequeue(node("/Cord_P1_P2",model()));
fsnode* returnts = NULL;

double itemtipo= getlabelnum(gettaskinvolved(activets,2,1),"carro");
int valor1; int valor2; int valor3; int valor4; int valor5; int valor6; int valor7; int valor8; int valor9; int valor10; int
    valor11; int valor12; int valor13; int valor14; int valor15; int valor16;

if(itemtipo==115)
    {valor1=116;valor2=117;valor3=235;valor4=1000;valor5=1000;valor6=1000;valor7=1000;valor8=1000;
    valor9=1000;valor10=1000;valor11=1000;valor12=1000;valor13=1000;valor14=1000;valor15=1000;
    valor16=1000;}
*****
*Se repite la secuencia desde itemtipo 115 hasta itemtipo 247, por motivos de espacio se eliminó la
parte central para enseñar desde el comienzo hasta el fin la programación del dispatcher.
*****
if(itemtipo==247)
    {valor1=1000;valor2=1000;valor3=1000;valor4=1000;valor5=1000;valor6=1000;valor7=1000;valor8=1000;
    valor9=1000;valor10=1000;valor11=1000;valor12=1000;valor13=1000;valor14=1000;valor15=1000;
    valor16=1000;}

for(int index = 1; index <= content(tsqueue) && ! returnts; index++)
    {
    fsnode* curts = rank(tsqueue, index);
    double tipo2 =getlabelnum(gettaskinvolved(curts,2,1),"carro");

    if(tipo2 == valor1 || tipo2 == valor2 || tipo2 == valor3 || tipo2 == valor4 || tipo2 == valor5 || tipo2 == valor6 || tipo2
    == valor7 || tipo2 == valor8 || tipo2 == valor9 || tipo2 == valor10 || tipo2 == valor11 || tipo2 == valor12 || tipo2 ==
    valor13 || tipo2 == valor14 || tipo2 == valor15 || tipo2 == valor16)
        {
        returnts = curts;
        setrank(returnts,1);
        pt("bien");
        }
    }
}

```

En este caso, el *dispatcher* almacenará en primer lugar una tarea sólo si el pedido activo que carga la locomotora corresponde a alguno de los valores, con el fin de realizar tareas múltiples o aprovechar la cercanía a algún pedido. Criterios empleados por el coordinador general.

Asignación: Aquí es donde el coordinador o *dispatcher*, asigna una tarea a una locomotora, para ello esta última debe tener su cola de secuencia de tareas en 0. La programación es la siguiente.

```

fsnode* tasksequence = parnode(1);
fsnode* current = ownerobject(c);

//PROSESTART
//Pasarse a la locomotora con la secuencia de tareas más corta.
//PROSEEND

//PARAMSTART

//PARAMEND

//PROSESTART
//
//PROSEEND

int minindex = 0;
int curmin = 1;

for(int index = 1; index <= nrop(current); index++)
{
    fsnode* curobj = outobject(current,index);
    if(objectexists(curobj))
    {
        int curcontent = content(gettasksequencequeue(curobj));
        if(curmin > curcontent)
        {
            curmin = curcontent;
            minindex = index;
        }
    }
}

return minindex;

```

Se puede apreciar que *Flexsim* usa colores para destacar ciertas funciones, números, etc.

Registro: Se genera a medida que transcurre el proceso, se captura información en las colas, locomotoras y el Controlador central 2, con el fin de simular el proceso de registro que realizan los coordinadores.

En las colas se registra hora del pedido, hora de atención del pedido desde el punto de vista del cliente (TRc), día, turno y ubicación. Para esto se utilizan los *Triggers* de *Flexsim* específicamente *OnEntry* y *OnExit*. La programación es la siguiente:

OnEntry

```
fsnode* item = parnode(1);
fsnode* current = ownerobject(c);
unsigned int port = (unsigned int) parval(2);

//PROSESTART
//Toma tiempo entrada
//PROSEEND
//PARAMSTART

//PARAMEND
//PROSESTART
//
//PROSEEND
double time_in=time();
setlabelnum(item,"time_in",time_in);
double num=getlabelnum(current,"num_entrada");
setlabelnum(current,"num_entrada",num+1);
setlabelnum(item,"contador_4col",num+1);
double contador_4col=getlabelnum(item,"contador_4col");
settablenum("lingoteros65_66LB",contador_4col,1,time_in);
settablestr("lingoteros65_66LB",contador_4col,6,"65-66LB");
double numm=getlabelnum(item,"numm");
settablenum("radio",numm,1,numm);
settablenum("radio",numm,2,time_in);
settablestr("radio",numm,8,"65-66LB");
double dia=getlabelnum(item,"dia");
double turno=getlabelnum(item,"turno");
double ubic=getlabelnum(item,"ubic");
settablenum("radio",numm,10,ubic);
settablenum("radio",numm,11,dia);
settablenum("radio",numm,12,turno);
```

En este *Triggers* no sólo se registra la hora de entrada, también se registra el día, turno y ubicación del pedido, además se carga información en los *label* del *item*, la que será recuperada más adelante en el proceso para otro tipo de cálculos.

OnExit

```

fsnode* item = parnode(1);
fsnode* current = ownerobject(c);
unsigned int port = (unsigned int) parval(2);

//PROSESTART
//Toma tiempo salida
//PROSEEND
//PARAMSTART

//PARAMEND
//PROSESTART
//
//PROSEEND
double time_out=time();
setlabelnum(item,"time_out",time_out);
double time_in=getlabelnum(item,"time_in");
double contador_4col=getlabelnum(item,"contador_4col");
settablenum("lingoteros65_66LB",contador_4col,2,time_out);
double TR=time_out-time_in;
settablenum("lingoteros65_66LB",contador_4col,3,TR);
double numm=getlabelnum(item,"numm");
settablenum("radio",numm,13,time_out);
settablenum("radio",numm,14,TR);

```

Así se representan las funciones del coordinador general, la información se almacena en tablas previamente confeccionadas las cuales se utilizaran finalmente para el análisis de los datos de salida. Para visualizar el diagrama conceptual de las decisiones tomadas por el *dispatcher* u otras entidades ver Anexo J.

5.4.4 Locomotoras

Son las encargadas de atender los pedidos, tienen restricciones de velocidad y de carga. En su programación, además de controlar esas restricciones, también almacenan información para simular el trabajo del coordinador general.

Restricción y Decisión para el tipo de pedido

```

fsnode* activets = parnode(1);
fsnode* current = ownerobject(c);
//PROSESTART
//Decide que pedido atender según su label y que tarea terminar primero según destino mas cercano.
//PROSEEND
//PARAMSTART
//PARAMEND
//PROSESTART
//PROSEEND
double carga_maqp1=getlabelnum(current,"carga_maqp1");
fsnode* tsqueue = gettasksequencequeue(current);
double itemtipo=getlabelnum(current,"itemtipo");
int valor1; int valor2; int valor3; int valor4; int valor5; int valor6; int valor7; int valor8; int valor9; int valor10; int
valor11; int valor12;
if(itemtipo==115)
    {valor1=116;valor2=117;valor3=235;valor4=1000;valor5=1000;valor6=1000;valor7=1000;valor8=1000;
    valor9=1000;valor10=1000;valor11=1000;valor12=1000;}
*****
Se repite desde itemtipo==115 hasta itemtipo==247.
*****
if(itemtipo==247)
    {valor1=1000;valor2=1000;valor3=1000;valor4=1000;valor5=1000;valor6=1000;valor7=1000;valor8=1000;
    valor9=1000;valor10=1000;valor11=1000;valor12=1000;}

fsnode* returnts = NULL;
if(carga_maqp1==1)
{
    for(int index = 1; index <= content(tsqueue) && ! returnts; index++)
    { fsnode* curts = rank(tsqueue, index);

        if(getlabelnum(gettaskinvolved(curts,2,1),"carro")==valor1 ||
getlabelnum(gettaskinvolved(curts,2,1),"carro")==valor2 || getlabelnum(gettaskinvolved(curts,2,1),"carro")==valor3
|| getlabelnum(gettaskinvolved(curts,2,1),"carro")==valor4 ||
getlabelnum(gettaskinvolved(curts,2,1),"carro")==valor5 || getlabelnum(gettaskinvolved(curts,2,1),"carro")==valor6
|| getlabelnum(gettaskinvolved(curts,2,1),"carro")==valor7 ||
getlabelnum(gettaskinvolved(curts,2,1),"carro")==valor8 || getlabelnum(gettaskinvolved(curts,2,1),"carro")==valor9
|| getlabelnum(gettaskinvolved(curts,2,1),"carro")==valor10 ||
getlabelnum(gettaskinvolved(curts,2,1),"carro")==valor11 ||
getlabelnum(gettaskinvolved(curts,2,1),"carro")==valor12)
        { returnts = curts;}
    }
}

if(carga_maqp1==2)
{
    fsnode* activets=gettasksequence(current,0);
    fsnode* tsqueue=first(gettasksequencequeue(current));
    fsnode* destino1=gettaskinvolved(activets,4,1);
    fsnode* destino2=gettaskinvolved(tsqueue,4,1);
    double dist1=distancetotavel(current,destino1);
    double dist2=distancetotavel(current,destino2);
        if(dist1>dist2)
        {
            returnts=tsqueue;
        }
}
return tonum(returnts);

```

Registra actividades múltiples información

```

fsnode* item = parnode(1);
fsnode* current = ownerobject(c);
fsnode* station = parnode(2);

//PROSESTART
//Contador de carga y actividades multiples.
//PROSEEND
//PARAMSTART

//PARAMEND
//PROSESTART
//
//PROSEEND
double carga_maqp1=getlabelnum(current,"carga_maqp1");
double tipo=getlabelnum(item,"carro");
setlabelnum(current,"itemtipo",tipo);
if(carga_maqp1==1 && tipo==115)
{
  setlabelnum("tabla71",getlabelnum(node("/colatabla71",model()),"num_entrada"),7,1);
  fsnode* tsqueue=first(gettasksequencequeue(node("/maqp1",model())));
  double id=getlabelnum(gettaskinvolved(tsqueue,2,1),"numm");
  setlabelnum("radio",getlabelnum(item,"numm"),7,id);
}
*****
Se repite desde tipo==115 hasta tipo==247
*****
if(carga_maqp1==1 && tipo==247)
{
  setlabelnum("tabla133",getlabelnum(node("/colatabla133",model()),"num_entrada"),7,1);
  fsnode* tsqueue=first(gettasksequencequeue(node("/maqp1",model())));
  double id=getlabelnum(gettaskinvolved(tsqueue,2,1),"numm");
  setlabelnum("radio",getlabelnum(item,"numm"),7,id);
}

setlabelnum(current,"carga_maqp1",carga_maqp1+1);
setstate(current,15);

```

Esta programación permite discernir entre una actividad simple o una múltiple y guardar los tiempos de distintas maneras según sea el caso.

Registra información

```

fsnode* item = parnode(1);
fsnode* current = ownerobject(c);
fsnode* station = parnode(2);

//PROSESTART
//Toma tiempo termino de faena
//PROSEEND
//PARAMSTART
//PARAMEND
//PROSESTART
//PROSEEND
double carga_maqp1=getlabelnum(current,"carga_maqp1");
setlabelnum(current,"carga_maqp1",carga_maqp1-1);

double tipo=getlabelnum(item,"carro");
if(tipo==115)
{
double vout=time();
if(carga_maqp1==2)
{setlabelnum(current,"vout1",vout);}
double num=getlabelnum(item,"contador_4col");
settablenum("tabla71",num,4,vout);
double s=getlabelnum(item,"time_out");
double TF=vout-s;
settablenum("tabla71",num,5,TF);
double numm=getlabelnum(item,"numm");
settablenum("radio",numm,5,vout);
double sr=gettablenum("radio",numm,3);
double TFsr=vout-sr;
settablenum("radio",numm,6,TFsr);
settablestr("radio",numm,9,"maqp1");
double movimiento=gettablenum("tabla71",num,7);
//pf(movimiento);
if(movimiento==0)
{
double paso=getlabelnum(current,"fu");
setlabelnum(current,"fu",paso+TF);
double pasosr=getlabelnum(current,"fusr");
setlabelnum(current,"fusr",pasosr+TFsr);
}
if(movimiento==1)
{
double vout1=getlabelnum(current,"vout1");
if(vout>vout1)
{
double dif=vout-vout1;
double paso=getlabelnum(current,"fu");
setlabelnum(current,"fu",paso+dif);
double pasosr=getlabelnum(current,"fusr");
setlabelnum(current,"fusr",pasosr+dif);
}
}
else
{
double paso=getlabelnum(current,"fu");
setlabelnum(current,"fu",paso);
double pasosr=getlabelnum(current,"fusr");
setlabelnum(current,"fusr",pasosr);
}}}

```

```

*****
Se repite hasta el 247
*****
if(tipo==247)
{
double vout=time();
if(carga_maqp1==2)
{setlabelnum(current,"vout1",vout);}
double num=getlabelnum(item,"contador_4col");
settablenum("tabla133",num,4,vout);
double s=getlabelnum(item,"time_out");
double TF=vout-s;
settablenum("tabla133",num,5,TF);
double numm=getlabelnum(item,"numm");
settablenum("radio",numm,5,vout);
double sr=gettablenum("radio",numm,3);
double TFsr=vout-sr;
settablenum("radio",numm,6,TFsr);
settablestr("radio",numm,9,"maqp1");
double movimiento=gettablenum("tabla133",num,7);
//pf(movimiento);
if(movimiento==0)
{
double paso=getlabelnum(current,"fu");
setlabelnum(current,"fu",paso+TF);
double pasosr=getlabelnum(current,"fusr");
setlabelnum(current,"fusr",pasosr+TFsr);
}
if(movimiento==1)
{
double vout1=getlabelnum(current,"vout1");
if(vout>vout1)
{
double dif=vout-vout1;
double paso=getlabelnum(current,"fu");
setlabelnum(current,"fu",paso+dif);
double pasosr=getlabelnum(current,"fusr");
setlabelnum(current,"fusr",pasosr+dif);
}
else
{
double paso=getlabelnum(current,"fu");
setlabelnum(current,"fu",paso);
double pasosr=getlabelnum(current,"fusr");
setlabelnum(current,"fusr",pasosr);
}
}
}
setstate(current,1);

```

Esta programación, permite tomar el tiempo de termino de una actividad y sumar los minutos al Factor de utilización.

5.4.5 Controlador central

Esta encargado de llevar la cuenta de los turnos, además detiene a la máquina de Patio 2

cuando no debe trabajar y a todas las máquinas para la colación. Además despeja las vías.

```

fsnode* item = parnode(1);
fsnode* current = ownerobject(c);
unsigned int port = (unsigned int) parval(2);

//PROSESTART
//Controlador Central
//PROSEEND
//PARAMSTART
//PARAMEND
//PROSESTART
//PROSEEND
double r=time();pf(r);
double t=getlabelnum(current,"turno");
double n=getlabelnum(current,"n");
double d=getlabelnum(current,"dia");
double estado_maqcc=getstatenum(node("/maqcc",model()));pf(estado_maqcc);
double estado_maqas=getstatenum(node("/maqas",model()));pf(estado_maqas);
double estado_maqp1=getstatenum(node("/maq1",model()));pf(estado_maqp1);
double estado_maqp2=getstatenum(node("/maq2",model()));pf(estado_maqp2);pt("\n");

if(r==1440*d)
{ d=d+1;
  setlabelnum(current,"dia",d);
}

if(r==480*t)
{
  t=t+1;pf(t);
  setlabelnum(current,"turno",t);
  double FU_maqcc=((getlabelnum(node("/maqcc",model()),"fu"))/440)*100;
  double FUsr_maqcc=((getlabelnum(node("/maqcc",model()),"fusr"))/440)*100;
  double num_maqcc=getlabelnum(current,"espaciador_cc");
  setlabelnum(current,"espaciador_cc",num_maqcc+1);
  settablenum("factor_utilizacion",num_maqcc+1,1,FU_maqcc);
  settablenum("factor_utilizacionsr",num_maqcc+1,1,FUsr_maqcc);
  setlabelnum(node("/maqcc",model()),"fu",0);
  setlabelnum(node("/maqcc",model()),"fusr",0);
  double FU_maqas=((getlabelnum(node("/maqas",model()),"fu"))/440)*100;
  double FUsr_maqas=((getlabelnum(node("/maqas",model()),"fusr"))/440)*100;
  double num_maqas=getlabelnum(current,"espaciador_as");
  setlabelnum(current,"espaciador_as",num_maqas+1);
  settablenum("factor_utilizacion",num_maqas+1,2,FU_maqas);
  settablenum("factor_utilizacionsr",num_maqas+1,2,FUsr_maqas);
  setlabelnum(node("/maqas",model()),"fu",0);
  setlabelnum(node("/maqas",model()),"fusr",0);
  double FU_maqp1=((getlabelnum(node("/maq1",model()),"fu"))/440)*100;
  double FUsr_maqp1=((getlabelnum(node("/maq1",model()),"fusr"))/440)*100;
  double num_maqp1=getlabelnum(current,"espaciador_p1");
  setlabelnum(current,"espaciador_p1",num_maqp1+1);
  settablenum("factor_utilizacion",num_maqp1+1,3,FU_maqp1);
  settablenum("factor_utilizacionsr",num_maqp1+1,3,FUsr_maqp1);
  setlabelnum(node("/maq1",model()),"fu",0);
  setlabelnum(node("/maq1",model()),"fusr",0);
}

```

```

double FU_maqp2=((getlabelnum(node("/maq2",model()),"fu"))/440)*100;
double FUsr_maqp2=((getlabelnum(node("/maq2",model()),"fusr"))/440)*100;
double num_maqp2=getlabelnum(current,"espaciador_p2");
setlabelnum(current,"espaciador_p2",num_maqp2+1);
settablenum("factor_utilizacion",num_maqp2+1,4,FU_maqp2);
settablenum("factor_utilizacionsr",num_maqp2+1,4,FUsr_maqp2);
setlabelnum(node("/maq2",model()),"fu",0);
setlabelnum(node("/maq2",model()),"fusr",0);
if(n==1)
{
  setlabelnum(current,"n",2);
  resumeobject(node("/maq2",model()));
  //resumeobject(node("/maq1",model()));
  //resumeobject(node("/maqas",model()));
  //resumeobject(node("/maqcc",model()));
  openinput(node("/maq2",model()));
}
if(n==2)
{
  setlabelnum(current,"n",3);
  //resumeobject(node("/maq2",model()));
  //resumeobject(node("/maq1",model()));
  //resumeobject(node("/maqas",model()));
  //resumeobject(node("/maqcc",model()));
}
if(n==3)
{
  setlabelnum(current,"n",1);
  closeinput(node("/maq2",model()));
  //resumeobject(node("/maq2",model()));
  //resumeobject(node("/maq1",model()));
  //resumeobject(node("/maqas",model()));
  //resumeobject(node("/maqcc",model()));
}
}

if(n==1 && estado_maqp2==1)
{
  setlabelnum(node("/maq2",model()),"fu",0);
  fsnode *newts = createemptytasksequence(node("/maq2",model()),1,0);
  inserttask(newts,TASKTYPE_TRAVEL,node("/Origen73",model()),NULL);
  inserttask(newts,TASKTYPE_STOPREQUESTBEGIN,node("/maq2",model()),NULL,STATE_BLOCKED,NULL);
  inserttask(newts,TASKTYPE_BREAK,NULL,NULL);

  dispatchtasksequence(newts);
  return 0;
}
if(estado_maqcc==1 && r>=(480*t-170) && r<=(480*t-121))
{
  fsnode *newts = createemptytasksequence(node("/maqcc",model()),1,0);

  inserttask(newts,TASKTYPE_TRAVEL,node("/fcc",model()),NULL);
  inserttask(newts,TASKTYPE_STOPREQUESTBEGIN,node("/maqcc",model()),NULL,STATE_BLOCKED,NULL);
  inserttask(newts,TASKTYPE_BREAK,NULL,NULL);

  dispatchtasksequence(newts);
  return 0;
}

```

```

if(estado_maqcc==4 && r==(480*t-120))
{
resumeobject(node("/maqcc",model()));
}
if(estado_maqcc==1 && r>480*t-25)
{
fsnode *newts = createemptytasksequence(node("/maqcc",model()),1,0);

inserttask(newts,TASKTYPE_TRAVEL,node("/fcc",model()),NULL);
inserttask(newts,TASKTYPE_STOPREQUESTBEGIN,node("/maqcc",model()),NULL,STATE_BLOCKED,NULL);
inserttask(newts,TASKTYPE_BREAK,NULL,NULL);

dispatchtasksequence(newts);
return 0;
}
if(estado_maqcc==4 && r==(480*t-460))
{
resumeobject(node("/maqcc",model()));
}
if(estado_maqas==1 && r>=(480*t-170) && r<=(480*t-121))
{
fsnode *newts = createemptytasksequence(node("/maqas",model()),1,0);

inserttask(newts,TASKTYPE_TRAVEL,node("/fas",model()),NULL);
inserttask(newts,TASKTYPE_STOPREQUESTBEGIN,node("/maqas",model()),NULL,STATE_BLOCKED,NULL);
inserttask(newts,TASKTYPE_BREAK,NULL,NULL);

dispatchtasksequence(newts);
return 0;
}
if(estado_maqas==4 && r==(480*t-120))
{
resumeobject(node("/maqas",model()));
}
if(estado_maqas==1 && r>480*t-25)
{
fsnode *newts = createemptytasksequence(node("/maqas",model()),1,0);

inserttask(newts,TASKTYPE_TRAVEL,node("/fas",model()),NULL);
inserttask(newts,TASKTYPE_STOPREQUESTBEGIN,node("/maqas",model()),NULL,STATE_BLOCKED,NULL);
inserttask(newts,TASKTYPE_BREAK,NULL,NULL);

dispatchtasksequence(newts);
return 0;
}
if(estado_maqas==4 && r==(480*t-460))
{
resumeobject(node("/maqas",model()));
}
if(estado_maqp1==1 && r>=(480*t-170) && r<=(480*t-121))
{
fsnode *newts = createemptytasksequence(node("/maq1",model()),1,0);

inserttask(newts,TASKTYPE_TRAVEL,node("/Origen69",model()),NULL);
inserttask(newts,TASKTYPE_STOPREQUESTBEGIN,node("/maq1",model()),NULL,STATE_BLOCKED,NULL);
inserttask(newts,TASKTYPE_BREAK,NULL,NULL);

dispatchtasksequence(newts);
return 0;
}

```

```

if(estado_maqp1==4 && r==(480*t-120))
{
resumeobject(node("/maqp1",model()));
}

if(estado_maqp1==1 && r>480*t-25)
{
fsnode *newts = createemptytasksequence(node("/maqp1",model()),1,0);

inserttask(newts,TASKTYPE_TRAVEL,node("/Origen69",model()),NULL);
inserttask(newts,TASKTYPE_STOPREQUESTBEGIN,node("/maqp1",model()),NULL,STATE_BLOCKED,NULL);
inserttask(newts,TASKTYPE_BREAK,NULL,NULL);

dispatchtasksequence(newts);
return 0;
}
if(estado_maqp1==4 && r==(480*t-460))
{
resumeobject(node("/maqp1",model()));
}
if(estado_maqp2==1 && r>=(480*t-170) && r<=(480*t-121) && n==2)
{
fsnode *newts = createemptytasksequence(node("/maqp2",model()),1,0);

inserttask(newts,TASKTYPE_TRAVEL,node("/Origen73",model()),NULL);
inserttask(newts,TASKTYPE_STOPREQUESTBEGIN,node("/maqp2",model()),NULL,STATE_BLOCKED,NULL);
inserttask(newts,TASKTYPE_BREAK,NULL,NULL);

dispatchtasksequence(newts);
return 0;
}
if(estado_maqp2==4 && r==(480*t-120) && n==2)
{
resumeobject(node("/maqp2",model()));
}
if(estado_maqp2==1 && r>=(480*t-170) && r<=(480*t-121) && n==3)
{
fsnode *newts = createemptytasksequence(node("/maqp2",model()),1,0);

inserttask(newts,TASKTYPE_TRAVEL,node("/Origen73",model()),NULL);
inserttask(newts,TASKTYPE_STOPREQUESTBEGIN,node("/maqp2",model()),NULL,STATE_BLOCKED,NULL);
inserttask(newts,TASKTYPE_BREAK,NULL,NULL);

dispatchtasksequence(newts);
return 0;
}
if(estado_maqp2==4 && r==(480*t-120) && n==3)
{
resumeobject(node("/maqp2",model()));
}
if(estado_maqp2==1 && r>480*t-25)
{
fsnode *newts = createemptytasksequence(node("/maqp2",model()),1,0);

inserttask(newts,TASKTYPE_TRAVEL,node("/Origen73",model()),NULL);
inserttask(newts,TASKTYPE_STOPREQUESTBEGIN,node("/maqp2",model()),NULL,STATE_BLOCKED,NULL);
inserttask(newts,TASKTYPE_BREAK,NULL,NULL);

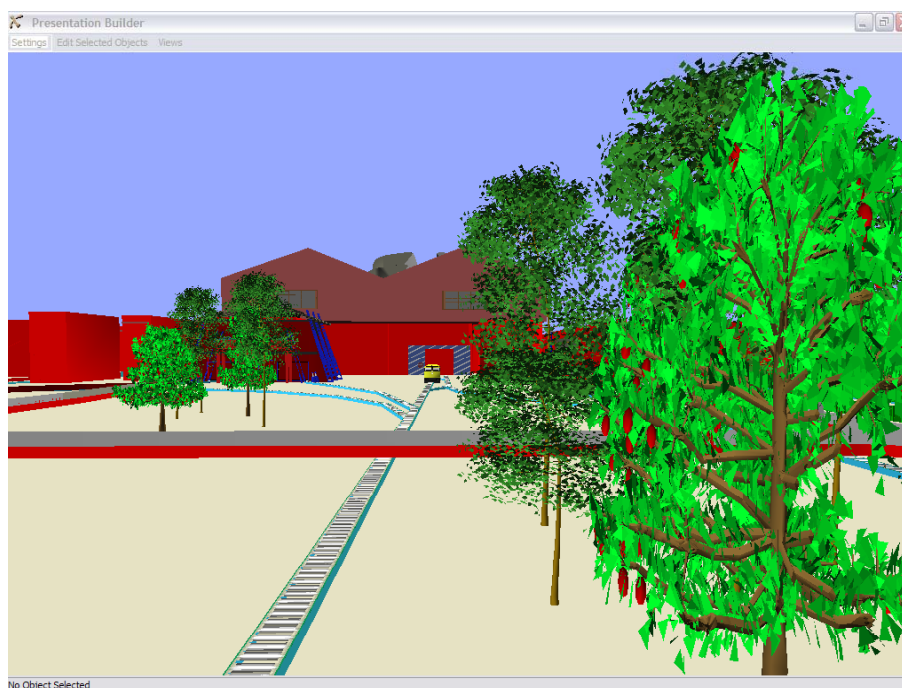
dispatchtasksequence(newts);
return 0;
}

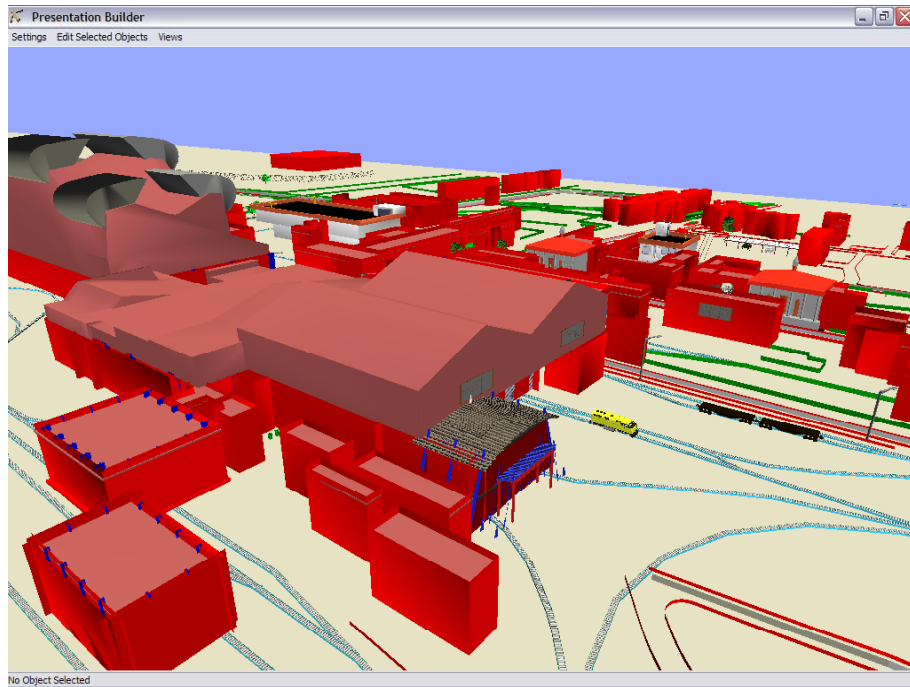
```

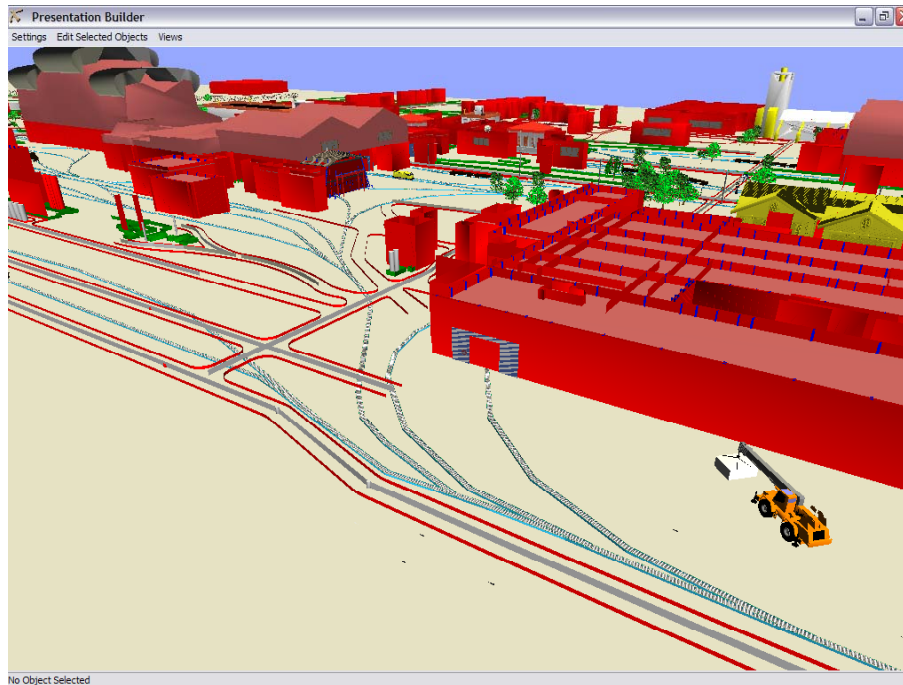
```
if(estado_maqp2==4 && r==(480*t-460) && n==2)
{
resumeobject(node("/maq2",model()));
}
if(estado_maqp2==4 && r==(480*t-460) && n==3)
{
resumeobject(node("/maq2",model()));
}
```

El controlador central esta a cargo de muchas áreas, dentro de ellas también despeja las vías para que las locomotoras no se choquen. Cabe mencionar, que al ser este un modelo de transporte se requirió desarrollar profundamente los conocimientos de los *Tasksequence*, lo cual fue fundamental para el desarrollo del trabajo.

5.5 Vista en perspectiva del modelo







5.6 Vista conexiones lógicas del modelo



CAPÍTULO 6

ANÁLISIS DE DATOS DEL MODELO

6.1 Análisis de datos de entrada

La información utilizada para la construcción del modelo, comprende el período de Agosto del 2004 a Enero del 2005. Los datos se registran una vez realizados los ajustes necesarios en el Sistema de registro de la radio. Con esta información, se realiza un primer análisis a las lógicas de movimiento, el cual se complementa posteriormente con un estudio en terreno. Las distribuciones empleadas para representar la generación de pedidos se obtienen mediante un ajuste de curvas realizado con el módulo de análisis de datos *Experfit*, del programa de simulación, el cual presenta una gran cantidad de test estadísticos y gráficos, que permiten comprobar la veracidad del ajuste

Para la construcción del modelo, fue necesario recopilar información de diversas áreas. En esta etapa, se utilizan los registros de la base de datos proporcionada por la radio, estudios existentes y datos tomados en terreno.

A continuación se detallan los antecedentes recopilados:

- Velocidades de las máquina.
- Tiempos de carga y descarga de carros.
- Tiempos de carga de combustible.
- Tiempos de colación.
- Velocidad permitida en ciertas vías

La mayor parte de la información se obtuvo mediante trabajo en terreno, se tomaron los tiempos de carga y descarga de todas las máquina. Luego de haber recolectado una cantidad suficientemente grande de datos, se analiza y se determina que el comportamiento de estos tiempos no obedece a ningún patrón relacionado con el tipo de material que se está cargando o descargando. Más bien, los tiempos se asocian a hechos imposibles de prever, por lo que se tratan como datos estocásticos. La cantidad de datos necesarios, se determinó según la información contenida en el apéndice referente a *Experfit* señalado en el manual de usuario del programa. La generación de pedidos para los distintos departamentos, al igual que los tiempos de carga y descarga, se consideran como datos de tipo estocástico, las cuales se presentan en el Anexo D.(funciones de *Experfit*)

Por otro lado, las velocidades promedio para las locomotoras se determinarán en el modelo como datos determinísticos. Es posible y resulta más útil, el uso de un promedio de éstos para diferentes vías y para sus dos estados, con carga y sin carga.

Los tiempos de falla fueron incluidos al modelo como un movimiento en el cual se hace el ingreso de la locomotora al taller MYRE. En caso de ser necesaria una reparación mayor, esta es inmediatamente reemplazada por otra. Así, los tiempos de falla, en general, no provocan alteraciones mayores en el sistema. Para las faenas de carga de combustible se utilizan criterios similares.

Las lógicas de movimiento fueron estudiadas en terreno; en una primera instancia con la supervisión del Sr. Sergio Paredes, Jefe de Operaciones del departamento de Tráfico y Muelle. Posteriormente, se analizan las tareas del coordinador y maquinista en diversos turnos.

Para el análisis de los resultados, se estima óptimo realizar corridas de un mes de duración; esto entregará información correspondiente a 90 turnos, dejando fuera del análisis el primero de estos, considerado como tiempo de calentamiento.

6.2 Validación del modelo

La validación del modelo se realiza sobre la base del mismo período utilizado en la construcción de éste. Se utilizan para la validación, las siguientes estadísticas:

- Cantidad Mensual de pedidos
- Tiempo de Faena
- Factor de Utilización

Para la validación de cada estadística, se utilizan intervalos de confianza del 95%, con estos se comprueba si la información entregada por el sistema de registro concuerda con los resultados del modelo.

La cantidad de pedidos mensuales realizados por el conjunto de locomotoras que operan en el sistema, en promedio, fue de 3647 movimientos. Para la cantidad de pedidos mensuales, se tiene el siguiente intervalo, el cual contiene el valor promedio real:

$$[3563 < \text{Cantidad de pedidos mensuales} < 3687]$$

Además, para respaldar la validación, se realiza una prueba de hipótesis suponiendo varianzas desiguales para dos muestras. Se plantea la siguiente prueba de hipótesis:

$$\mathbf{H_0: media\ real = media\ modelo}$$

$$\mathbf{H_1: media\ real \neq media\ modelo}$$

Se calcula el estadístico de prueba y el valor crítico, concluyéndose, que al ser el estadístico de prueba menor que el valor crítico, no se rechaza la hipótesis nula.

Por último, se validan los Tiempos de Faena y Factores de Utilización. Los valores promedios reales, 18,13 minutos y 45,8%, están contenidos en sus intervalos de confianza respectivos:

$$[18.07 < \text{Tiempos de Faena} < 18.31]$$

$$[42.10 < \text{Factor de Utilización} < 48.50]$$

Según lo presentado, se puede concluir que el modelo se encuentra debidamente validado.

6.3 Cálculo del número de replicas

Se realizan siete corridas piloto. a partir de las cuales se obtiene la información necesaria para estimar el número de réplicas necesarios para asegurar la fiabilidad de los resultados del modelo. Se obtiene, considerando un α de 5% y una precisión de 10%, que el número de replicas a realizar debe ser como mínimo cinco. Según este resultado, se continua trabajando en base a las siete corridas pilotos.

Para calcular el número de replicas se utiliza la ecuación⁸:

$$n = \left(\frac{t_{\alpha/2, n-1} \times S_x}{p \times \bar{X}} \right)^2$$

Donde:

n : Número de muestras para un grado de exactitud deseado.

S_x : Desviación estándar muestral.

X : Media muestral.

$t_{\alpha/2, n-1}$: Valor crítico asociado a la distribución t-student.

p : Nivel de precisión.

⁸ Banks, Jerry. Carson, John., "Discrete-Event System Simulation", 2nd ed., Prentice Hall, New Jersey, 1996.

CAPÍTULO 7

RESULTADOS

7.1 Resultados obtenidos

La principal razón que determina la construcción del modelo, a diferencia de muchos otros casos, no fue encontrar cuellos de botella u optimizar factores de operación; en este estudio lo que se busca es conocer la capacidad de respuesta del sistema ante diversos escenarios, cuyo objetivo es evaluar condiciones de operación que hagan el sistema más eficiente, considerando la dotación de máquinas y una perspectiva de costos.

A continuación, se entregan los resultados obtenidos en la simulación, donde los parámetros empleados para comparar el comportamiento de los escenarios son:

- **Factor de Utilización (FU):** Tiempo Trabajado/Tiempo disponible
- **Tiempo de Respuesta (TR)**
- **Tiempo de Respuesta Cliente (TRc)**
- **Tiempo de Faena (TF)**
- **Cantidad de Pedidos:** N° de registros mensuales
- **Cantidad desagregada de Pedidos:** N° de registros por vías

Para comprender mejor los Tiempos de Respuesta y Tiempo de Faena, se presenta a continuación el siguiente esquema:

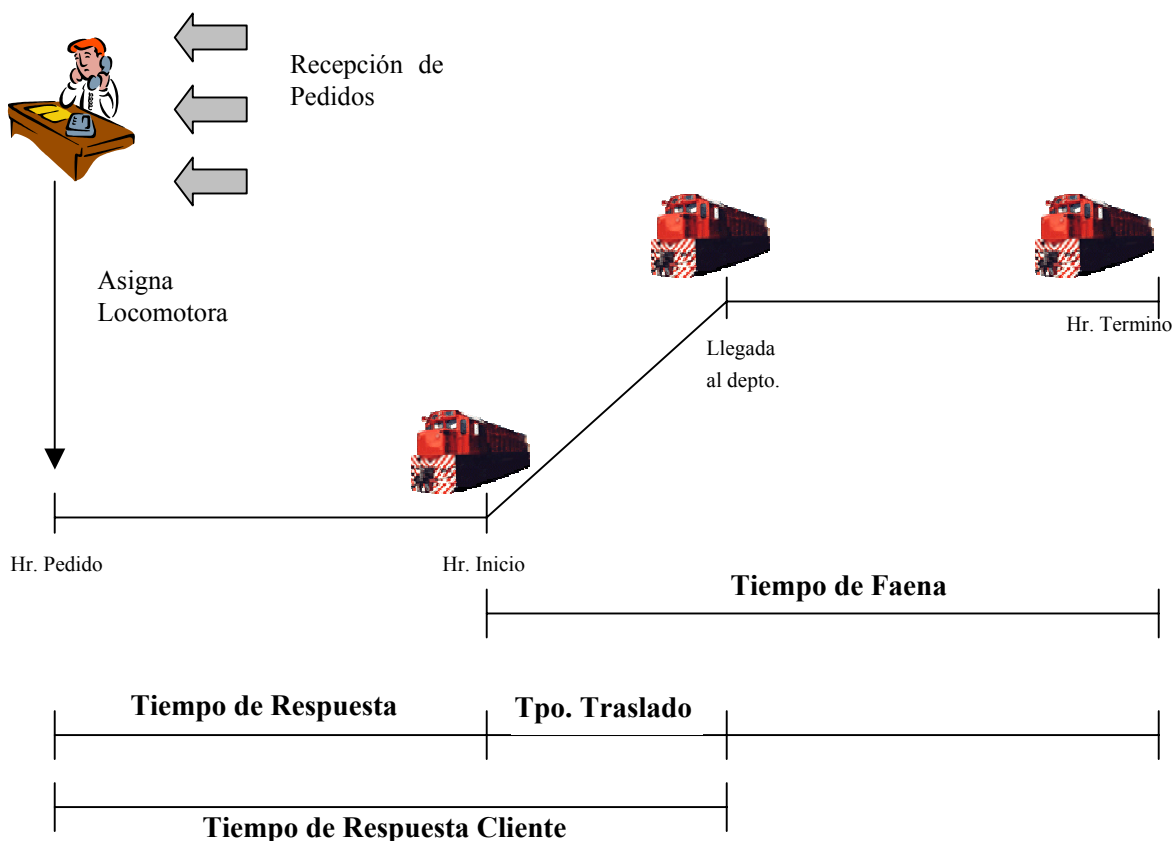


Figura 7.1: Esquema de una faena, composición de los tiempos.

Como se observa en el esquema 7.1, el Tiempo de Respuesta es el comprendido entre el registro del pedido en la radio, hasta el momento en que se asigna una locomotora para la realización de la faena. Del mismo modo, el Tiempo de Respuesta Cliente, esta comprendido entre el registro del pedido en la radio, hasta el momento en que la locomotora llega al departamento solicitante. Por ultimo, los Tiempos de Faena y de Traslado quedan determinados desde el momento en que se recibe la orden en la locomotora, hasta que se concluye la faena o se llega al departamento respectivamente.

7.2 Escenario actual

La estructura del escenario actual, cuenta en su operación con una dotación de seis locomotoras, la distribución de éstas no es uniforme a través de todos los turnos. La asignación de locomotoras para las diversas áreas es la siguiente:

Actividad	Nº unidades 1º turno	Nº unidades 2º turno	Nº unidades 3º turno
Alto Horno 1	1	1	1
Alto Horno 2	1	1	1
Colada Continua	1	1	1
Acería- Scrap	1	1	1
Patio	1	2	2
Total unidades	5	6	6

Tabla 7.1: Dotación de máquinas actual.

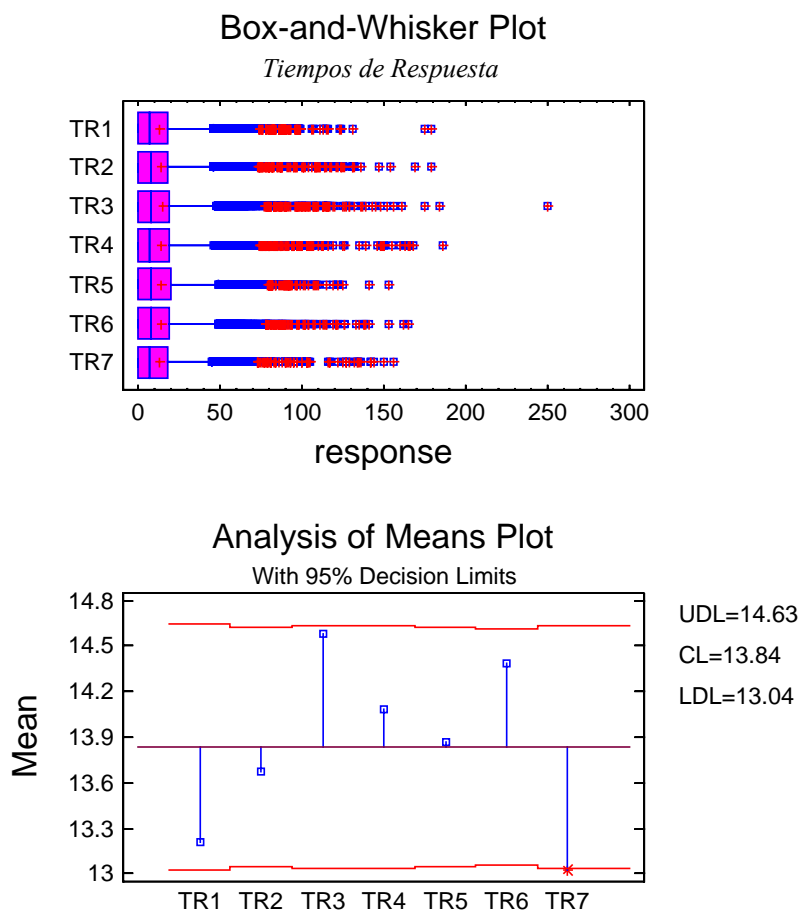
Los resultados obtenidos se enseñan a continuación:

	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 3	Réplica 4	Réplica 5	Réplica 6	Réplica 7
Cantidad pedidos	3482	3661	3622	3572	3699	3733	3611

Tabla 7.2: Cantidad mensual de pedidos atendidos en cada réplica.

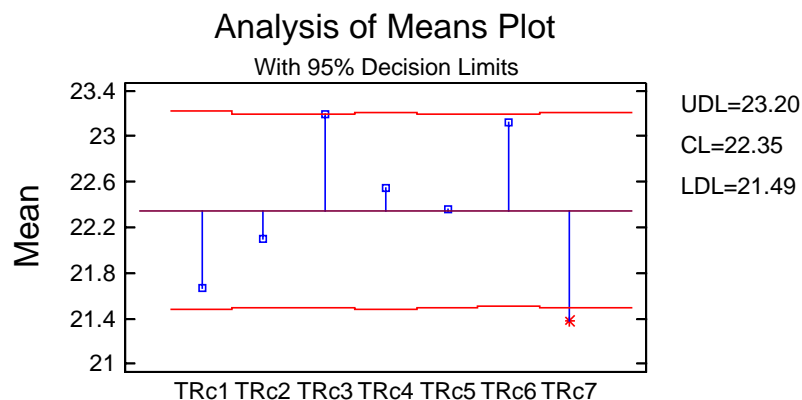
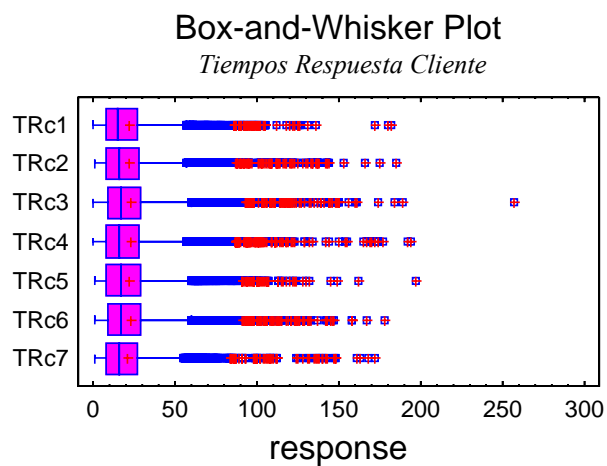
El análisis de los parámetros, que explican el desempeño del sistema, se realizó con el paquete estadístico Statgraphics. Para cada parámetro, se realiza una comparación múltiple de muestras. Se obtienen gráficos de Caja y Bigote (Box and Whisker Plot), gráficos de Análisis de Medias (Analysis of Means Plot) los cuales permiten visualizar su comportamiento a través de las diferentes réplicas. En el Anexo E, se presentan análisis de estadística descriptiva para cada parámetro de los escenarios Actual y Propuesto.

En este escenario, el modelo realizó, en promedio, 3626 movimientos mensuales. Para los *Tiempos de Respuesta* se realizan los siguientes grafico:



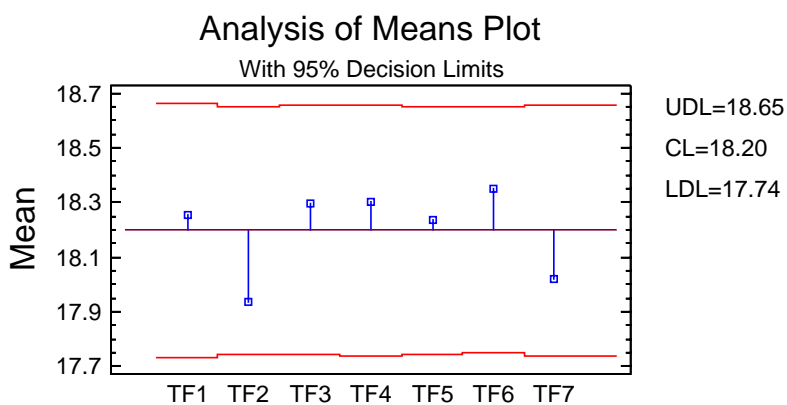
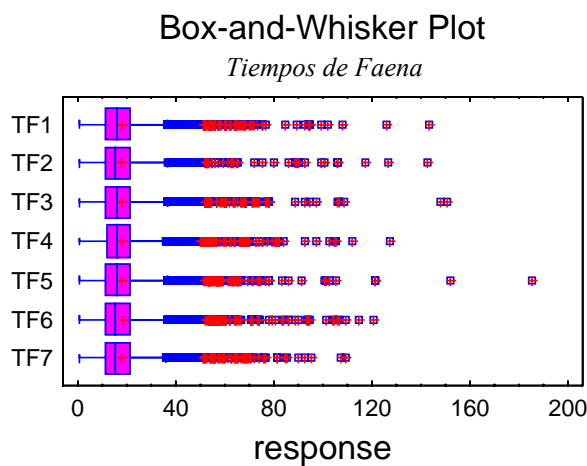
Se observa un *Tiempo de Respuesta* promedio de 13,84 minutos, con una desviación estándar de 19,27 minutos. El valor mínimo presentado fue de 0 minutos, lo que se explica como la inmediata disponibilidad de locomotora para la atención de un pedido, cabe recordar que el *Tiempo de Respuesta* es un indicador para el departamento, no para el cliente. El máximo valor presentado fue de 250,16 minutos.

Para los *Tiempos de Respuesta Cliente*, se presentan los siguientes gráficos:



Los *Tiempos de Respuesta Cliente*, presentaron un promedio de 22,35 minutos, con una desviación estándar de 20,72 minutos. Se registro un valor mínimo de 0,26 minutos y un máximo de 256,68 minutos.

Al igual que para los parámetros anteriores, se presentan los gráficos con la información relativa a los *Tiempos de Faena*:



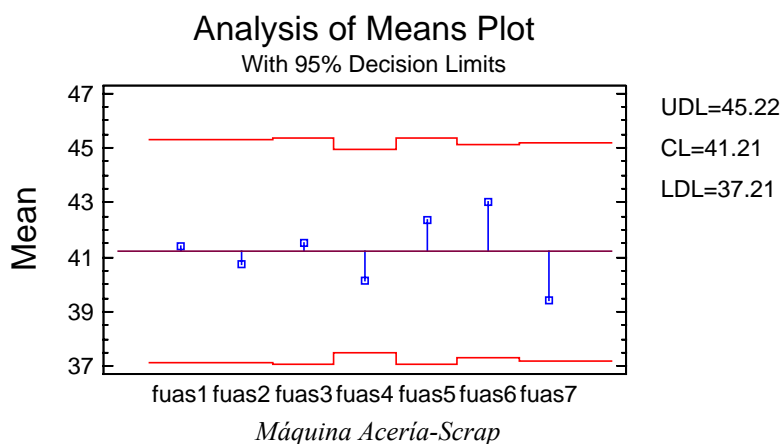
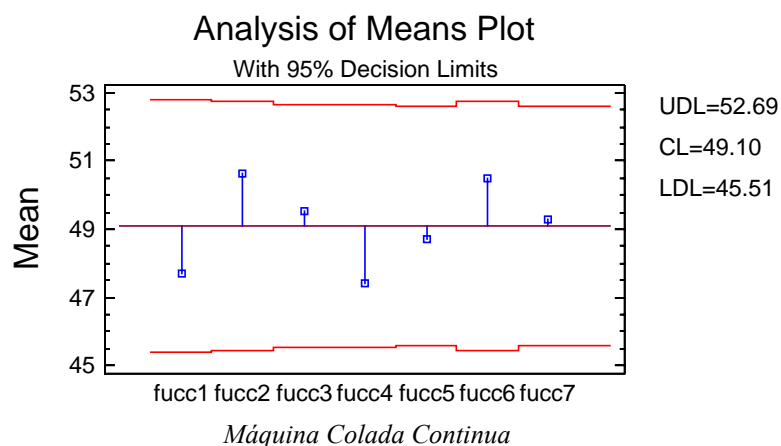
Los *Tiempos de Faena*, presentaron un promedio de 18,20 minutos, con una desviación estándar de 11,07 minutos. Se registro un valor mínimo de 0,41 minutos y un máximo de 185,62 minutos.

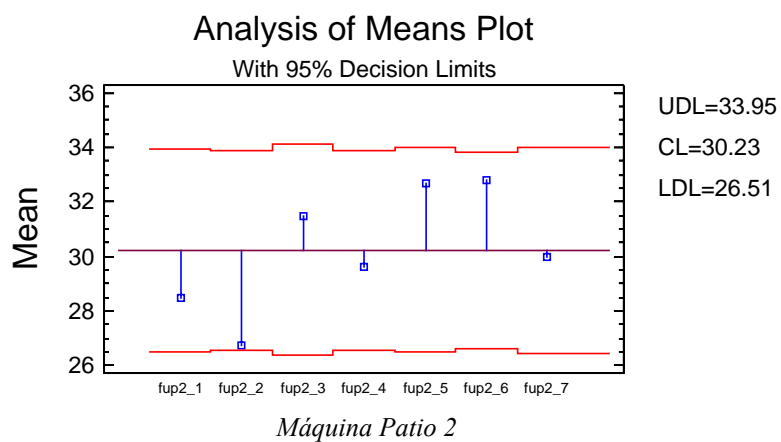
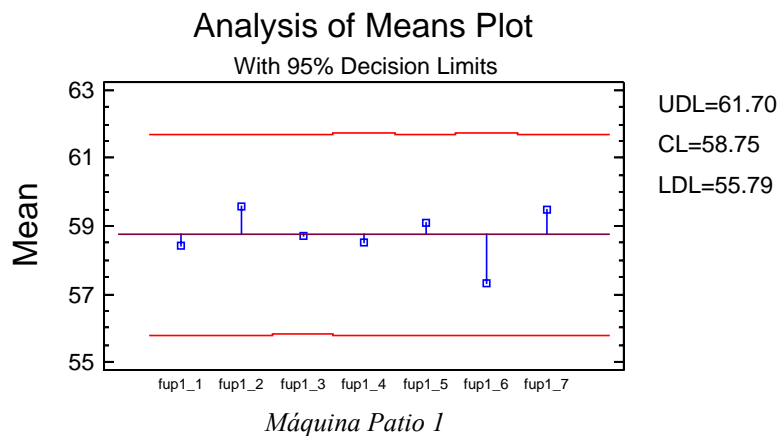
En resumen, las estadísticas en estudio para los diferentes parámetros se presentan en la tabla 7.3:

TR	TRc	TF	TT
13,84min	22,35min	18,20min	8,55min

Tabla 7.3: Parámetros obtenidos, escenario actual.

Finalmente, se muestra información relativa a los *Factores de Utilización*, para cada una de las máquinas en operación:





En la tabla 7.4, se resumen los factores de utilización para las diferentes locomotoras:

	Máquina Colada Continua	Máquina Aceria-Scrap	Máquina Patio 1	Máquina Patio 2
FU	49,10%	41,21%	58,74%	30,23%

Tabla 7.4: Factor de utilización promedio para cada locomotora.

7.3 Escenario Propuesto: Dotación 5-5-5

Como se mencionó al comienzo del capítulo 6, la confección del modelo y los escenarios propuestos, deben estar orientados a la disminución de los costos de operación del sistema, manteniendo un servicio eficiente y oportuno. De esta manera, el escenario propuesto, disminuye la dotación actual de locomotoras en una máquina, en los segundos y terceros turnos, asignando las restantes a las diversas áreas de la siguiente manera:

Actividad	Nº unidades 1º turno	Nº unidades 2º turno	Nº unidades 3º turno
Alto Horno 1	1	1	1
Alto Horno 2	1	1	1
Colada Continua	1	1	1
Acería- Scrap	1	1	1
Patio	1	1	1
Total unidades	5	5	5

Tabla 7.5: Dotación de máquinas propuesta

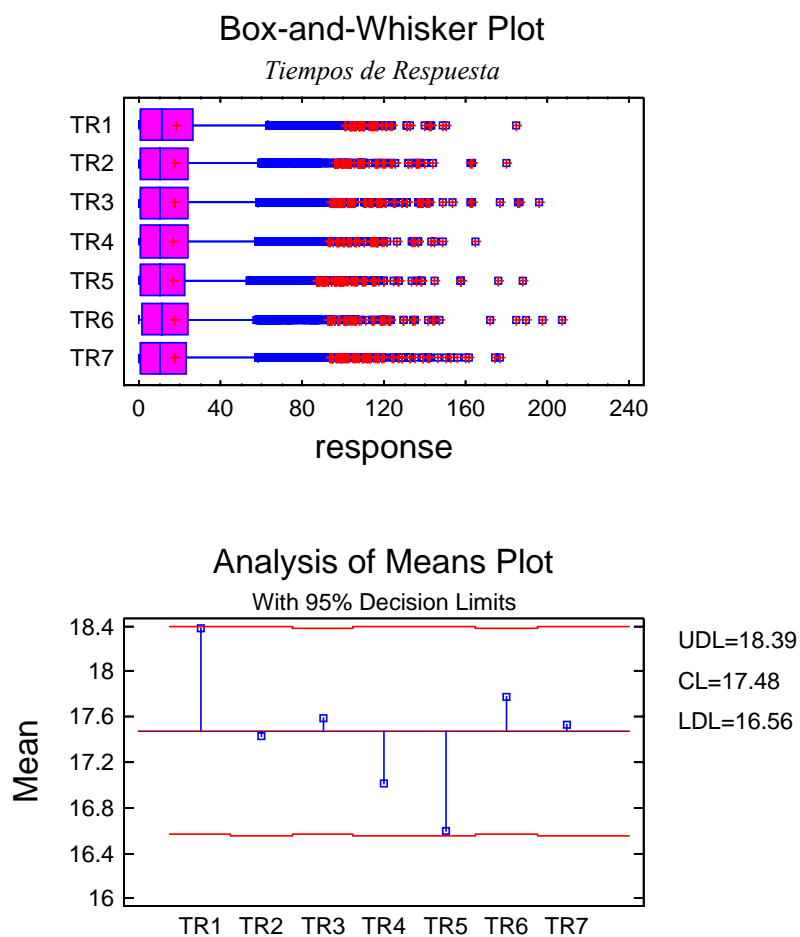
La liberación de este recurso ferroviario, implica un ahorro bastante significativo para el departamento, tanto en personal como en gastos de mantención, un desglose detallado de los ahorros se presenta en el Anexo F. Cabe destacar que el ahorro en horas hombre no es por reducción de personal, ya que no se utiliza personal extra para la locomotora de Patio 2. Las horas hombre ahorradas corresponde a horas extras de personal que dobla turno, las cuales tienen un mayor valor monetario.

La cantidad de pedidos realizados por réplica, se observa a continuación en la tabla 7.6:

	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 3	Réplica 4	Réplica 5	Réplica 6	Réplica 7
Cantidad pedidos	3654	3609	3685	3624	3580	3739	3599

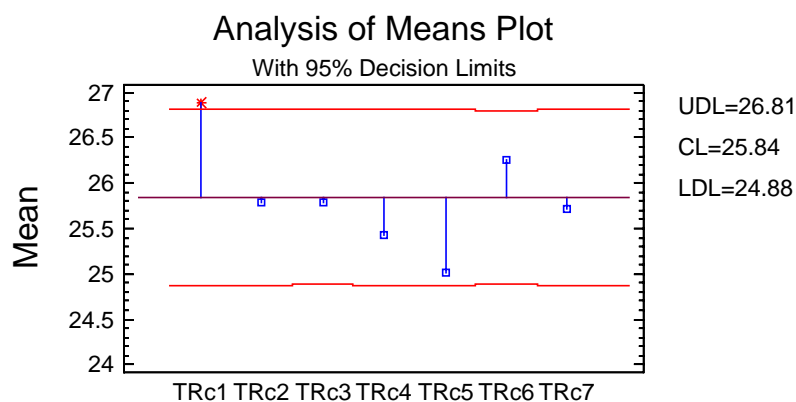
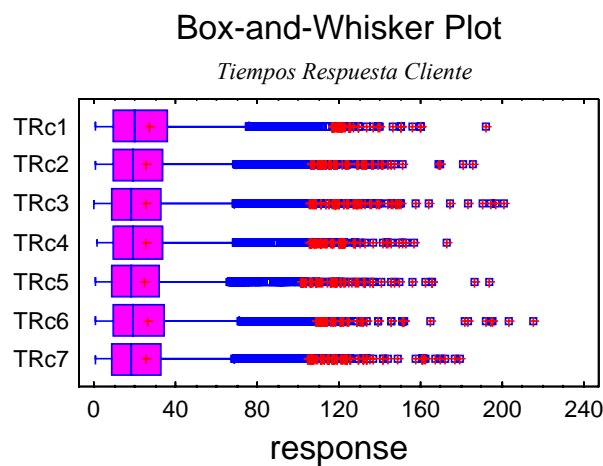
Tabla 7.6: Cantidad mensual de pedidos atendidos en cada réplica.

En este escenario, se confirma la correcta validación del sistema, realizando 3641 movimientos. De forma similar al escenario anterior, se presentan los análisis de media de las estadísticas en estudio. Los gráficos para los *Tiempos de respuesta*, se presentan a continuación:



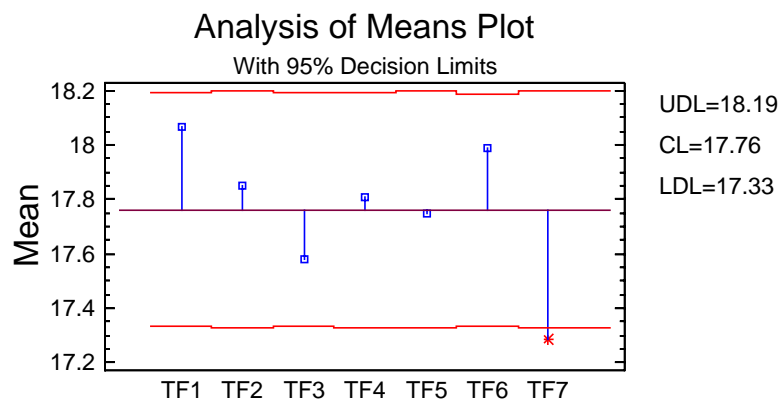
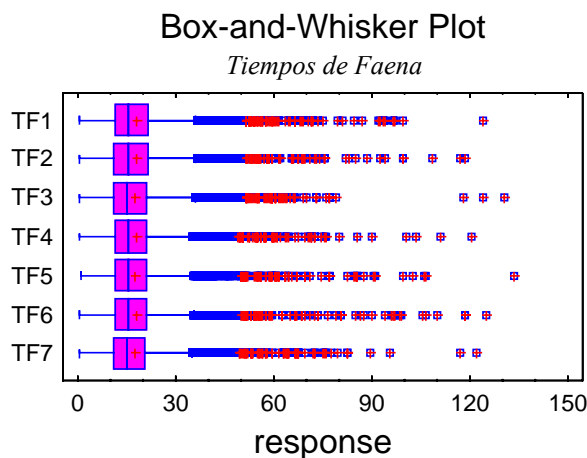
Los *Tiempos de Respuesta*, presentaron un promedio de 17,48 minutos, con una desviación estándar de 22,27 minutos. Se registra un valor mínimo de 0 minutos y un máximo de 207,44 minutos.

Los resultados con respecto a los *Tiempos de Respuesta Cliente*, son los siguientes:



Los *Tiempos de Respuesta Cliente*, presentaron un promedio de 25,84 minutos, con una desviación estándar de 23,54 minutos. Se registro un valor mínimo de 0,22 minutos y un máximo de 214,97 minutos.

Se observa el análisis para los *Tiempos de Faena* en los siguientes gráficos:



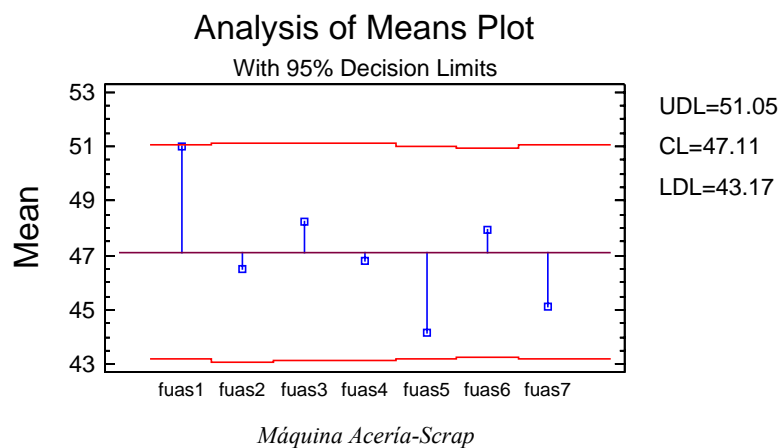
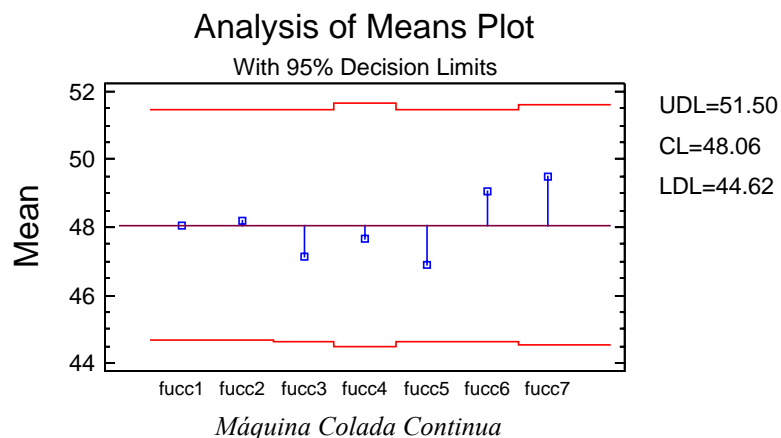
Los *Tiempos de Faena*, presentaron un promedio de 17,76 minutos, con una desviación estándar de 10,48 minutos. Se registro un valor mínimo de 0,46 minutos y un máximo de 133,44 minutos.

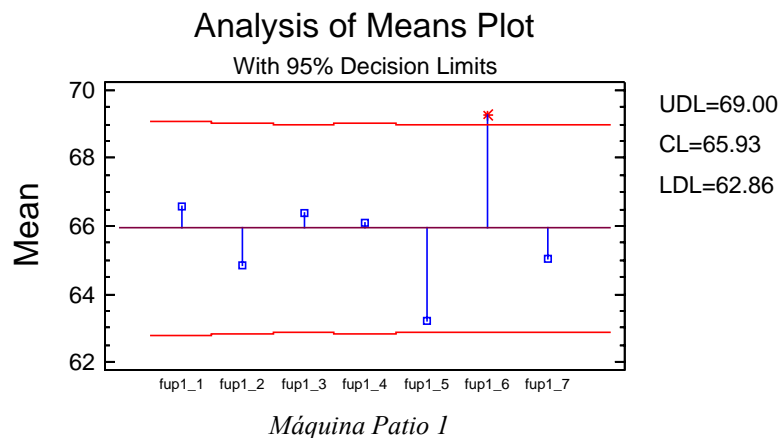
La tabla 7.7, resume las estadísticas para los diferentes parámetros:

TR	TRc	TF	TT
17,48min	25,84min	17,76min	8,40min

Tabla 7.7: Parámetros obtenidos , escenario propuesto.

Los siguientes gráficos, muestran los valores presentados por los *Factores de Utilización* de cada máquina.





Los factores de utilización de las locomotoras se resumen en la tabla 7.8:

	Máquina Colada Continua	Máquina Acería-Scrap	Máquina Patio 1	Máquina Patio 2
FU	48,06%	47,11%	65,93%	0%

Tabla 7.8: Factor de utilización promedio para cada locomotora.

El análisis comparativo de los escenarios se presenta al final del capítulo, en el cual se explican las variaciones en los *Factores de Utilización*, *Tiempos de respuesta*, *Tiempos de Faena*, etc.

7.4 Escenario propuesto con aumento de Producción

Básicamente, este escenario es representado como un complemento al escenario del punto anterior. Dado, a que existe la posibilidad de aumentar la producción de acero líquido en un 10%, situación que se manifiesta debido a la alta demanda de barras que exige el mercado actual; es necesario conocer como se comportará el sistema, ya que de no tener un funcionamiento óptimo, la eliminación de una locomotora se hace poco viable.

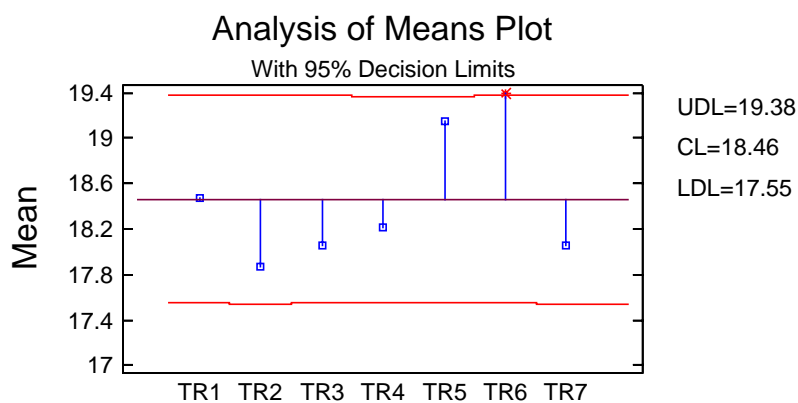
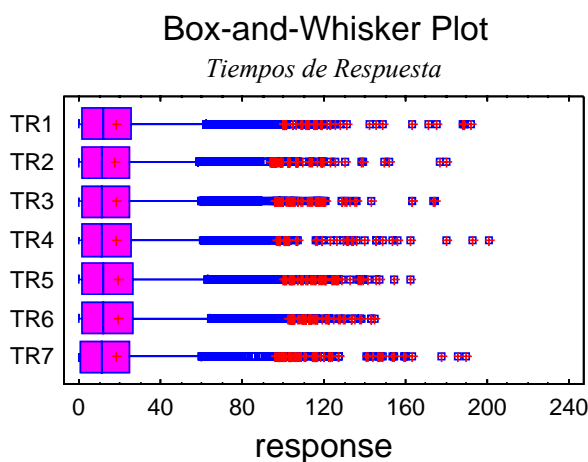
Se mantiene la dotación de locomotoras (5-5-5), al igual que en el escenario anterior, con las implicancias correspondientes de un aumento de 10% en la línea productiva, lo cual origina más movimientos para los departamentos afectados.

La cantidad de pedidos realizados por réplica, se observa a continuación en la tabla 7.9:

	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 3	Réplica 4	Réplica 5	Réplica 6	Réplica 7
Cantidad pedidos	3742	3727	3758	3794	3802	3763	3678

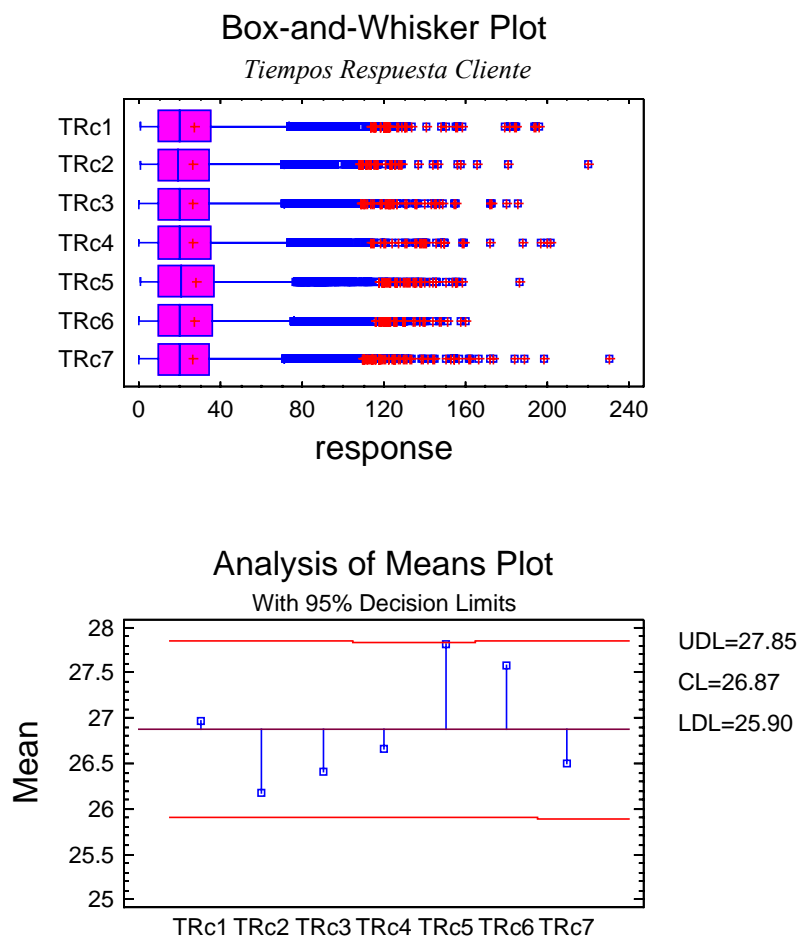
Tabla 7.9: Cantidad mensual de pedidos atendidos en cada réplica.

En este escenario, el modelo realizó, en promedio, 3752 movimientos. Para los *Tiempos de Respuesta* se realizan los siguientes grafico:



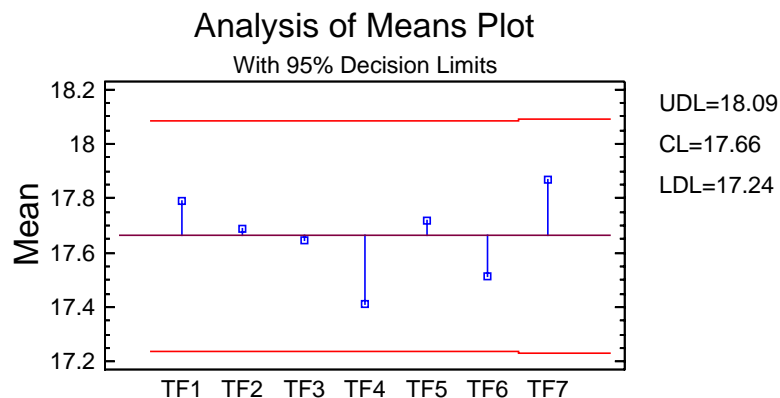
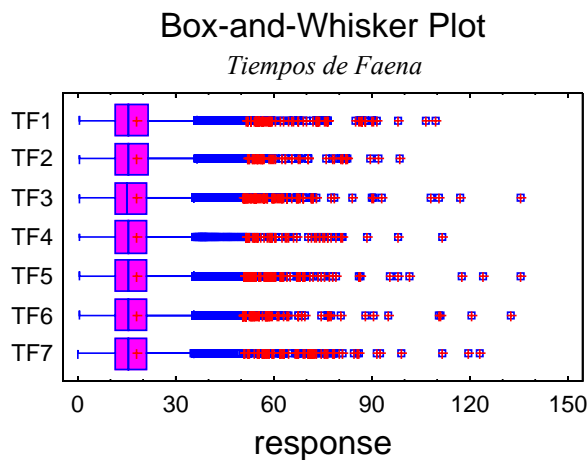
Los *Tiempos de Respuesta*, presentaron un promedio de 18,46 minutos, con una desviación estándar de 22,62 minutos. Se registro un valor mínimo de 0 minutos y un máximo de 201,19 minutos.

Los *Tiempos de Respuesta Cliente*, se grafican a continuación:



Los *Tiempos de Respuesta Cliente*, presentaron un promedio de 26,87 minutos, con una desviación estándar de 23,97 minutos. Se registro un valor mínimo de 0 minutos y un máximo de 230,32 minutos.

Los gráficos para los *Tiempos de Faena*, se muestran a continuación:



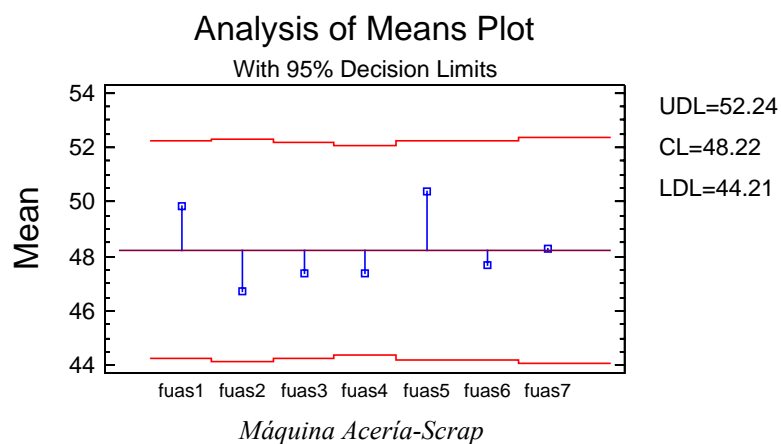
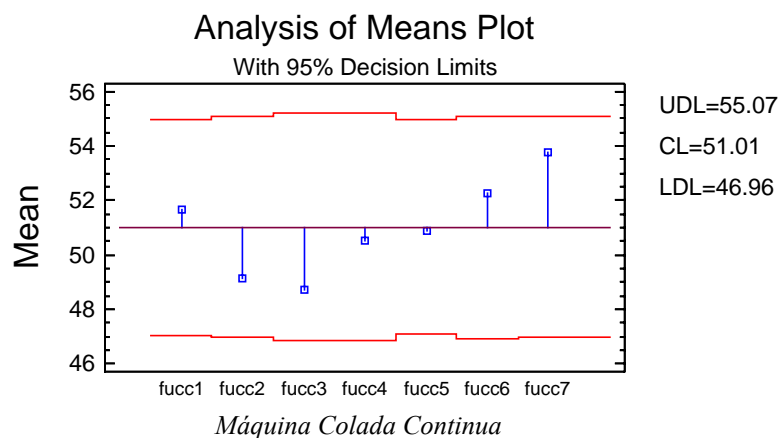
Los *Tiempos de Faena*, presentaron un promedio de 17.66 minutos, con una desviación estándar de 10.52 minutos. Se registro un valor mínimo de 0 minutos y un máximo de 135.63 minutos.

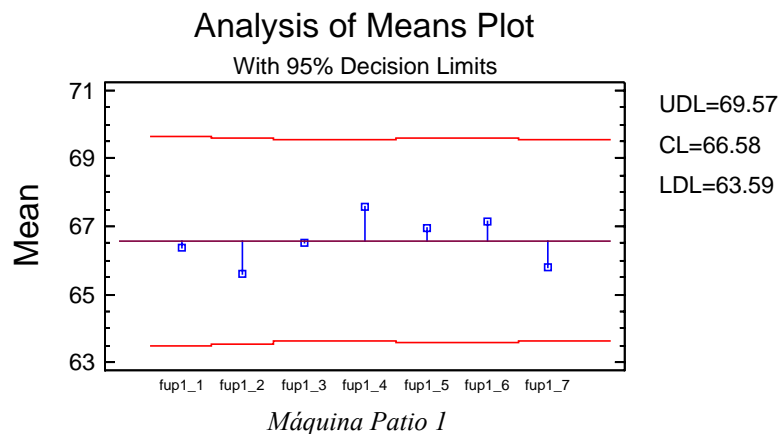
La tabla 7.10, resume las estadísticas en estudio:

TR	TRc	TF	TT
18.46min	26.87	17.99	8.45

Tabla 7.10: *Parámetros obtenidos, escenario propuesto.*

Como en los escenarios anteriores, se presentan los gráficos para los *Factores de Utilización* de las distintas locomotoras.





Los factores de utilización de las locomotoras se resumen en la tabla 7.11:

	Máquina Colada Continua	Máquina Aceria-Scrap	Máquina Patio 1	Máquina Patio 2
FU	51,01%	48,22%	66,58%	0%

Tabla 7.11: Factor de utilización promedio para cada locomotora.

7.5 Análisis Comparativo

A continuación, se realiza un análisis comparativo para cada una de las estadísticas en estudio, para posteriormente explicar el comportamiento de las variables en su conjunto.

Ya determinados los Factores de Utilización resultantes en cada escenario, se presenta el siguiente gráfico para analizar su comportamiento:

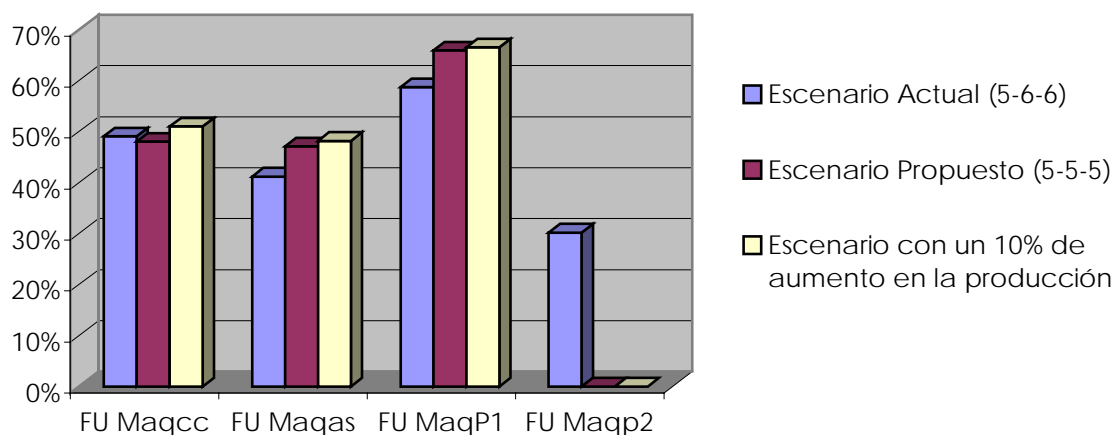


Grafico 7.1: Factores de Utilización para las locomotoras en los diferentes escenarios.

Al disminuir una locomotora de la dotación de máquina del escenario actual, se produce un aumento significativo en los factores de utilización de las locomotoras de Acería-Scrap y Patio 1, manteniéndose inalterado el factor de utilización para la locomotora de Colada Continua. Esto se explica dado que los movimientos realizados en la zona de Colada, no están relacionados con las funciones desempeñadas por la máquina de Patio 2.

El aumento registrado en los FU, de las zonas de Acería-Scrap y Patio 1, de 5,9% y 7,8% respectivamente, no corresponde exactamente con el 30,23% de utilización que presenta la máquina de Patio 2 en el escenario actual, situación que se explicará con más detalle después de analizar el comportamiento de los demás parámetros utilizados para evaluar el desempeño del sistema.

Por otro lado, para analizar los distintos tiempos que caracterizan la actividad de los equipos ferroviarios, se confecciona el siguiente gráfico que muestra la evolución de cada uno de los tiempos en estudio, al pasar de un escenario a otro:

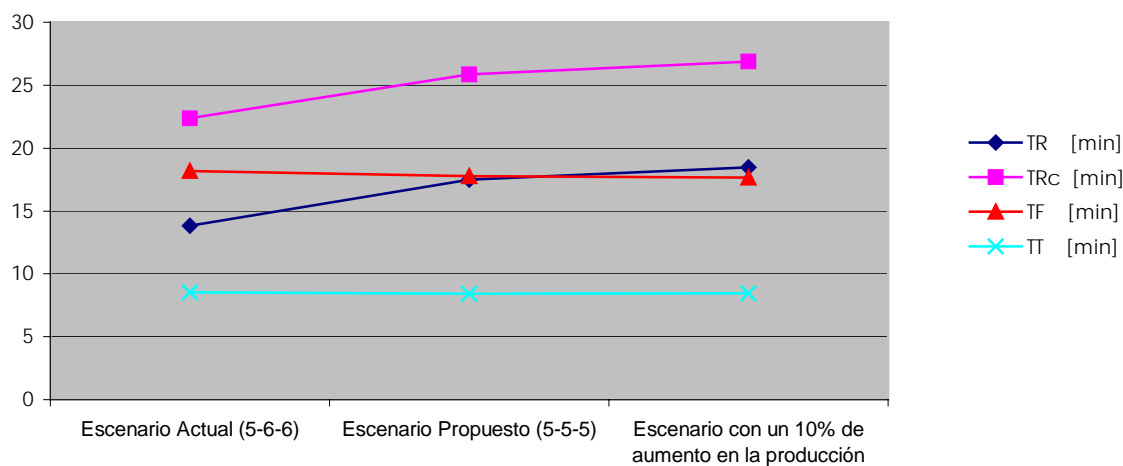


Grafico 7.2: Comportamiento de los parámetros en los diferentes escenarios.

Se aprecia claramente, que ambos Tiempos de Respuesta presentan un comportamiento muy similar. Sin embargo, un mayor análisis permite identificar una diferencia que es importante tener en consideración, el efecto de una mayor exigencia al sistema conlleva mayores variaciones sobre los Tiempos de Respuesta que sobre los Tiempos de Respuesta Cliente.

Por otra parte, también se aprecia que los Tiempos de Traslado y Tiempos de Faena se comportan de manera similar. Sin embargo, al igual que en el caso anterior, un análisis más detallado, indica que los Tiempos de Faena presentan un menor cambio al aumentar las exigencias.

Todos los efectos, ocasionados al aumentar la exigencia de las máquinas, se explican en conjunto bajo los siguientes argumentos:

- Tanto los Tiempos de Traslado como los Tiempos de Faena disminuyen debido a la mayor cantidad de movimientos múltiples. Estos aumentan en un 15% al pasar del escenario actual a un esquema de operación 5-5-5.
- También se puede explicar una disminución de los tiempos, debido a la disminución de la posibilidad de que las distintas máquinas interfieran mutuamente en su desplazamiento.
- La reducción de los tiempos en análisis es la razón por la cual el factor de utilización presentado por la máquina de Patio 2, no se refleje en su totalidad en los factores de utilización de las otras máquinas al prescindir de este equipo.
- Dada la relación entre el factor de utilización y los Tiempos de Faena; ante la disminución de 2,43% de estos últimos, se presenta otra razón por la cual existe una diferencia entre el 30,23% registrado por la locomotora de Patio 2 y el aumento de un 13,7% registrado entre la locomotora de Acería-Scrap y Patio 1.

- Finalmente, en el escenario propuesto con un 10% de aumento en la producción, se observa un incremento de 5,6% en los Tiempos de Respuesta y 3,8% en los Tiempos de Respuesta Cliente. Los factores de utilización, aumentan en un 6,13% para la locomotora de Colada Continua, un 2,35% para la locomotora de Acería-Scrap y un 0,98% para la locomotora de Patio 1. Como la variación presentada en los indicadores, al aumentar la producción en un 10%, es pequeña, se puede concluir, que el retiro de una locomotora del circuito, es sostenible, inclusive cuando se haga efectivo el aumento de producción.

El conjunto de resultados obtenidos en los diferentes escenarios, se resume a continuación en la tabla 7.12:

Escenarios	Escenario Actual (3-4-4)	Escenario Propuesto (3-3-3)	Escenario con un 10% de aumento en la producción
TR	13,84min	17,48min	18,46min
TRc	22,35min	25,84min	26,87min
TF	18,20min	17,76min	17,66min
TT	8,55min	8,40min	8,45min
Maqcc	49,10%	48,06%	51,01%
Maqas	41,21%	47,11%	48,22%
MaqP1	58,75%	65,93%	66,58%
Maqp2	30,23%	0%	0%

Tabla 7.12: *Parámetros obtenidos en los diferentes escenario.*

Con los antecedentes reunidos, se aprecia que el comportamiento del sistema al eliminar una locomotora de la dotación de máquinas para operar bajo el escenario propuesto, o en el caso del escenario con aumento de producción de un 10%, el desempeño del sistema es similar. Sin embargo, es necesario analizar otras aristas o indicadores que reflejen el funcionamiento del sistema ferroviario.

Con la información entregada por los promedios indicados en los distintos parámetros, sus desviaciones estándar, sus rangos, etc. se aprecia que el comportamiento del sistema en los diversos escenarios es el mismo, viéndose solamente afectados sus parámetros ante el mayor grado de exigencia. Como la variabilidad presentada por los Tiempo de Respuesta y Tiempo de Respuesta Cliente, no es fácil afirmar con la información disponible si el comportamiento de ambos es el mismo ante los distintos escenarios, por lo que se realiza una comparación de muestra, para comprobar si lo que se deduce del análisis anterior es correcto.

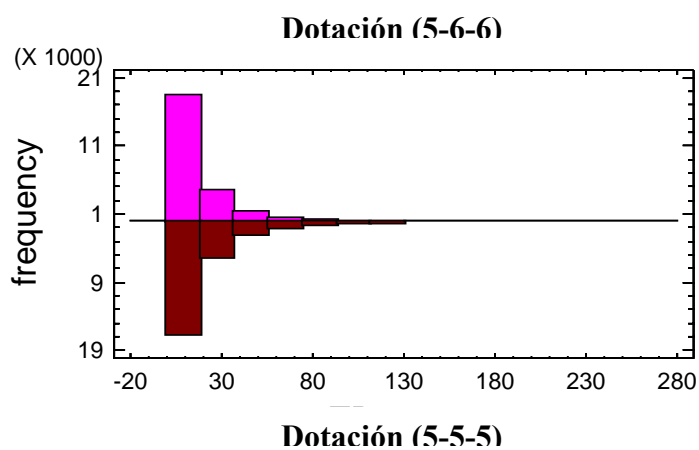


Figura 7.2: Histogramas comparativos para los TR.

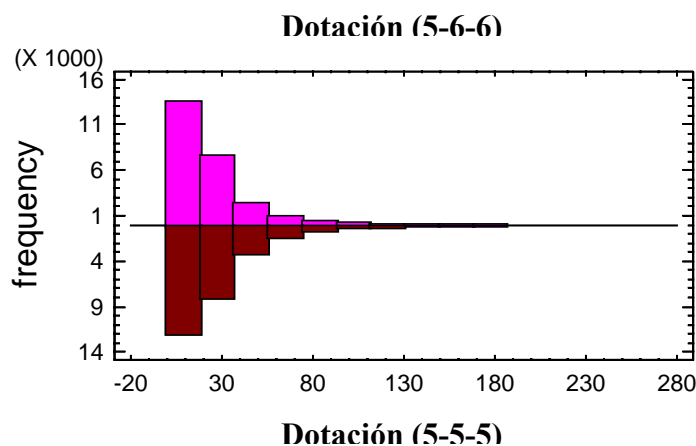


Figura 7.3: Histogramas comparativos para los TRc.

Tanto en la figura 7.2 como en la figura 7.3, se observa un comportamiento similar para los parámetros Tiempos de Respuesta bajo los escenarios Actual y propuesto. Además se tiene una análisis de estadística descriptiva para ambos parámetros en los correspondientes escenarios corroborando lo que se aprecia en los histogramas comparativos.

Summary Statistics

	TR (5-6-6)	TR (5-5-5)
Count	25380	25490
Average	13.8352	17.4762
Median	7.72	10.66
Mode	0.09	0.04
Variance	371.611	496.379
Standard deviation	19.2772	22.2796
Standard error	0.121004	0.139547
Minimum	0.0	0.0
Maximum	250.16	207.44
Range	250.16	207.44
Lower quartile	0.09	0.92
Upper quartile	18.87	23.96
Interquartile range	18.78	23.04
Coeff. of variation	139.335%	127.485%

Tabla 7.13: Estadísticas descriptivas para los TR.

Summary Statistics

	TRc (5-6-6)	TRc (5-5-5)
Count	25380	25490
Average	22.3456	25.8445
Median	16.16	18.94
Mode	6.34	6.29
Variance	429.385	554.435
Standard deviation	20.7216	23.5464
Standard error	0.13007	0.147482
Minimum	0.26	0.22
Maximum	256.94	214.97
Range	256.68	214.75
Lower quartile	8.39	9.18
Upper quartile	28.23	33.59
Interquartile range	19.84	24.41
Coeff. of variation	92.7325%	91.1082%

Tabla 7.14: Estadísticas descriptivas para los TRc.

Para ambos parámetros el efecto de eliminar una máquina genera un aumento en sus estadígrafos pero claramente se puede apreciar, que el comportamiento sigue siendo el mismo.

Teniendo certeza de que el sistema ferroviario ante los cambios aplicados en el escenario actual, no provocan cambios en el comportamiento de éste, debemos realizar el análisis sobre otros indicadores que muestren el desempeño del sistema, ya que si bien el aumento que provoca un mayor grado de exigencia es proporcional para todos los parámetros que explican su comportamiento, como se señaló anteriormente, dada la gran variabilidad que presentan los datos, el promedio o la mediana pueden no ser suficientes para medir el desempeño global del sistema. Para complementar el análisis, se calculan para el escenario actual (5-6-6) y el escenario propuesto (5-5-5), el valor del DTR (Desempeño Tiempo Respuesta, ver capítulo 4), con el fin de observar en cuanto aumentó el número de movimientos fuera del estándar (Los Tiempos de Respuesta no deben exceder los 45 minutos).

Para conceptualizar mejor la idea, se plantea la siguientes situación:

- Al sacar una locomotora del circuito, se aprecia que los Tiempos de Respuesta en promedio aumentan levemente, pero al tener una variabilidad muy grande existe la posibilidad de que aumente el número de $TR > 45'$, es decir, que una faena deba esperar mas de 45 minutos para que se le asigne una locomotora. Esto puede provocar un gran grado de insatisfacción en los clientes, por lo que es necesario estudiar el comportamiento de esta variable. Los resultados se enseñan continuación:

Para el escenario actual dotación (5-6-6), el valor del DTR fue igual a 6,48%. Mientras que para el escenario propuesto (5-5-5) alcanzó un 9.77%, como se puede apreciar el aumento registrado no alcanza cifras críticas, por lo que eliminar una locomotora, bajo todas las perspectivas del análisis es una alternativa técnicamente factible. Además se tiene que para el caso del escenario actual, el 95% de los Tiempos de Respuesta registrados esta bajo 52 minutos cifra que en el escenario propuesto disminuye a un 92 %. Dado a que el comportamiento del sistema se mantiene y los aumentos en los parámetros no alcanza cifras críticas el escenario propuesto se convierte en una alternativa bastante atractiva.

7.6 Calidad del servicio entregado

A continuación, se presenta información que refleja la calidad del servicio actual, el servicio luego de eliminar una locomotora y la variación del servicio entregado por el departamento.

Para cada uno de los usuarios se entregan los tiempos de respuesta y la cantidad de servicios prestados, estos se resumen en la tabla 7.15:

Dotación (5-6-6)		Mensuales		
Id	Departamento	TR	TRc	Cantidad
2	Muelle	14,99	27,94	25
3	Colada Continua	15,08	22,40	1194
4	Acería Conox	11,15	19,79	442
5	Laminador Planos en Caliente	12,65	22,20	311
6	Laminador Planos en Frío	13,40	22,95	402
8	Laminador Barras	14,45	22,56	276
12	Maestranza	14,46	22,74	56
13	Taller MYRE	15,22	23,20	5
18	Tráfico	15,08	25,00	165
19	Taller de Rodillos	13,56	22,71	215
20	Productos Tubulares	19,54	29,59	11
25	Distribución y Servicio	13,41	22,29	526

Tabla 7.15: Tiempos de Respuesta por departamento, escenario actual.

Para cada uno de los usuarios se entregan los tiempos de respuesta y la cantidad de servicios prestados luego de haber excluido una locomotora de los segundos y terceros turnos, estos se resumen en la tabla 7.16:

Dotación (5-5-5)		Mensuales		
Id	Departamento	TR	TRc	Cantidad
2	Muelle	21,01	32,48	17
3	Colada Continua	13,09	20,23	1190
4	Acería Conox	17,93	26,26	428
5	Laminador Planos en Caliente	19,23	28,65	309
6	Laminador Planos en Frío	19,88	29,25	456
8	Laminador Barras	17,88	26,05	267
12	Maestranza	21,42	30,14	56
13	Taller MYRE	19,50	28,33	5
18	Tráfico	23,38	33,38	170
19	Taller de Rodillos	20,53	29,11	214
20	Productos Tubulares	20,71	31,27	15
25	Distribución y Servicio	19,86	28,72	518

Tabla 7.16: *Tiempos de Respuesta por departamento, escenario propuesto.*

Departamento	Variación		Cantidad
	TR	TRc	
Muelle	6.05	4.54	-32.00
Colada Continua	-1.99	-2.17	-0.34
Acería Conox	6.78	6.47	-3.36
Laminador Planos en Caliente	6.58	6.45	-0.64
Laminador Planos en Frío	6.48	6.3	13.43
Laminador Barras	3.43	3.49	-3.26
Maestranza	6.96	7.4	0.00
Taller MYRE	4.28	5.13	0.00
Tráfico	8.3	8.38	3.03
Taller de Rodillos	6.97	6.4	-0.47
Productos Tubulares	1.17	1.68	45.77
Distribución y Servicio	6.45	6.13	-1.52

Tabla 7.17: *Variación de los parámetros, entre los escenarios.*

En la tabla 7.17, podemos observar que el efecto provocado al disminuir la dotación de locomotoras, es levemente mayor sobre los *Tiempos de Respuesta* que sobre los *Tiempos de Respuesta Cliente*. Este efecto se debe a la disminución en los tiempos de traslado.

CAPÍTULO 8

ANÁLISIS DE LA ALTERNATIVA TECNOLÓGICA

8.1 Proyecto HTS (*Heavy Transporter System*)

El Departamento de Tráfico y Muelle en busca de mejorar el servicio brindado, reducir sus costos y afrontar futuros requerimientos, evalúa la factibilidad de adquirir equipo rodoviario, HTSs (*heavy transporter system*), que pueda reemplazar al sistema de ferrocarriles en ciertas tareas que se realizan. *A priori* se excluyen de esta evaluación los movimientos de torpedos (Altos Hornos), esto debido a la complejidad de la faena.

La principal característica de los HTS, radica en que éstos utilizan *pallets* que permiten el transporte de varios productos, y que a su vez, son cargados y descargados en forma automática por el mismo equipo. Según la información otorgada por los proveedores de estos equipos, éstos tendrían las siguientes ventajas (ver Anexo G):

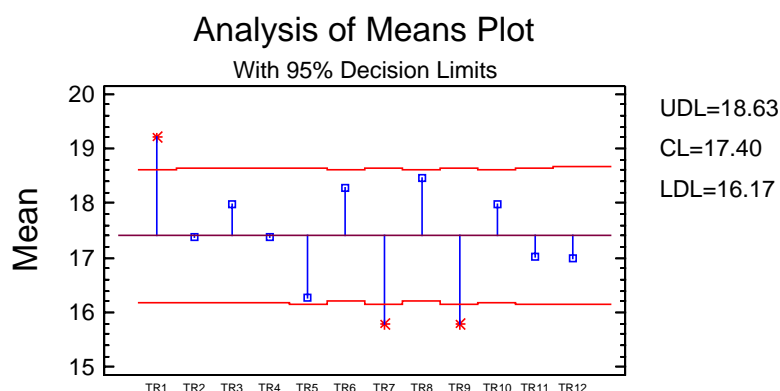
- Flexibilidad en cuanto a la entrega y carga de productos
- Eficiencia debido a que se evitan dobles manejos
- Rentabilidad debido a sus bajos costos de operación con respecto a sistemas alternativos.

Para este escenario, donde se evalúa la alternativa tecnológica HTS, el modelo realizó 2668 movimientos, operando con 2 HTS y una locomotora, la cual es indispensable para el despacho a Industrias anexas y FEPASA. La asignación de máquina es la siguiente:

	Colada Continua	Patio 1	Despacho
Máquina	HTS 1	HTS 2	MaqP1

Tabla 8.1: Asignación de Máquina para los distintos sectores de la planta.

Para los Tiempos de Respuesta, se realizan los siguientes gráficos:



Para los demás parámetros, se resumen sus estadísticas en la tabla 8.2. El análisis de este escenario al igual que los análisis de los escenarios presentados en el capítulo 6, se enfoca principalmente en evaluar la capacidad de servicio del sistema. Sin embargo, al estar evaluando una alternativa tecnológica (HTS), una vez establecida su factibilidad técnica se comprueba su factibilidad económica.

Los parámetros empleados para evaluar la factibilidad técnica de la alternativa tecnológica se resumen en la tabla 8.2:

	Cantidad Mensual	TR	FU HTS 1	FU HTS 2	FU MaqP1
HTS	2668	17,24	48,93	43,61	42,47

Tabla 8.2: Comportamiento de los parámetros del sistema.

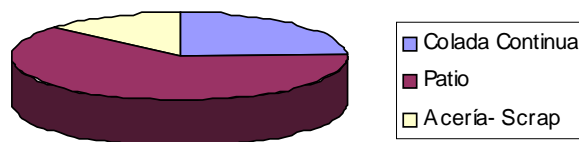
8.2 Evaluación Costo-Beneficio de la alternativa tecnológica

Para evaluar la conveniencia de iniciar el proyecto en referencia, se determinan los costos actuales del sistema de ferrocarriles en los servicios a Colada Continua, Acería-Scrap y Patio (laminadores); para luego determinar los costos asociados a los movimientos que se busca reemplazar. Teniendo los costos de los movimientos reemplazables, se calcula el diferencial contra los costos de operar los nuevos equipos. Se sensibiliza con respecto a la utilización de estos equipos en varios niveles de producción, obteniéndose los respectivos Valores Actuales Netos, Tasas Internas de Retorno y periodos de recuperación.

Actualmente, las máquinas destinadas a los servicios en referencia son utilizadas de la siguiente manera:

UTILIZACION LOCOMOTORAS	
Actividad	Utilización (hr/ mes)
Colada Continua	288
Patio	787
Acería- Scrap	175
Total tiempo	1.250

Tabla 8.3: Horas mensuales por sector.



Los costos de operación actuales de ferrocarriles (ver Anexo H) para los servicios en análisis (se excluyen Altos Hornos), son los siguientes:

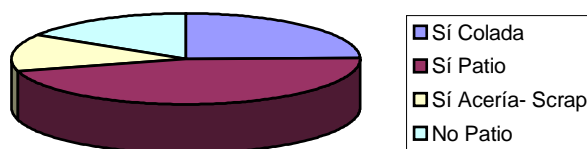
COSTO ACTUALES FFCC SERVICIOS EN ANALISIS (US\$/ MES)		83.834
Total costo mantenimiento		26.391
Mantenimiento mecánico locomotoras		5.720
Mantenimiento eléctrico locomotoras		2.119
Mantenimiento vías		4.965
Cambio de rieles		8.502
Mantenimiento carros		5.085
Total costo de operación		57.442
Combustible		15.222
Palanqueros		21.814
Maquinista		20.405

Tabla 8.4: Costo actual sistema ferroviario.

Según el análisis realizado, los movimientos que pueden realizar los equipos HTS en reemplazo de ferrocarriles, son todas las actividades desarrolladas para Colada Continua y Acería-Scrap, y una fracción de los movimientos de Patio. Como se mencionó anteriormente, no pueden ser sustituidas las actividades de Patio relacionadas con el movimiento de carros FEPASA, y por el momento, los movimientos a industrias anexas tampoco. Se tiene así, la siguiente distribución de actividades reemplazables, las cuales equivalen a prácticamente un 60% de las actividades totales. Ver Anexo I

CLASIFICACION MOVIMIENTOS		
Sustituible	Actividad	Fracción tiempo total operación
Sí	Colada	25%
Sí	Patio	46%
Sí	Acería-Scrap	13%
No	Patio	16%

Tabla 8.5: Movimientos reemplazables.



Utilizando como *driver* de costo el tiempo de utilización de las máquina, se calcula el costo mensual asociado a los movimientos reemplazables para todos los *ítems*, excepto el costo de operación asociado al personal que opera la máquina. Estos últimos se distribuyen según los turnos utilizados. Se obtiene lo siguiente:

COSTOS MOVIMIENTOS REEMPLAZABLES (US\$/ MES)	67.265
Total costo mantenimiento	22.145
Mantenimiento mecánica locomotoras	4.800
Mantenimiento eléctrica locomotoras	1.778
Mantenimiento vías	4.166
Cambio de rieles	7.134
Mantenimiento carros	4.267
Total costo de operación	45.120
Combustible	12.773
Palanqueros	15.865
Maquinista	16.481

Tabla 8.6: Costo de movimientos realizables con sistema HTS.

La inversión proyectada para implementar exitosamente este sistema de transporte, consiste en adquirir tres HTS y aproximadamente 40 *pallets*. El número de equipos a adquirir permite operar en forma permanente con dos equipos, manteniendo disponible un equipo extra en caso de que se produzca una falla.

Adicionalmente, se deberán realizar inversiones en caminos, principalmente canalización de aguas lluvias, y otros elementos de infraestructura; se estima necesario mejorar 3,2 Km de camino. Los montos de inversión proyectados son los siguientes:

INVERSIONES PROYECTO HTS	(US\$) 2.290.000
Total inversión equipos	1.950.000
Inversión HTS	1.500.000
Inversión pallets	450.000
Total inversión infraestructura	340.000
Inversión caminos	320.000
Otras inversiones	20.000

Tabla 8.7: *Inversión inicial.*

En base a la información proporcionada por el fabricante *Paling Transporter*, se calculan los costos de operación del equipo recomendado para operar en la planta (CTS 125 M). Operando en forma permanente con dos equipos, según distintos niveles de utilización, se tiene lo siguiente (ver Anexo I):

Se evalúa el proyecto en base a los siguientes criterios:

- Período de evaluación: 10 años
- Tasa de descuento: 12%
- Tipo de cambio: 590 \$/ US\$
- Valor de recuperación de los equipos: Valor Libro
- Periodo de depreciación de los equipos: 20 años
- No se incluye la venta ni aprovechamiento alguno de los activos a reemplazar
- No se incluyen flujos derivados del pago de impuestos

Utilizando la información presentada anteriormente, en los distintos escenarios que se han determinado, se calculan los siguientes indicadores de rentabilidad y financieros:

Escenario	Valor Actual Neto (US\$)	TIR (%)	Periodo recuperación (años)
900 horas de operación	1.053.886	26	4,7
1.000 horas de operación	937.267	25	5,0
1.100 horas de operación	820.648	23	5,3
1.200 horas de operación	704.030	22	5.6

Tabla 8.8: Resultado de la evaluación de distintos escenarios.

El periodo de recuperación se calcula en base al tiempo en el que los ahorros propios del proyecto han pagado la totalidad del valor presente de la inversión, incluyendo el valor de recuperación de los equipos. Los ahorros del proyecto también están afectos a la tasa de descuento de 12%.

Con la información proporcionada, se sabe con seguridad, que esta tecnología alternativa tiene asociados costos inferiores a los actuales. Al comprobar a través del modelo de simulación, que los equipos en funcionamiento operarán 1.118 horas mensuales en conjunto, se tiene un ahorro en costos de operación y mantenimiento de un 44% con respecto a la situación actual. En este caso el periodo de recuperación es de 5,3 años y se genera un valor actual neto, ganancia, de US\$ 820 mil para un horizonte de evaluación de 10 años.

En esta etapa de prefactibilidad, no se evaluaron beneficios adicionales que son más difíciles de llevar a una base monetaria. Sin embargo, se estima que existirían mejoras en la calidad del servicio brindado, mejor uso de espacios para *stock* de productos y una menor utilización de grúas puente.

CAPÍTULO 9

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1 Conclusiones

- El sistema ferroviario, con su dotación actual, cumple de manera efectiva con los requerimientos impuestos por los clientes. Sin embargo, al eliminar una locomotora de los segundos y terceros turnos, se obtiene una operación más eficiente y un mejor aprovechamiento de los recursos.
- El mejor aprovechamiento de los recursos, se explica por la disminución de los Tiempos de Faena. Esto se ve reflejado en el menor tiempo de operación total registrado en el escenario propuesto, realizando la misma cantidad de movimientos.
- Dicha disminución del número de equipos en operación, conlleva un incremento en los Tiempos de Respuestas y Tiempos de Respuesta Cliente. Sin embargo, se cree que el aumento del Tiempo de Respuesta Cliente, parámetro que indica la calidad del servicio, no es crítico a la hora de pensar en reducir la dotación actual. Por otro lado este cambio trae asociado ahorros por US\$12.140.
- Aumento de los movimientos múltiples, lo que provoca una disminución en los Tiempos de Faena y traslado.

- Ante un aumento de una 10% en la línea productiva, la dotación de locomotoras propuesta, sigue siendo viable, ya que los parámetros utilizados para comparar los diferentes escenarios, no se incrementan a niveles críticos.
- Los resultados obtenidos a partir del modelo operado con HTS, muestran una mejor distribución en la carga de trabajo, mayor orden en la forma de operar, eliminación de movimientos que no aportan valor a la cadena productiva, una mayor flexibilidad en comparación a las vías férreas y menor variabilidad de los tiempos de faena, por lo que se recomienda considerar el reemplazo del sistema ferroviario a un sistema rodoviario..

9.2 Recomendaciones

- En una primera instancia, se recomienda la reestructuración de la dotación de locomotoras actual (5-6-6), por una configuración (5-5-5). Debido a que se mantiene la calidad del servicio, el sistema se vuelve más eficiente y se producen ahorros considerables.
- Para la implementación del cambio, se sugiere un sistema de recompensa o premio al mejor desempeño, con la finalidad de disminuir el nivel de rechazo y lograr un compromiso pleno con el desarrollo del departamento.

- Se recomienda en una segunda etapa, la implementación del sistema HTS, ya que además de los beneficios ya mencionados, de mejora en el servicio otorgado a los departamentos usuarios del sistema, otorga a la vez beneficios a los diversos departamentos ya que provoca una liberación de recursos de carga y descarga (grúas de todo tipo) y disminuye la doble manipulación que tienen algunos productos. Actualmente, en la operación diaria, se deben depositar los productos desde la línea de producción a las zonas de almacenaje, para luego cargarlos a los carros de despacho; la tecnología HTS elimina esta duplicidad de tareas en la carga de algunos productos al utilizar los *pallets* que el equipo carga de manera autónoma.

CAPÍTULO 10

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

- Law, Averill M., Kelton, W. David, “Simulation Modeling and Analysis”, 3rd ed., McGraw-Hill, The United State of América., 2000.
- Banks, Jerry. Carson, John. Barry, Nelson., “Discrete-Event System Simulation”, 2nd ed., Prentice Hall, New Jersey, 1996.
- Montgomery D., Ruger G., “Probabilidad y estadística aplicadas a la Ingeniería”, 1^a ed., McGraw-Hill, México, 1996.
- Marín, Eduardo A., “Mejoramiento en la producción mediante la utilización de simulación y diseño experimental en línea delgada Aserradero Bucalemu, CMPC maderas”, Tesis para la obtención de título de Ingeniero Civil Industrial, Universidad del Bío-Bío, Departamento Ingeniería Industrial, 2003.
- Foro Flexsim, [en línea], Tasksequence, <<http://users.flexsim.com/users>>, [consulta: 15 diciembre 2004].
- Foro Flexsim, [en línea], Network intersection, <<http://users.flexsim.com/users>>, [consulta: 23 enero 2004].
- Cheng, Chris., “Simulation Modeling Handbook”, 1st ed. CRC Press, New York, 2004.

- [1]: CAP S.A. [en línea] <http://www.cap.cl/esp_grupocap/propiedad.htm> [consulta: 04 enero 2004].
- [2]: Compañía Siderúrgica Huachipato S.A.[en línea] <<http://www.huachipato.cl/empresa.htm>> [consulta: 10 noviembre 2004].
- [3]: Compañía Siderúrgica Huachipato S.A. [en línea] <intranet CSH S.A.> [consulta: 10 noviembre 2004].
- [4]: CSH S.A. 2004. Memoria CSH S.A. Talcahuano, Chile.
- [5]: Law, Averill M, y Kelton, W. David. 2000. Nature of Simulation. En: Simulation modeling and analysis. 3rd ed. The United State of America. McGraw-Hill. pp. 10-13.
- [6]: Schmidt and Taylor, 1970.
- [7]: Law A. y Kelton D. “obra citada”.
- [8]: Banks, Jerry. Carson, John., “Discrete-Event System Simulation”, 2nd ed., Prentice Hall, New Jersey, 1996.

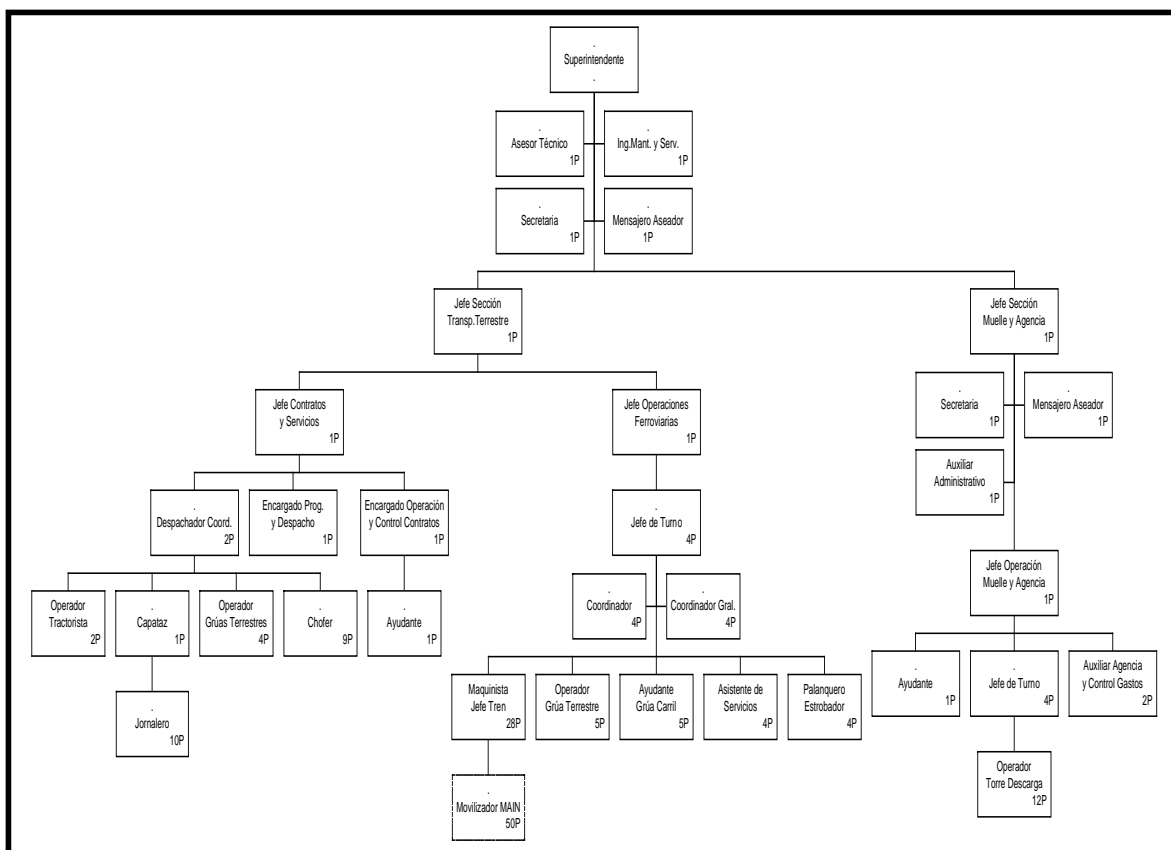
ANEXOS**ANEXO A**

Cliente	Ciudad	Cliente	Ciudad
Acma	Santiago	Indura S.A.	Santiago
Carlos Herrera A. Ltda.	Santiago	Inesa	Viña del Mar
Cementos Bío Bío SACI.	Talcahuano	Grupo IMSA Chile	Santiago
Construmart	Santiago	Mauricio Hochschild	Santiago
Cintac	Santiago	Moly-Cop	Santiago
Codelco Chile	Santiago	Nestlé Chile S.A.	Santiago
Comercial A & B	Santiago	Prodalam S.A.	Santiago
Ferreterías Weitzler S.A.	Puerto Montt	Salomon Sack	Santiago
Formac	Santiago	Home Store S.A.	Santiago
Ebema S.A.	Santiago	Acero Sta. Ana de Bolueta Chile S.A.	Santiago
Iansa	Santiago	Sodimac	Santiago
Inchalam	Talcahuano	VH Tubos S.A.	Santiago
		Centro Acero S.A.	Santiago

Anexo A: Clientes nacionales CSH S.A.

Fuente: Pagina www.cap.cl

ANEXO B



Anexo B: Organigrama del Departamento de Tráfico y Muelle.

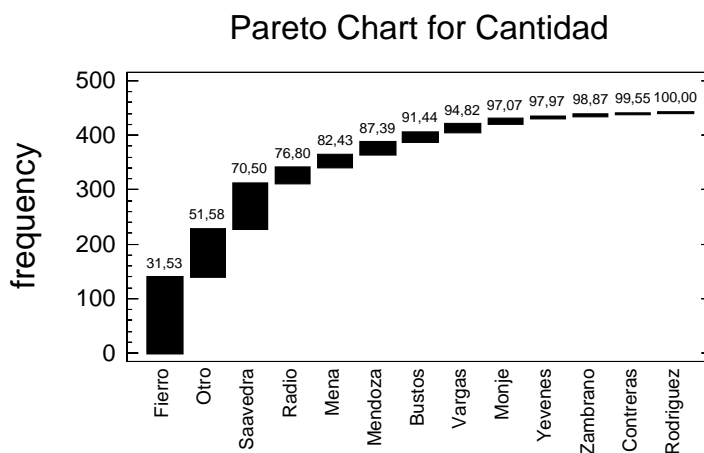
Fuente: Manual de Organización de la Unidad Tráfico y Muelle.

ANEXO C

Análisis por Detalle

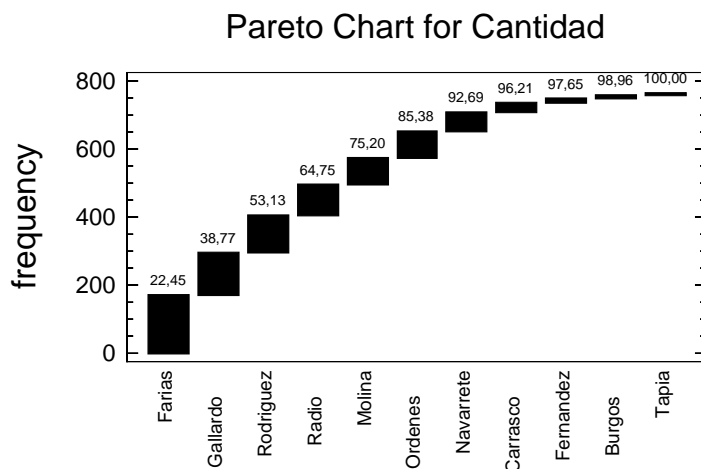
Con el fin de conocer cuales son las posibles actividades críticas que se presentan en las diversas ubicaciones, se realiza un **Análisis de Pareto**. El objetivo es encontrar a través de los demandantes oficiales, información previamente actualizada, los movimientos mas frecuentes para cada departamento. Una vez identificados, se confirma por departamento si el movimiento es critico o no.

Detalle 3: Cambio de Lingoteros



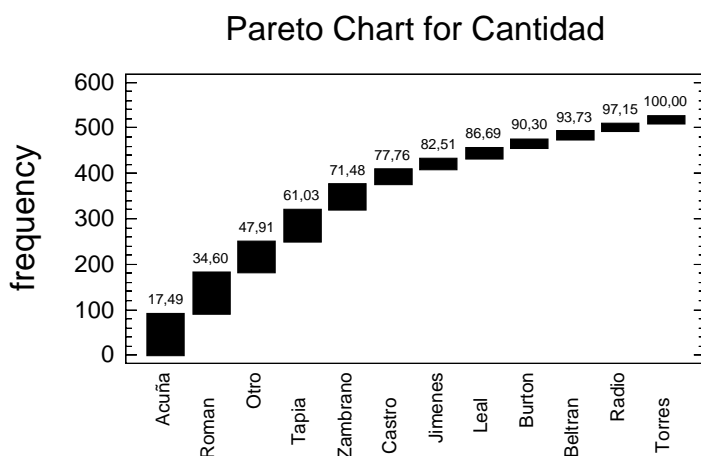
Se concluye, que el mayor demandante de este tipo de movimientos corresponde al departamento de Colada Continua. Esta faena no es considerada crítica, dado que no afecta directamente a la línea productiva, esto por la capacidad de almacenaje de la nave.

Detalle 4: Cambio Carros Scrap



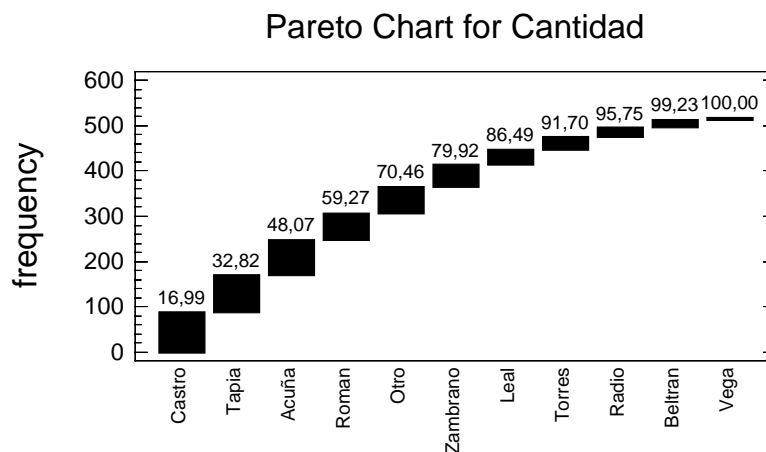
Se concluye, que el mayor demandante de este tipo de movimientos corresponde al departamento de Acería Conox. Esta faena no es considerada crítica, además puede ser solicitado por cualquier departamento.

Detalle 5: Cambio de Mellizos



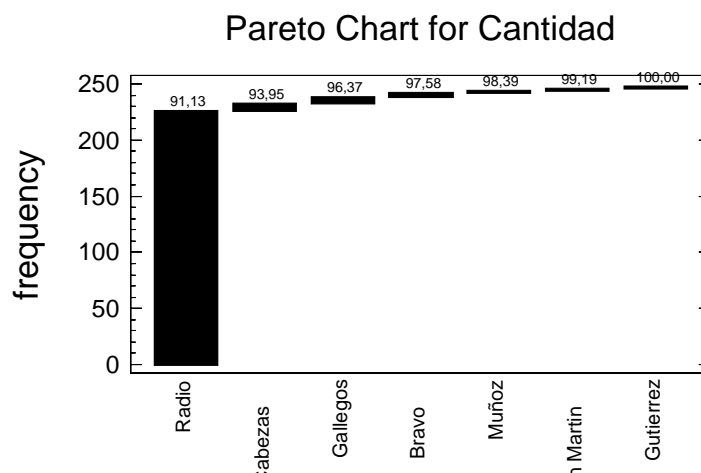
Se observa, que el mayor demandante de este tipo de movimientos corresponde al departamento de Laminador de Planos en Frío, pero según opinión de expertos no es una actividad crítica.

Detalle 6: Carro Hojalata



Es demandado mayormente por el Laminador de Planos en Frío. Esta faena, tiene cierto grado de prioridad dada la poca capacidad de almacenaje de las naves.

Detalle 8: Despacho Equipo Externo



Para el detalle 8, el principal solicitante con un 91,13% es la Radio, perteneciente a Tráfico y muelle, esta faena es programada con un cierto grado de holgura, pero existe la posibilidad de recibir reclamos en caso de una demora mayor.

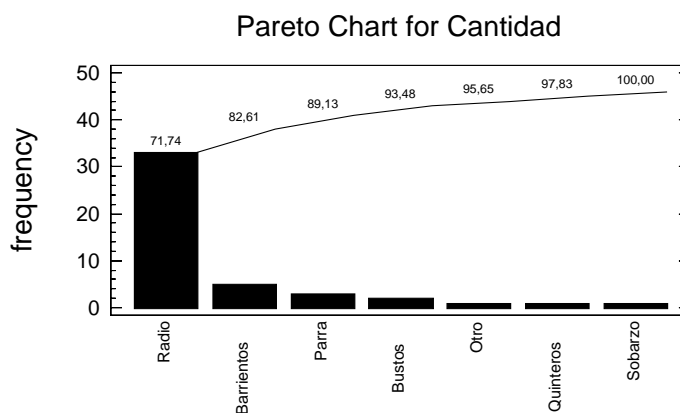
Detalle 10: Industrias Anexas

Para el detalle 10 no fue necesario realizar el análisis debido a que solo existía como solicitante la Radio de la ubicación Tráfico. Tampoco es una actividad crítica.

Detalle 11: Ingreso Equipo Externo

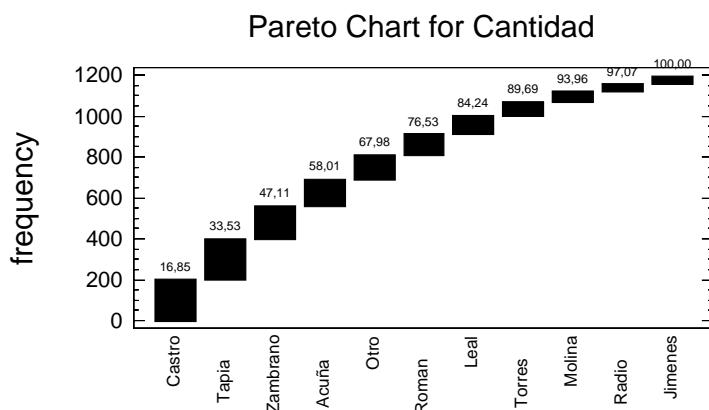
Para el detalle 11 el único demandante es la Radio de la ubicación Tráfico. Actividad con gran holgura no afecta a la línea productiva.

Detalle 12: Materiales y/o Subproductos a Muelle



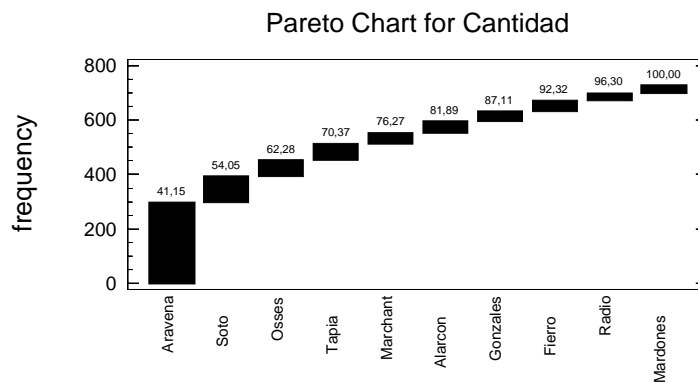
El 71,74% de las solicitudes corresponde a la Radio, perteneciente a Tráfico y Muelle, esta faena no afecta directamente ya que se utiliza generalmente una máquina extra.

Detalle 13: Mellizos LPF



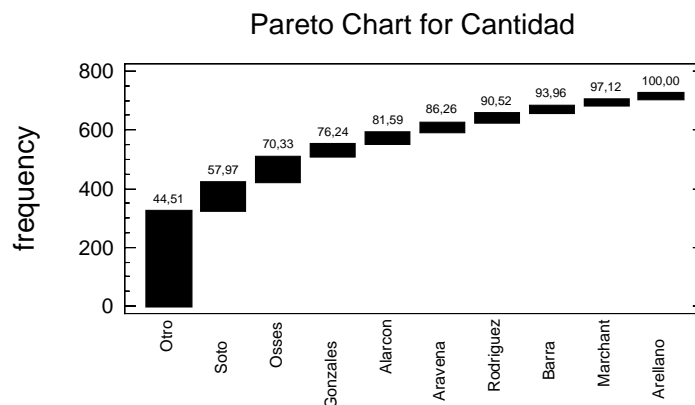
El 76,53% de las solicitudes fueron hechas por Castro, Tapia y Zambrano quienes pertenecen a LPF. Faena con cierto grado de prioridad por poca capacidad de almacenaje.

Detalle 14: Mov. Artesa Colada Continua Palanquilla



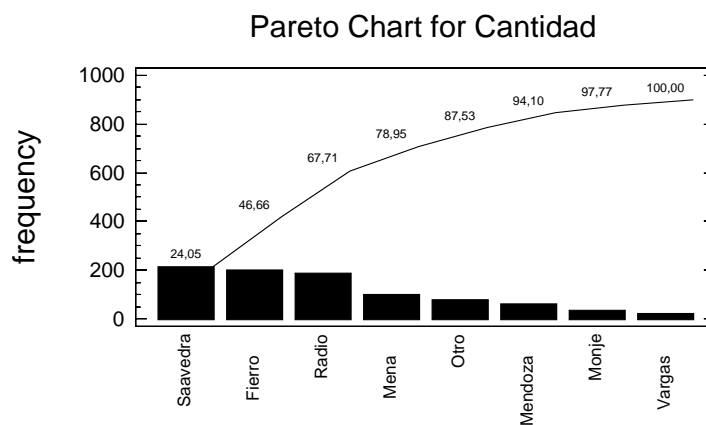
La mayor cantidad de las solicitudes pertenece a Colada continua. Esta actividad es critica para la unidad de colada continua debido a que la no existencia de artesas disponibles originan un atraso en la producción.

Detalle 15: Mov. Artesa Colada Continua de Planchones



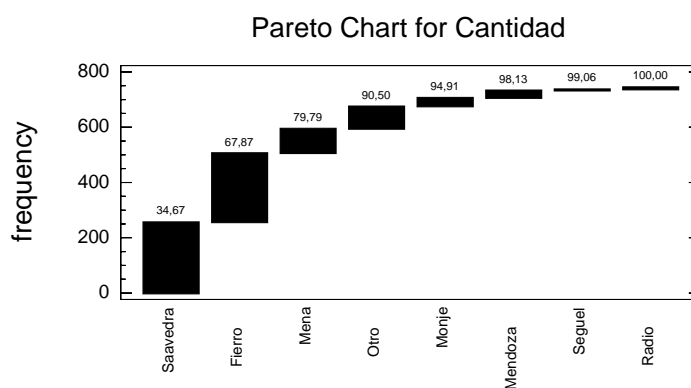
Movimiento perteneciente a Colada continua. Al igual que la artesa de palanquillas, la no disponibilidad de estas paraliza la producción de planchones

Detalle 16: Mov. Carros Colada Continua de Palanquilla



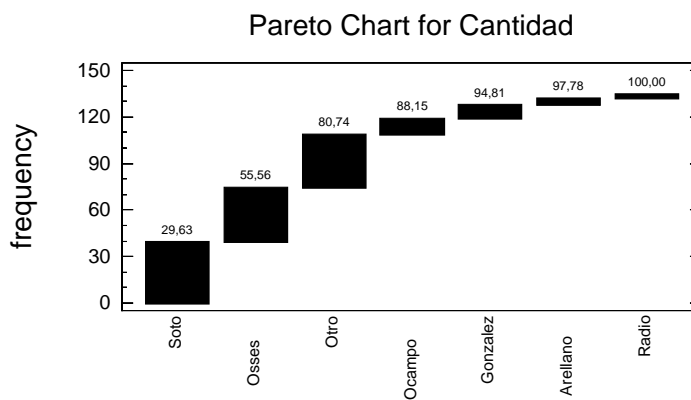
El 78,95% de las solicitudes fueron realizadas por Saavedra, Fierro, Radio, Mena quienes pertenecen a Colada Continua. Faena de gran importancia, pero no es critica, aunque produce problemas de inventario debido a la disponibilidad física de espacio en las naves.

Detalle 17: Mov. Carros Colada Continua de Planchones



Al igual que en el caso anterior la ubicación mas afectada es Colada continua, no siendo critico pero produciendo el mismo problema.

Detalle 18: Movimiento de Desechos de Colada Continua

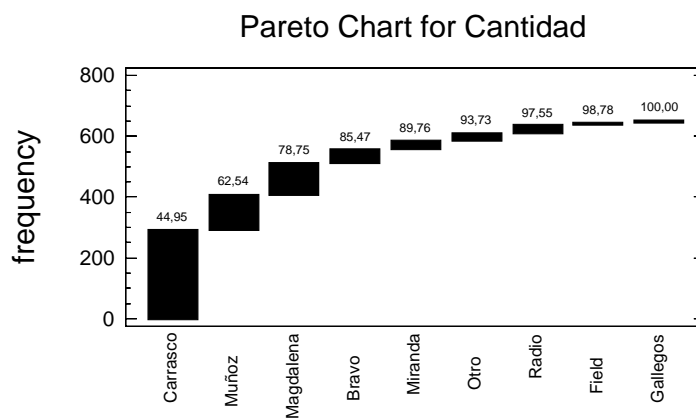


El 80,74% de las solicitudes fueron hecha por colada continua. No es critica.

Detalle 21: Movimiento Equipo Mecánico a Maestranza

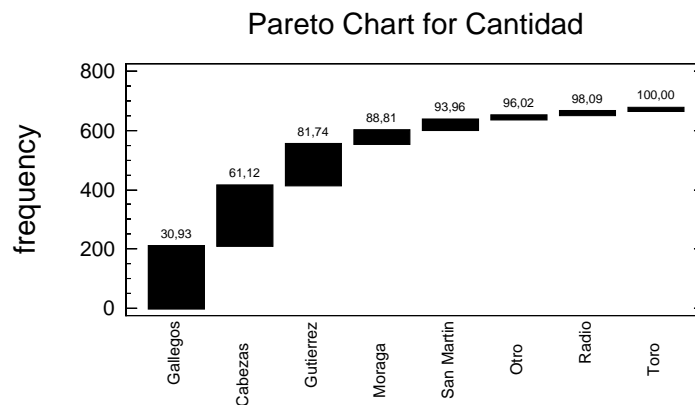
Todas la ordenes fueron hechas por personal de Maestranza. No es critica

Detalle 22: Movimiento Interno Carros LB



Este codigo presenta un problema ya que se anotaban aca a personal de distribución y servicio ya que esta ubicación no existe. El unico que pertenece a LB es Magdalena por lo que podemos concluir que para distribución y servicio este codigo es critico.

Detalle23: Movimiento Interno Carros LPC



Gallegos, Cabezas y Gutierrez que pertenecen al PLC estan presentes en el 81,74% de las solicitudes lo que podria ser critico para LPC.

Detalle 27: Pesar Equipo Interno

Para este código la radio es el principal cliente.

Detalle 28: Rodillo LPC

Detalle 29: Rodillo LPF

Detalle 30: Scrap Patio de Chatarra a Conox

Estos últimos códigos son específicos para las ubicaciones que se mencionan en su rótulo por lo que la actividad es crítica para cada ubicación.

ANEXO D

DISTRIBUCIONES EMPLEADAS EN EL MODELO

Las distribuciones empleadas en las entidades generadoras de pedido son:

Colada Continua		Distribución	Location	Scale	Shape
Vía 64		Weibull	0	260.06822	1.587041
Vía 65		Gamma	0	115.483157	1.545805
Vía 66		Weibull	0.999829	410.224111	0.885562
Vía 79		Loglaplace	0	96	2.520089
Vía 53		Weibull	16.973412	310.324478	1.534158
Desbarbado					
Vía 50		Weibull	0	100.376952	1.746802
Vía 51	Johnson Bounded	Mínimo	Máximo	Shape 1	Shape 2
		35.620761	26470.165	0.641331	0.229183
Albañiles					
Vía 52		Gamma	0	90.908155	1.479583
Acería Conox					
Vía 135		Empírica			
Vía 136	Johnson Bounded	Mínimo	Máximo	Shape 1	Shape 2
		5303.591	45054.85788	0.77109	0.464351
Productos Tubulares					
Vía 71		Lognormal	0	7.703259	1.0612
Vía 72		Gamma	29.071576	11272.742371	0.641027
Laminador Planos en Frío					
Vía 94		Empírica			
Vía 95		Gamma	0	60.772887	3.348573
Vía 105		Lognormal	0	4.583945	1.110543
Vía 110		Loglogistic	95.367232	205.429959	2.515126
Laminador Barras					
Vía 74		Gamma	0	89.361361	2.987039
Vía 89		Weibull	10.976412	1454.311687	0.843014
Romana Sur					
Vía 104		Gamma	9.999332	180.368529	0.710186
Romana Norte					
Vía 1		Gamma	25.999407	987.891954	0.766489
Taller de Rodillos					
Vía 90		Weibull	10	130.950006	1.784642
Laminador de Planos en Caliente					
Vía 87		Loglaplace	0	89	2.520089
Vía 88		Weibull	20.994117	750.003596	0.959173
Vía 103		Weibull	0	1300.085548	0.989359

Bodega Stock					
Vía 101	Weibull	0	900.690760	0.977015	
Ex - Desbastador					
Vía 76	Gamma	0	120.249311	1.7036	
Muelle					
Vía 25	Weibull	107.994373	1345.949370	0.503150	
Vía 27	Weibull	108.945366	1598.715544	0.574358	
Patio Chatarra					
Vía 161	Empírica				
Vía 162	Weibull	9.999796	200.27073	0.624113	
Vía 163	Empírica				
Vía 164	Gamma	9.999356	241.698762	0.691066	
Patio Carros					
Vía 61	Weibull	0	12204.181609	1.246846	
Vía 68	Weibull	20	795.242666	1.129506	
Maestranza					
Vía 62	Gamma	10.999811	1060.277805	0.759154	
Vía 63	Empírica				
Taller MYRE					
Vía 111	Weibull	0	8399.438178	0.952179	
Vía 115	Johnson Bounded	Mínimo	Máximo	Shape 1	Shape 2
		32.099611	20793.801179	-0.378911	0.532398
Distribución y Servicio					
Vía 73	Loglaplace	0	93	2.520089	
Vía 80	Inverse Gaussian	0	2300.980392	144.246179	
Vía 81	Gamma	73.983309	6102.054654	0.455053	
Vía 82	Lognormal	0	5.1	1.438512	
Vía 84	Random Walk	0	0.0038	0.000824	

*Las distribuciones empíricas, son tablas de probabilidades de ocurrencia de un evento, las cuales son indexadas a través del nombre de la tabla, a una *Global Table* en el *Toolbox* del programa *Flexsim*. Están constituidas de dos columnas, donde la primera indica el porcentaje de ocurrencia y la segunda el valor del tiempo.

Independientes					
Vía 2		Gamma	187.366076	49730.222986	0.362166
Vía 3		Gamma	1206.504696	7441.944912	0.516824
Vía 4		Random Walk	1140.133372	0.097306	0.000213
Vía 5		Weibull	109.898290	4186.578273	0.591999
Vía 6		Weibull	0	3000.541061	1.382989
Vía 20		Gamma	15.972522	11651.705196	0.354345
Vía 36		Weibull	0	3700.502374	0.814903
Vía 54		Lognormal	0	6.771049	2.178425
Vía 70		Gamma	87.915637	18811.003732	0.618292
Vía 91		Weibull	1.895213	1126.368481	0.915067
Vía 92	Johnson Bounded	Mínimo	Máximo	Shape 1	Shape 2
		1825.149321	74482.010570	1.829993	0.815028
Vía 98		Gamma	0	4300.255009	0.674955
Vía 100	Beta	Mínimo	Máximo	Shape 1	Shape 2
		18.8	3000.896657	0.948018	3.149722
Vía 112		Random Walk	0	0.000233	0.000224
Vía 120		Weibull	0	8872.513114	1.562869
Tiempo de Carga		Mínimo	Máximo	Shape 1	Shape 2
Johnson Bounded		0.156894	180.525196	3.301028	0.643856
Tiempo de Descarga		Weibull	0.249886	2.275510	0.644145

**También se puede apreciar que las cifras decimales están separadas por puntos y no por comas, esto es un requerimiento del software ya que trabaja con la configuración de Estados Unidos.

El software empleado para el ajuste de curvas, posee una gran cantidad de test que comprueban la precisión del ajuste. A continuación se enseña una de las distribuciones a modo de ejemplo: Se trabajará con los datos correspondientes a la vía 64, que corresponde a Colada Continua.

Una vez introducido los datos, se realiza una prueba de independencia para comprobar que no estén correlacionados. Ver figura 1.

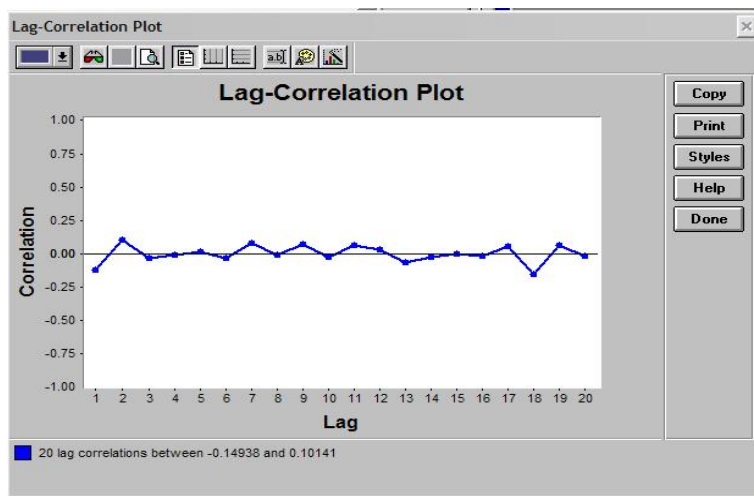


Figura 1: Datos no correlacionados.

Luego de comprobar que los datos son independientes entre si, se realiza el ajuste de los datos, para posteriormente aplicar algún test tanto gráficos como estadísticos.

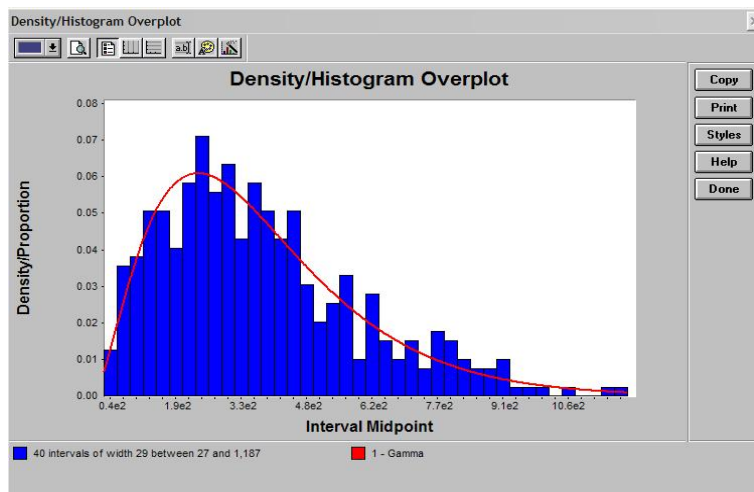


Figura 2: Función de densidad/Histograma.

La función de densidad (línea roja), debe contener la mayor parte del histograma, además de mostrar comportamientos similares.

Otro método gráfico entregado para comprobar la calidad del ajuste es el que se aprecia en la figura 3.

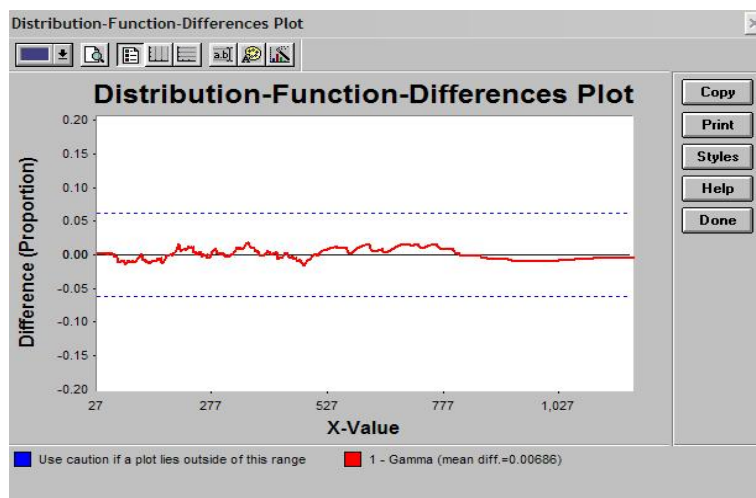


Figura 3: *Distribution Fuction Differences Plot*

Muestra las diferencias entre el ajuste y los datos muestrales.

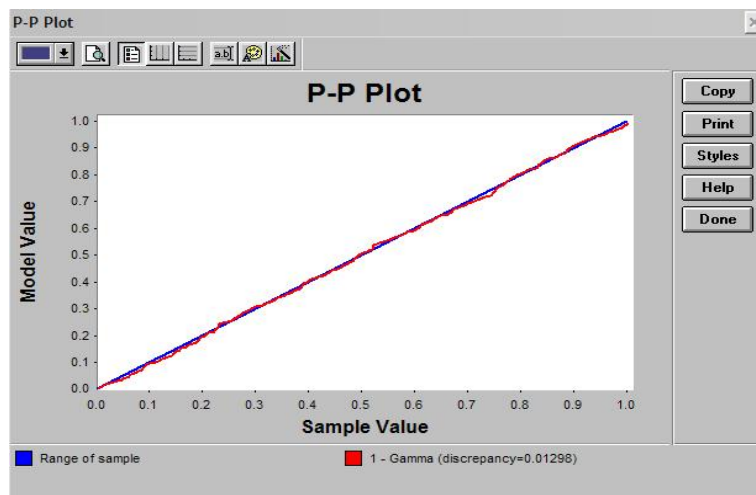


Figura 4: *P-P Plot*

Debe separarse lo menos posible del valor real de la distribución línea azul. En este caso el ajuste es aceptado.

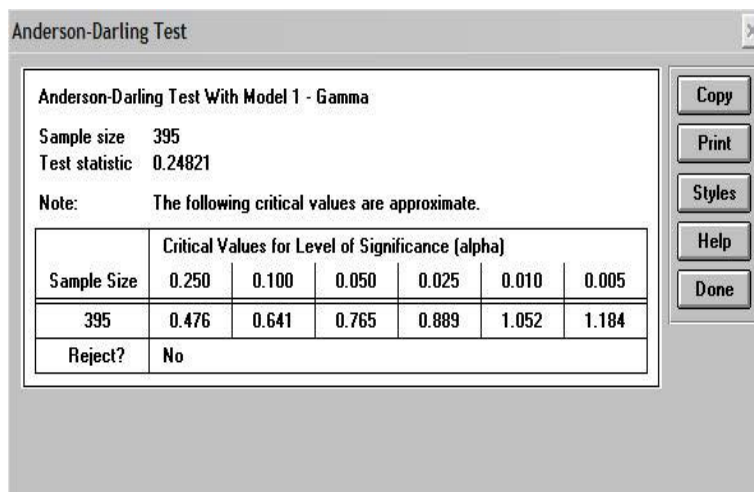


Figura 5: Anderson Darling Test

Dentro de los test estadísticos que ofrece *Experfit*, tenemos el test de *Anderson Darling*, donde podemos apreciar que para diferentes valores, no se rechaza el ajuste.

Por último, los datos de salida son enseñados con los parámetros requeridos pro *flexsim* y no con los parámetros correspondientes a la distribución. Esto se aprecia en la Figura 6:

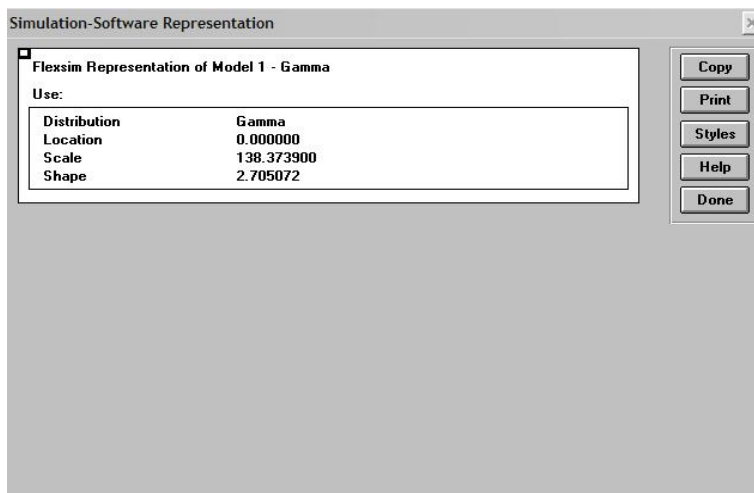


Figura 6: Parámetros de la distribución.

ANEXO E:

ANÁLISIS COMPLEMENTARIOS

A continuación, se presentan otros análisis que complementan la información necesaria para comprender el desempeño del sistema bajo los diversos escenarios.

Escenario Actual: Dotación 5-6-6

El resumen, muestra las principales estadísticas para los *Tiempos de respuesta*, a través de las 7 réplicas, donde TR1 corresponde a los resultados para los *Tiempos de Respuesta* en la primera réplica.

Summary Statistics

	Count	Average	Median	Standard deviation
TR1	3482	13.2072	7.065	18.3018
TR2	3661	13.6706	7.65	19.3656
TR3	3622	14.5813	8.27	20.9228
TR4	3572	14.0819	7.155	20.6317
TR5	3699	13.8625	8.31	17.8177
TR6	3733	14.382	8.23	19.5305
TR7	3611	13.0217	7.18	18.0992
Total	25380	13.8352	7.72	19.2772
	Minimum	Maximum	Range	Lower quartile
TR1	0.0	179.42	179.42	0.08
TR2	0.0	178.6	178.6	0.09
TR3	0.0	250.16	250.16	0.09
TR4	0.0	186.37	186.37	0.09
TR5	0.0	152.75	152.75	0.09
TR6	0.0	165.27	165.27	0.1
TR7	0.0	155.63	155.63	0.09
Total	0.0	250.16	250.16	0.09
	Upper quartile	Interquartile range	Coeff. of variation	
TR1	18.4	18.32	138.574%	
TR2	18.33	18.24	141.659%	
TR3	19.16	19.07	143.491%	
TR4	18.605	18.515	146.512%	
TR5	19.53	19.44	128.531%	
TR6	19.46	19.36	135.798%	
TR7	18.14	18.05	138.993%	
Total	18.87	18.78	139.335%	

Resumen de estadísticas para los Tiempos de Respuesta Cliente:

Summary Statistics

	Count	Average	Median	Standard deviation
TRc1	3482	21.6666	15.49	19.799
TRc2	3661	22.0967	16.11	20.6436
TRc3	3622	23.1939	16.51	22.3527
TRc4	3572	22.5517	15.605	21.8167
TRc5	3699	22.3564	16.73	19.4397
TRc6	3733	23.1203	16.65	21.3196
TRc7	3611	21.3857	15.78	19.4113
Total	25380	22.3456	16.16	20.7216
	Minimum	Maximum	Range	Lower quartile
TRc1	0.33	181.54	181.21	8.1
TRc2	0.6	185.1	184.5	8.26
TRc3	0.44	256.94	256.5	8.57
TRc4	0.26	193.91	193.65	8.25
TRc5	0.67	197.46	196.79	8.45
TRc6	0.62	177.82	177.2	8.68
TRc7	1.13	172.32	171.19	8.32
Total	0.26	256.94	256.68	8.39
	Upper quartile	Interquartile range	Coeff. of variation	
TRc1	27.48	19.38	91.3801%	
TRc2	27.86	19.6	93.4238%	
TRc3	29.19	20.62	96.373%	
TRc4	27.885	19.635	96.7412%	
TRc5	28.95	20.5	86.9534%	
TRc6	29.31	20.63	92.2116%	
TRc7	27.07	18.75	90.7677%	
Total	28.23	19.84	92.7325%	

De la misma manera se resumen las estadísticas para los Tiempos de Faena.

Summary Statistics

	Count	Average	Median	Standard deviation
TF1	3478	18.2535	15.685	11.0495
TF2	3656	17.9342	15.53	10.5965
TF3	3617	18.2969	15.75	11.1226
TF4	3566	18.2992	15.81	10.9436
TF5	3695	18.2342	15.67	11.4525
TF6	3728	18.3473	15.57	11.5244
TF7	3606	18.0206	15.6	10.7533
Total	25346	18.1979	15.66	11.0704
	Minimum	Maximum	Range	Lower quartile
TF1	0.41	143.15	142.74	11.59
TF2	0.63	142.67	142.04	11.44
TF3	0.79	150.8	150.01	11.57
TF4	0.58	127.49	126.91	11.68
TF5	0.61	185.62	185.01	11.45
TF6	0.7	120.56	119.86	11.44
TF7	0.47	109.18	108.71	11.44
Total	0.41	185.62	185.21	11.51
	Upper quartile	Interquartile range	Coeff. of variation	
TF1	21.58	9.99	60.5339%	
TF2	21.57	10.13	59.085%	
TF3	21.61	10.04	60.7897%	
TF4	21.32	9.64	59.8035%	
TF5	21.48	10.03	62.8078%	
TF6	21.535	10.095	62.8124%	
TF7	21.29	9.85	59.6723%	
Total	21.5	9.99	60.8331%	

Escenario Propuesto: Dotación 5-5-5

Para el caso del escenario propuesto, el comportamiento de los Tiempos de Respuesta se resume a continuación:

Summary Statistics

	Count	Average	Median	Standard deviation
TR1	3654	18.3775	11.305	22.5312
TR2	3609	17.432	10.61	22.0143
TR3	3685	17.5822	10.32	23.0831
TR4	3624	17.0148	10.7	21.1452
TR5	3580	16.5922	10.24	21.376
TR6	3739	17.7717	11.29	22.3276
TR7	3599	17.5341	10.09	23.3433
Total	25490	17.4762	10.66	22.2796
	Minimum	Maximum	Range	Lower quartile
TR1	0.0	184.4	184.4	0.98
TR2	0.0	180.25	180.25	0.85
TR3	0.0	196.0	196.0	0.77
TR4	0.0	164.76	164.76	1.07
TR5	0.0	187.87	187.87	0.665
TR6	0.0	207.44	207.44	1.49
TR7	0.0	177.02	177.02	0.46
Total	0.0	207.44	207.44	0.92
	Upper quartile	Interquartile range	Coeff. of variation	
TR1	26.0	25.02	122.602%	
TR2	24.22	23.37	126.287%	
TR3	23.99	23.22	131.287%	
TR4	23.95	22.88	124.275%	
TR5	22.135	21.47	128.831%	
TR6	24.08	22.59	125.636%	
TR7	23.59	23.13	133.131%	
Total	23.96	23.04	127.485%	

De la misma manera, el resumen para las estadísticas de los Tiempos de Respuesta Cliente es:

Summary Statistics

	Count	Average	Median	Standard deviation
TRc1	3654	26.887	19.805	23.696
TRc2	3609	25.7924	19.01	23.1861
TRc3	3685	25.7846	18.57	24.278
TRc4	3624	25.4193	19.06	22.3551
TRc5	3580	25.0092	18.5	22.7299
TRc6	3739	26.2635	19.45	23.9104
TRc7	3599	25.7234	18.16	24.531
Total	25490	25.8445	18.94	23.5464
	Minimum	Maximum	Range	Lower quartile
TRc1	0.68	191.87	191.19	9.44
TRc2	0.87	185.37	184.5	9.25
TRc3	0.22	200.51	200.29	8.92
TRc4	1.43	172.59	171.16	9.395
TRc5	0.5	193.45	192.95	9.06
TRc6	0.4	214.97	214.57	9.37
TRc7	0.79	179.49	178.7	8.88
Total	0.22	214.97	214.75	9.18
	Upper quartile	Interquartile range	Coeff. of variation	
TRc1	36.13	26.69	88.132%	
TRc2	33.43	24.18	89.8954%	
TRc3	33.02	24.1	94.1567%	
TRc4	33.485	24.09	87.9454%	
TRc5	32.105	23.045	90.8864%	
TRc6	34.23	24.86	91.0404%	
TRc7	32.89	24.01	95.3646%	
Total	33.59	24.41	91.1082%	

Finalmente se resume para los Tiempos de Faena, lo siguiente:

Summary Statistics

	Count	Average	Median	Standard deviation
TF1	3646	18.0633	15.42	10.6633
TF2	3605	17.8507	15.39	10.6241
TF3	3682	17.5811	15.22	10.1326
TF4	3618	17.8106	15.48	10.2128
TF5	3579	17.746	15.36	10.5763
TF6	3737	17.985	15.52	11.1074
TF7	3595	17.288	15.01	10.0165
Total	25462	17.762	15.35	10.4861
	Minimum	Maximum	Range	Lower quartile
TF1	0.47	123.77	123.3	11.46
TF2	0.46	118.67	118.21	11.21
TF3	0.64	130.59	129.95	11.09
TF4	0.7	120.35	119.65	11.54
TF5	0.95	133.44	132.49	11.33
TF6	0.62	125.23	124.61	11.42
TF7	0.47	122.02	121.55	11.1
Total	0.46	133.44	132.98	11.31
	Upper quartile	Interquartile range	Coeff. of variation	
TF1	21.38	9.92	59.0332%	
TF2	21.27	10.06	59.5165%	
TF3	21.1	10.01	57.6335%	
TF4	20.96	9.42	57.3408%	
TF5	20.97	9.64	59.598%	
TF6	21.06	9.64	61.7594%	
TF7	20.65	9.55	57.9393%	
Total	21.04	9.73	59.0368%	

ANEXO F:**VALORIZACIÓN DE BENEFICIOS DEL ESCENARIO PROPUESTO**

Los beneficios de prescindir de una locomotora en los segundos y terceros turnos para operar en un esquema 5-5-5, corresponden a una reducción tanto de costos fijos como variables.

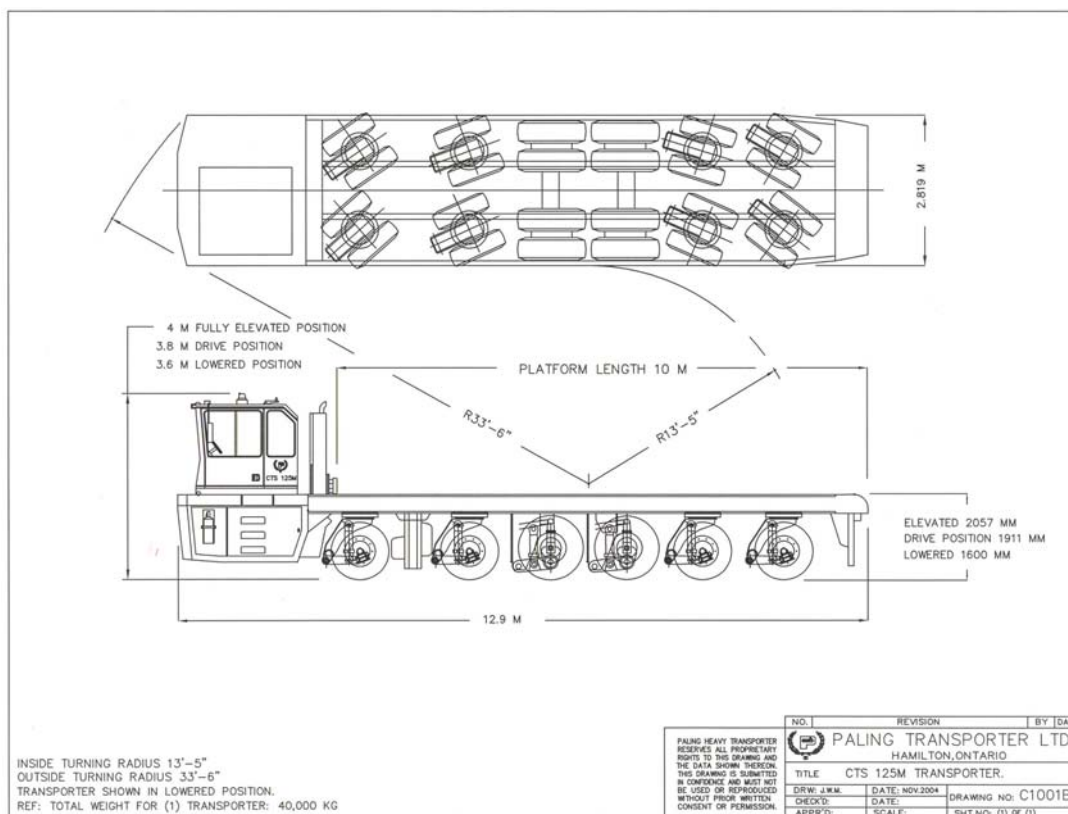
Por el lado de los costos variables, producto de una mayor eficiencia del sistema, se estima una reducción del tiempo de operación de 108 horas al mes. Esta reducción de los tiempos de operación se traduce en un ahorro de US\$3.600 mensuales.

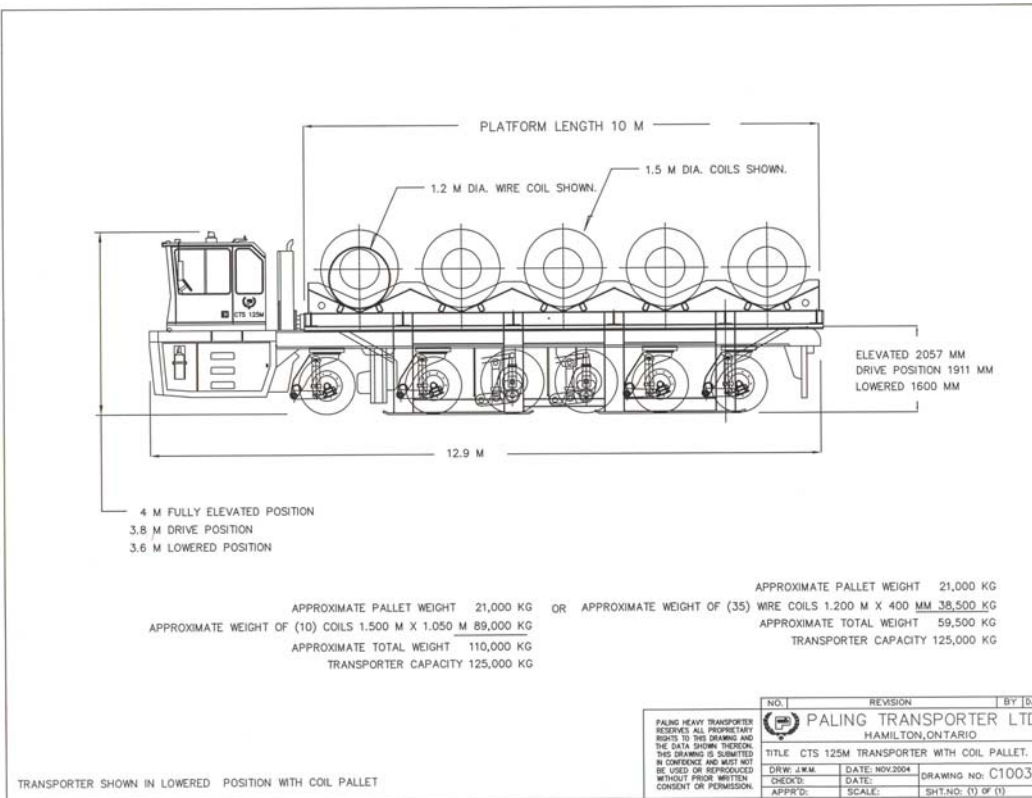
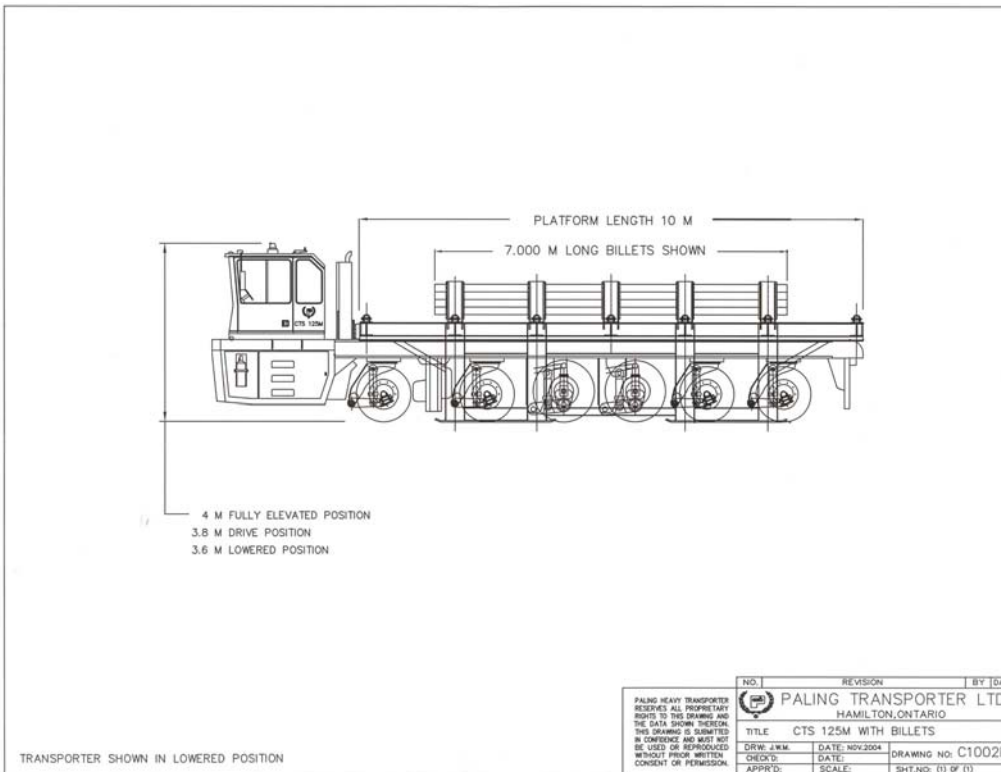
Con respecto a los costos fijos, la reducción de los requerimientos de personal, movilizadores y maquinistas, conllevan ahorros de US\$3.960 y US\$4.880 mensuales, respectivamente. Si bien sólo el ahorro correspondiente a los movilizadores, genera un descuento directo en los gastos del departamento, a largo plazo, si se lograrán los ahorros esperados.

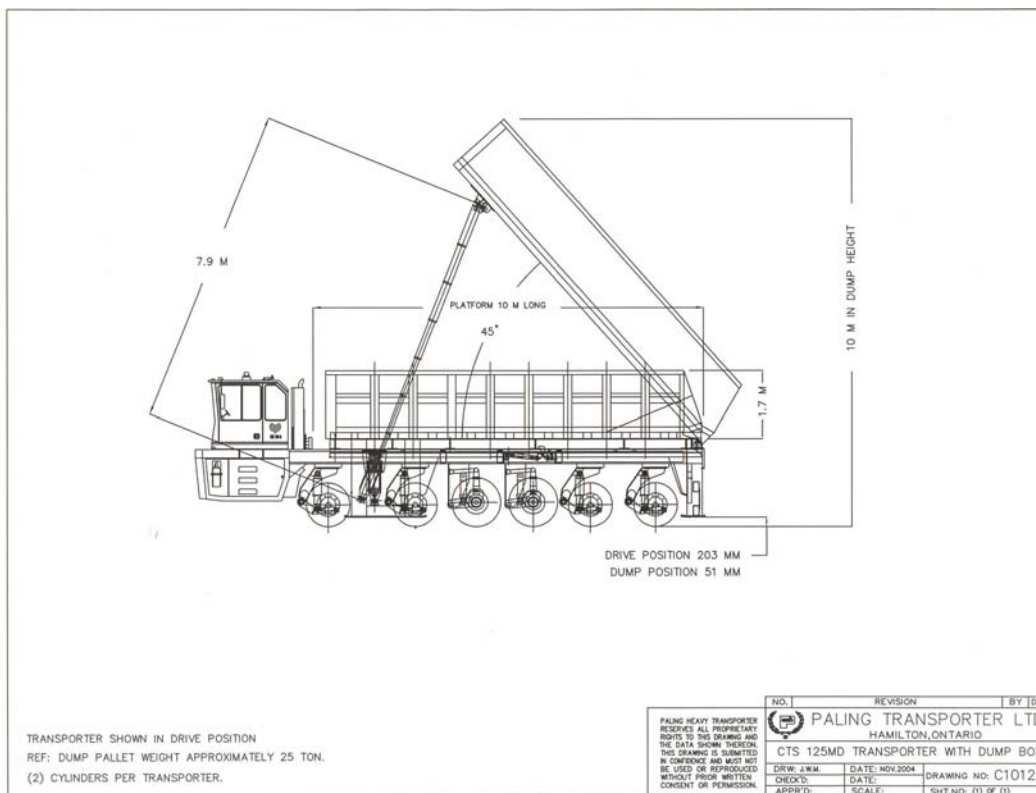
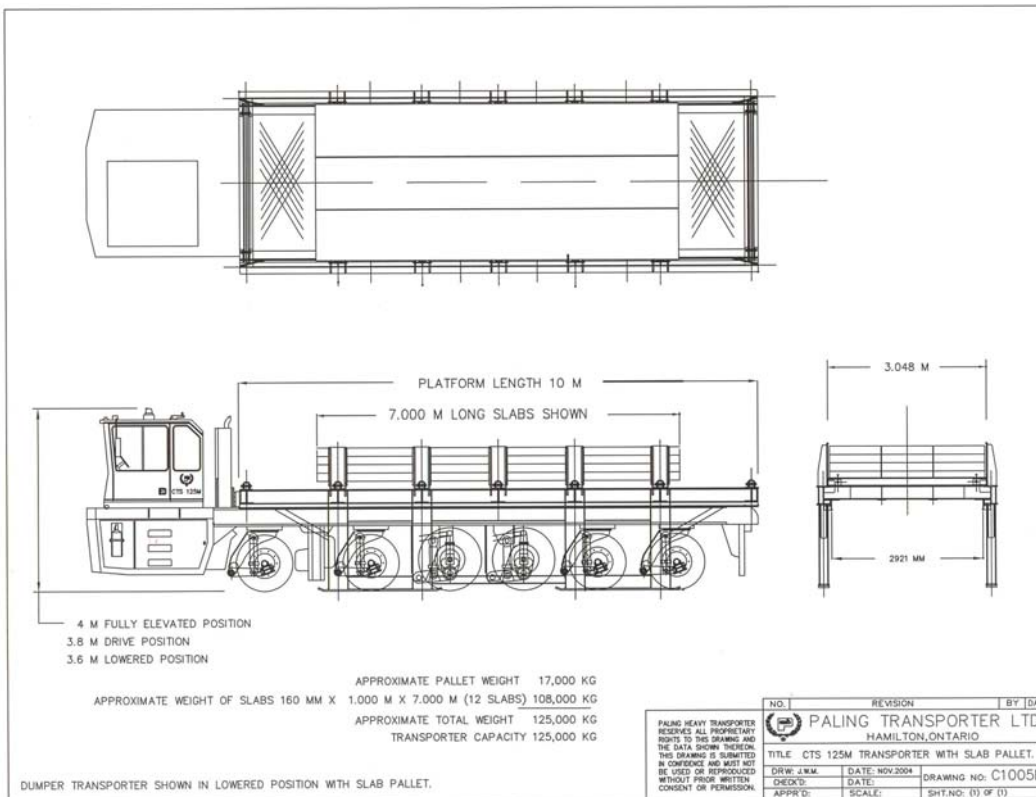
En total, los beneficios esperados al operar en el escenario propuesto ascienden US\$12.140 dólares mensuales. Al proyectar estos beneficios a perpetuidad, con una tasa de 12%, se obtiene un valor actual de US\$1.2 millones.

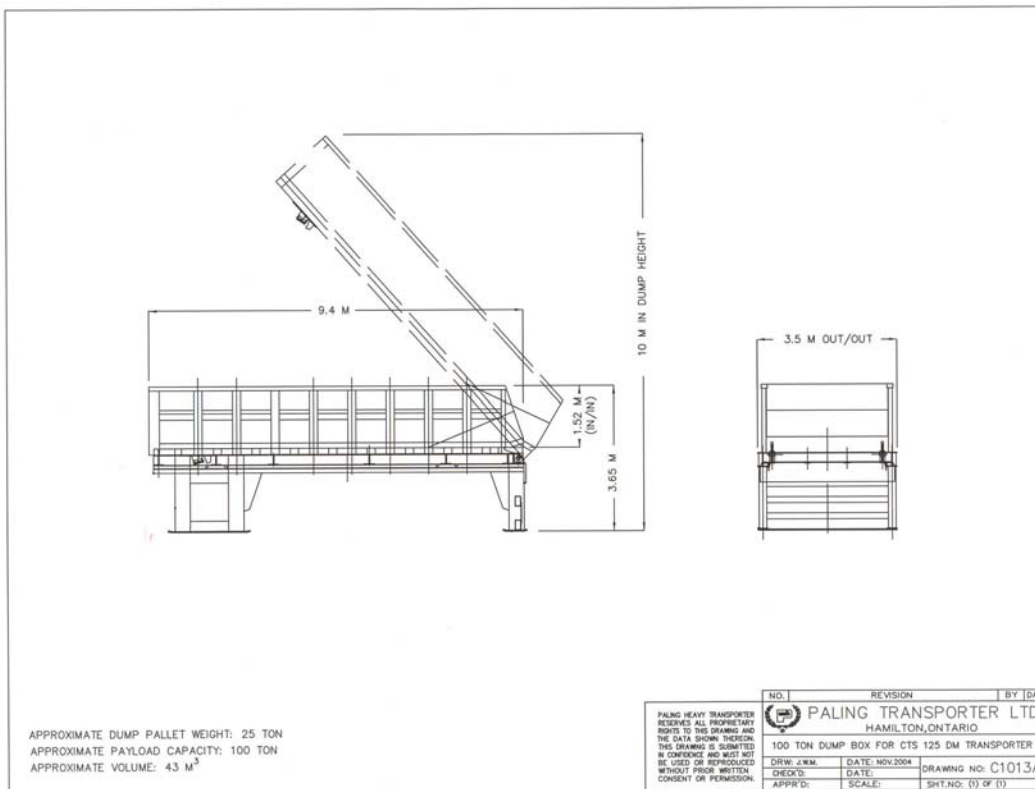
ANEXO G:

CARACTERÍSTICAS DE LOS HTS









ANEXO H:**INFORMACIÓN ANEXA SOBRE LA DETERMINACIÓN DE COSTOS FFCC**

- El costo por mantenimiento mecánico de los equipos se calcula según lo informado por MYRE sección Mantenimiento Mecánico. Se utiliza información del sistema MAXIMO correspondientes a los años 2003 y 2004, además se agrega estimación de costos por concepto de *overhauls*.
- El costo por mantenimiento eléctrico de los equipos se calcula según lo informado por MYRE sección Mantenimiento Eléctrico. Se utiliza información del sistema MAXIMO correspondiente a los años 2003 y 2004.
- El costo derivado del mantenimiento de vías se calcula en base a los pagos mensuales realizados a ICEAL, empresa contratista encargada de la faena en referencia. Se toman los meses de Enero a Noviembre de 2004 como base del cálculo.
- El costo por concepto de cambio de rieles corresponde al desgaste natural debido al uso que tienen estos. Dado el tránsito actual de equipos en la planta, se supone una vida útil de 60 años. El precio del reemplazo de rieles corresponde a una cotización efectuada por el departamento de Tráfico y Muelle.

- El costo del mantenimiento de los carros se calcula en base a los pagos mensuales realizados a MACAES, empresa contratista encargada de la faena en referencia. Además se agrega un costo estimado por concepto de reenllantado de las paradas de rueda.
- El costo por consumo de combustible se realiza sobre la base de un consumo estimado de 30 litros por hora de operación. Se toma como referencia, el precio unitario utilizado por Copec en factura de Septiembre de 2004.
- El costo derivado del trabajo de palanqueros se realiza en base a un costo por turno que se paga al contratista por cada palanquero utilizado. Cada máquina opera en forma permanente con dos palanqueros.
- El costo por concepto de maquinista se calcula según el número de personas que deberían estar contratadas para asegurar un servicio continuo. Para este cálculo se utiliza el costo empresa que representan los trabajadores categoría 6.

ANEXO I:

MOVIMIENTOS FFCC PLANTA HUACHIPATO

Movimientos reemplazables:

UNIDAD	MAQUINA	PRODUCTO	ORIGEN	DESTINO	DESCRIPCION	MODULO
ACERIA	PATIO	Bolsas Cal	20	24-25-26-27	Despacho PLs	500 tons.
	PATIO	Escorias	33	35	Traslado escorias	1 unidad
	SCRAP	Scrap	135-136	135-136	Movimiento carros cajones	-
	SCRAP	Scrap	161-162-163-164	134-135	Despacho a Acería	189 tons.
COLADA CONTINUA	COLADA	Artesa	52	53	Despacho artesa reparada	1 unidad
	COLADA	Artesa	52	64	Despacho artesa reparada	1 unidad
	COLADA	Artesa	53	52	Despacho artesa a reparación	1 unidad
	COLADA	Artesa	64	52	Despacho artesa a reparación	1 unidad
	COLADA	Palanquillas	64	54	Retiro carros lingoteras	215 tons.
	COLADA	Planchones	79	103	Despacho carros a patio planchones	210 tons.
	COLADA	Palanquillas	64-65-66	54	Despacho de carros lingoteros	215 tons.
	PATIO	Desechos	52	35-36	Retiro	10 tons.
	SCRAP	Scrap	64-65-66	161-162-163-164	Retiro carros cajones a patio de chatarra	20
LPC	PATIO	Piezas	62	87 N-89-94-95	Despacho	1 unidad
	PATIO	Barras a enderezar	70	70-71	Retiro PLs	70 tons.
	PATIO	Rollos LC (C. Bliss)	87	73	Movimiento PLs	630 tons.
	PATIO	Planchas Gruesas	88	70-71-72	Retiro PLs	210 tons.
	PATIO	Laminilla	103	97	Retiro carros cajones	50 tons.
	PATIO	Tubos	70-71-72	70-71-72	Retiro PLs a cancha almacenamiento	70 tons.
	PATIO	Piezas	87 N	62	Envío a maestranza	1 unidad
	PATIO	Rollos LC	87 N	88	Movimiento PLs a sector de embalaje	280 tons.
	PATIO	Rodillos	87 N-103	90	Despacho a taller de rodillos	1 unidad
	SCRAP	Scrap	88	164	Retiro de carros cajones a patio de chatarra	20 tons.
	SCRAP	Scrap	70-71-72	161-162-163-164	Retiro carros cajones a patio de chatarra	20 tons.
	SCRAP	Scrap	87 N	161-162-163-164	Retiro de carros cajones a patio de chatarra	20 tons.
LB	PATIO	Alambrón	74	84-102-104-76	Retiro PLs cancha alm.	360 tons.
	PATIO	Piezas	89	62	Retiro PLs	1 unidad
	PATIO	Rodillos	90	105	Despacho a LF	1 unidad
	PATIO	Rodillos	90	95	Despacho a LF	1 unidad
	PATIO	Rodillos	90	87 N-103	Despacho a LPC	1 unidad
	SCRAP	Scrap	89	134-135	Despacho a Acería	20 tons.
	SCRAP	Scrap	66-74	134-135	Despacho a Acería	20 tons.
	PATIO	Piezas	62	89	Despacho	1 unidad
	LF	PATIO	Piezas	62	94-95	Despacho
PATIO		Piezas	94	62	Envío a maestranza	1 unidad
PATIO		Rollos ZnAl	94	82	Despacho mellizos a ZnAl	140 tons.
PATIO		Piezas	95	62	Envío a maestranza	1 unidad
PATIO		Rodillos	95	90	Despacho a taller de rodillos	1 unidad
PATIO		Rollos LFT	95	81	Despacho mellizos	140 tons.
PATIO		Rodillos	105	90	Despacho a taller de rodillos	1 unidad
PATIO		Rollos DV	105	81	Despacho mellizos	140 tons.
PATIO		Rollos EE	110	73	Despacho PL 74 a corte y embalaje	65 tons.
SCRAP		Scrap	82	134-135	Despacho a Acería	15 tons.
SCRAP		Scrap	94	161-162-163-164	Retiro de carros cajones a patio de chatarra	15 tons.
SCRAP		Scrap	110	134-135	Despacho a Acería	20 tons.
SCRAP	Scrap	87 S	161-162-163-164	Retiro de rollos scrap a patio de chatarra	15 tons.	
DSC	PATIO	Barras	89	89	Retiro PLs cancha almacenamiento	375 tons.
	PATIO	Rollos LF (Crudos)	94	81	Despacho mellizos	140 tons.
	PATIO	Productos Varios	73-80-81	24-25-26-27	Envío exportaciones a muelle	700 tons.
	SCRAP	Scrap	73	134-135	Despacho a Acería	25 tons.
	SCRAP	Scrap	105	134-135	Retiro de carros cajones a patio de chatarra	25 tons.
MATERIALES	PATIO	Productos Varios	144-143	24-25-26-27	Recepción	70 tons.
MUELLE	PATIO	Palas	24	25	Envío a muelle	1 unidad
	PATIO	Palas	25	62	Envío a maestranza	1 unidad
	PATIO	Palas	25	24	Envío a stock palas	1 unidad
	PATIO	Palas	62	25	Despacho a muelle	1 unidad

Movimientos no reemplazables:

UNIDAD	MAQUINA	PRODUCTO	ORIGEN	DESTINO	DESCRIPCION
AAHH	AAHH	Arrabio	34	33-133	Despacho torpedo a Acería
	AAHH	Arrabio	34	34-134	Despacho torpedo a Acería
	AAHH	Arrabio	15-16	34	Retiro torpedo a romana AH1
	AAHH	Arrabio	32-21	34	Retiro torpedo a romana AH2
DSC	PATIO	-	1	-	Recepción carros FEPASA
	PATIO	Productos Varios	80	100	Despacho PLS Industrias Anexas
	PATIO	Productos Varios	81	100	Despacho PLS Industrias Anexas
	PATIO	-	89	1	Ubicar eq. Externo
	PATIO	Barras	89	100	Retiro PLS Industrias Anexas
	PATIO	Alambrón	84-102-104	1	Despacho eq. Externo
	PATIO	Productos Varios	84-102-104	100	Despacho PLS Industrias Anexas
	PATIO	Alambrón	74	100	Retiro PLS Industrias Anexas
	PATIO	-	88	1	Retiro carros FEPASA

COSTOS OPERACIÓN Y MANTENCION HTSs

Información equipo Paling CTS 125 (6 ejes)

Consumo diesel: 30 litros/ hora

HH mantenimiento: 0,096 hora/ hora de operación equipo

Lubricantes y repuestos: 2,84 US\$/ hora de operación equipo

Overhauls: US\$ 59.520 cada 40.000 horas de operación

Los valores de mantenimiento incluyen todas las mantenciones preventivas y *overhauls*.

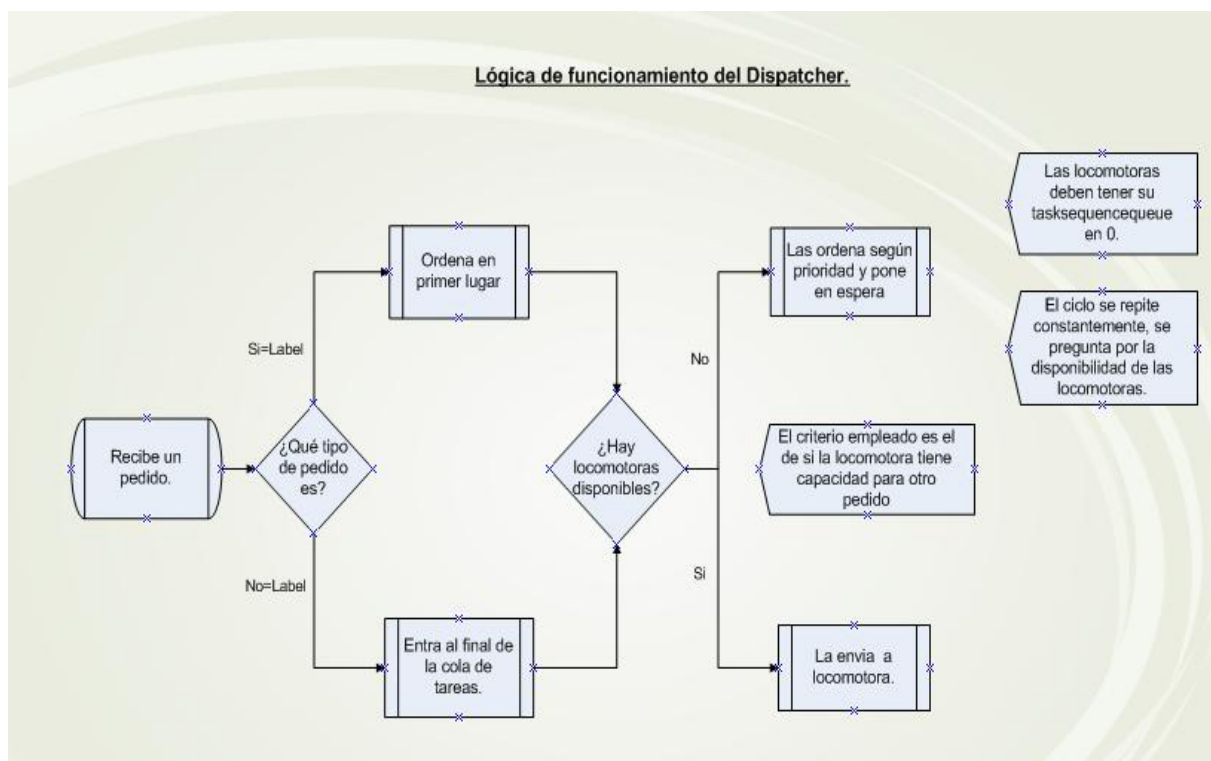
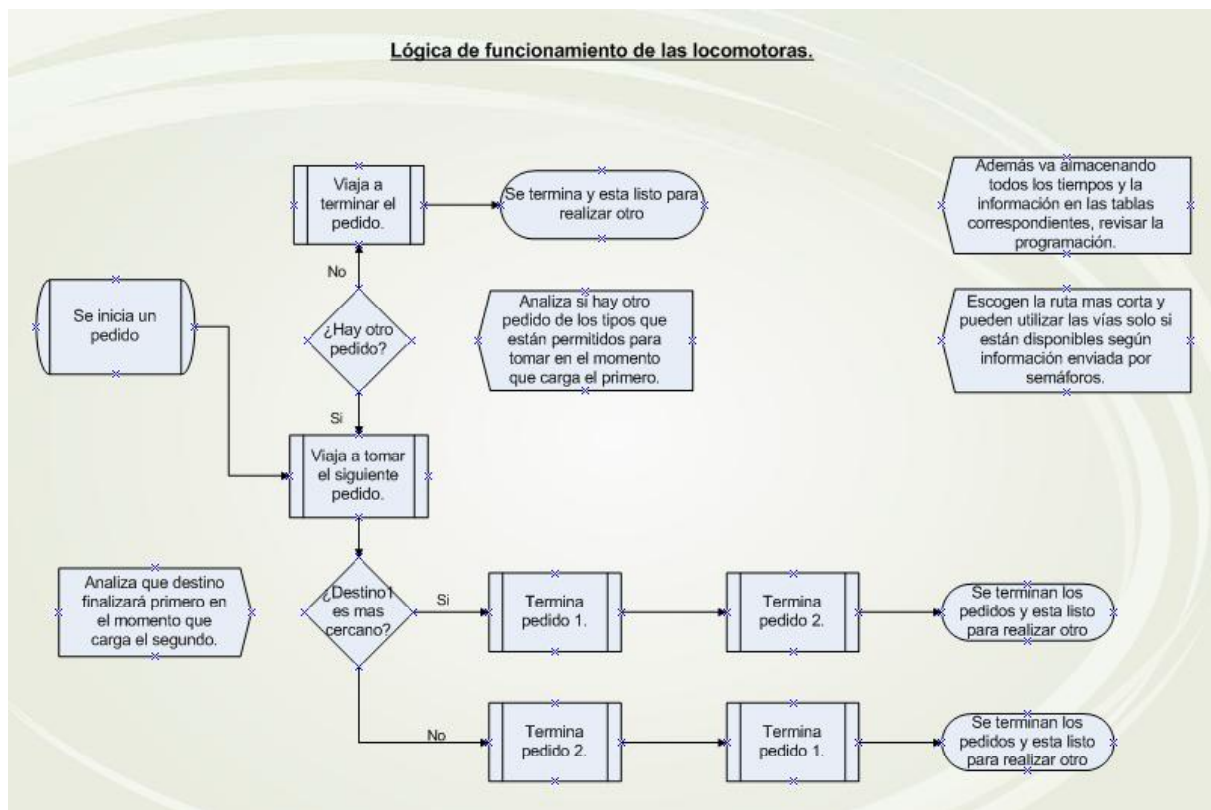
COSTO HTS (US\$)	Operando 2 equipo Utilización, 900 horas/ mes	27.823
Total costo mantenimiento		5.876
Mantenimiento equipos		4.520
Mantenimiento caminos		1.356
Total costo operación		21.947
Combustible		10.960
Operadores		10.987

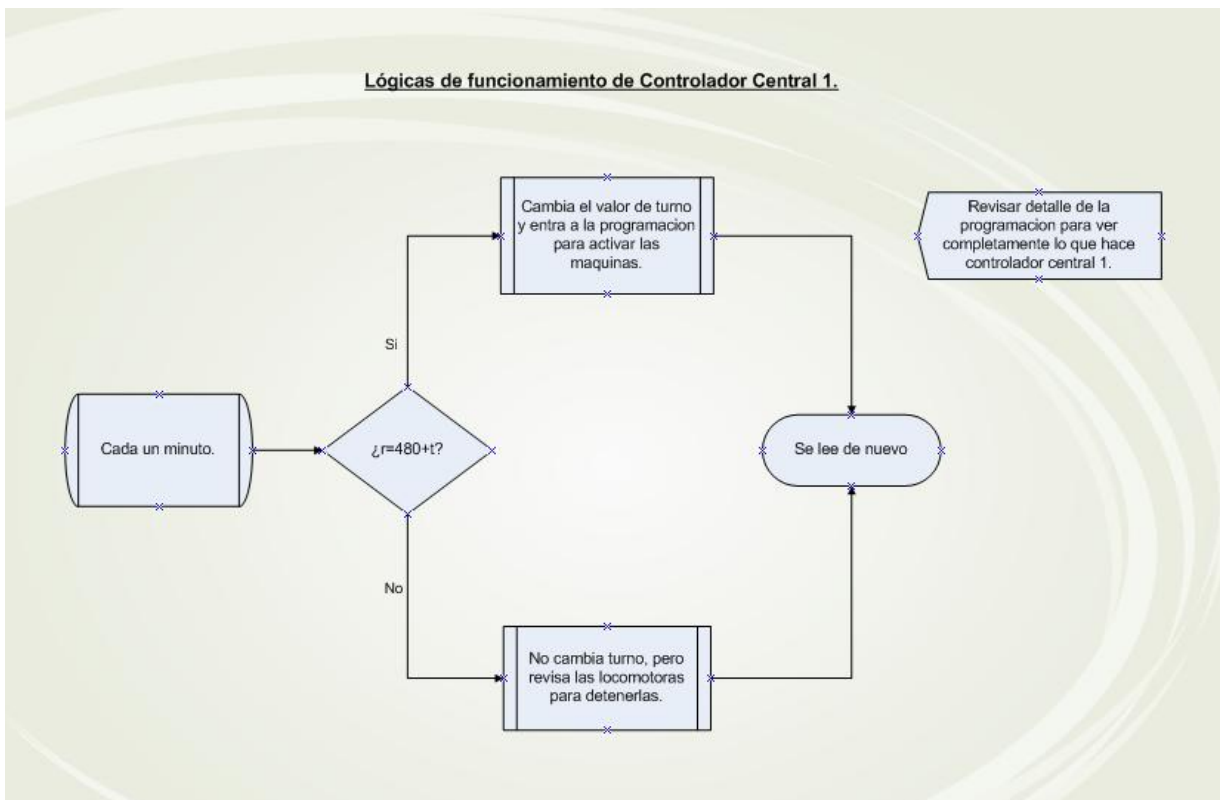
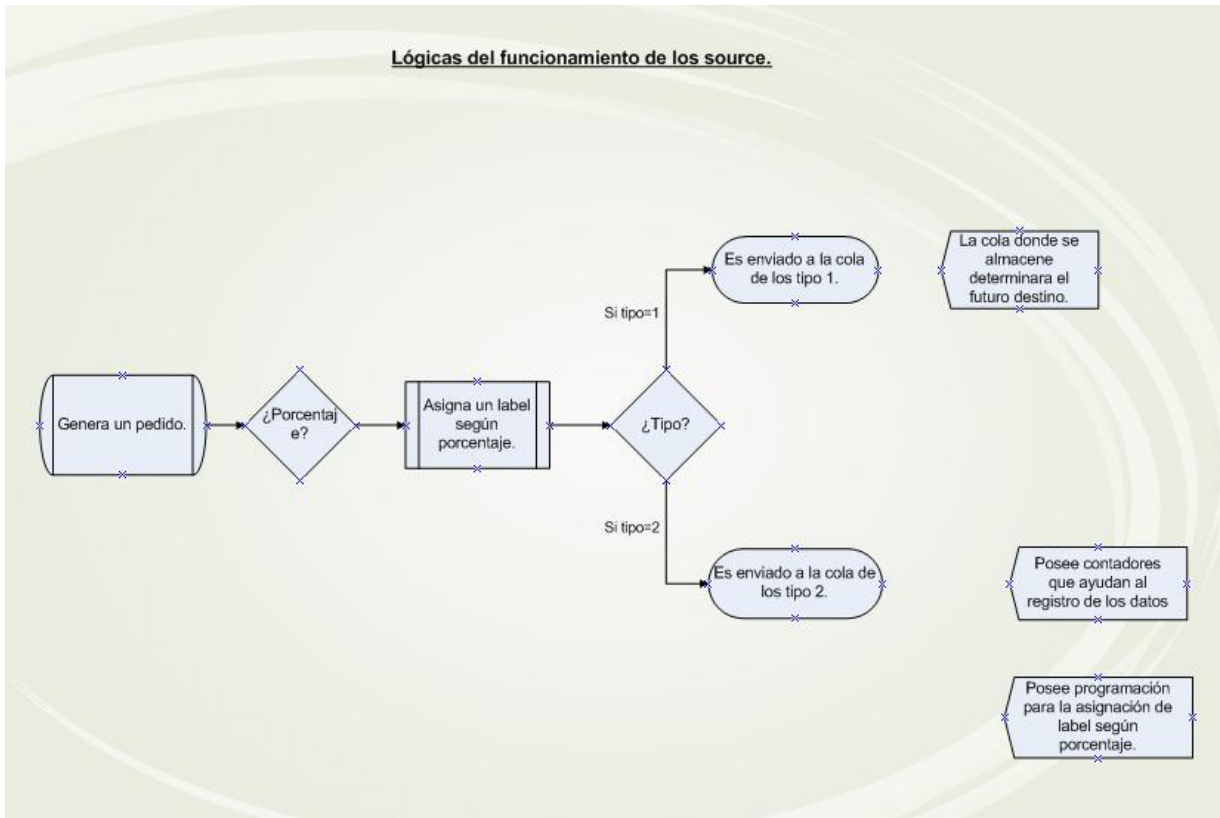
COSTO HTS (US\$)	Operando 2 equipo Utilización, 1000 horas/ mes	29.543
Total costo mantenimiento		6.378
Mantenimiento equipos		5.022
Mantenimiento caminos		1.356
Total costo operación		23.165
Combustible		12.178
Operadores		10.987

COSTO HTS (US\$)	Operando 2 equipos Utilización, 1100 horas/ mes	31.263
Total costo mantenimiento		6.880
Mantenimiento equipos		5.524
Mantenimiento caminos		1.356
Total costo operación		24.383
Combustible		13.396
Operadores		10.987

COSTO HTS (US\$)	Operando 2 equipos Utilización, 1200 horas/ mes	32.983
Total costo mantenimiento		7.382
Mantenimiento equipos		6.026
Mantenimiento caminos		1.356
Total costo operación		25.601
Combustible		14.614
Operadores		10.987

ANEXO J:





Lógicas de funcionamiento del Controlador Central 2.

