

Universidad de Lima

Facultad de Ingeniería y Arquitectura

Carrera de Ingeniería Industrial



# **MEJORA DEL PROCESO OPERATIVO EN UNA EMPRESA DE TRANSPORTE FERROVIARIO**

Trabajo de suficiencia profesional para optar el Título Profesional de Ingeniero  
Industrial

**George Luis Perez Macassi**

**Código 19900568**

**Asesor**

**Arístides Sotomayor Cabrera**

Lima – Perú

Diciembre de 2020





**IMPROVEMENT OF THE OPERATING  
PROCESS IN A RAILWAY TRANSPORT  
COMPANY**

# TABLA DE CONTENIDO

<b>RESUMEN</b> .....	xi
<b>ABSTRACT</b> .....	xii
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>CAPITULO I: ANTECEDENTES DE LA EMPRESA</b> .....	2
<b>1.1 Breve Reseña de la Organización</b> .....	2
<b>1.2 Línea de productos</b> .....	2
<b>1.3 Clientes</b> .....	3
<b>1.4 Proveedores</b> .....	4
<b>1.5 Descripción del Sector</b> .....	4
<b>1.5.1 Mercado objetivo y participación en el mercado</b> .....	4
<b>1.5.2 Capacidad productiva</b> .....	6
<b>1.5.3 Zona de operación: Región Central del Perú.</b> .....	7
<b>1.6 Descripción del problema</b> .....	9
<b>1.6.1 Antecedente del Problema</b> .....	9
<b>1.6.2 Definición del problema</b> .....	9
<b>1.6.3 Causas Principales</b> .....	10
<b>1.7 Diagnóstico estratégico</b> .....	15
<b>1.7.1 Fortalezas y debilidades</b> .....	16
<b>1.7.2 Oportunidades y Amenazas</b> .....	16
<b>CAPITULO II: OBJETIVOS</b> .....	17
<b>2.1 Objetivo General</b> .....	17
<b>2.2 Objetivos Específicos</b> .....	17
<b>2.3 Objetivos Estratégicos</b> .....	17
<b>CAPITULO III: ALCANCE Y LIMITACIONES</b> .....	22
<b>3.1 Ámbito del proyecto: Zona/ Área / Función /Proceso</b> .....	22

<b>CAPITULO IV: JUSTIFICACION</b> .....	24
<b>4.1 Justificación (Análisis Costo Beneficio)</b> .....	24
<b>CAPITULO V: PROPUESTA DE SOLUCIÓN</b> .....	25
<b>5.1 Estrategias de solución</b> .....	25
<b>5.1.1 Principales Estrategias</b> .....	25
<b>5.1.2 Alternativas de solución</b> .....	26
<b>5.1.3 Problema Principal:</b> .....	26
<b>5.1.4 Solución Principal</b> .....	26
<b>5.2 Desarrollo de Solución Ejecutada.</b> .....	27
<b>5.2.1 Aplicación de herramienta de Gestión por Procesos</b> .....	27
<b>5.3 Aplicación de la teoría de limitaciones (Cuello de Botella)</b> .....	42
<b>5.3.1 Identificar la restricción principal del Sistema</b> .....	42
<b>5.3.2 Definir la forma de explotar la restricción</b> .....	44
<b>5.3.3 Subordinar la no-restricción</b> .....	46
<b>5.3.4 Elevar o eliminar la restricción</b> .....	46
<b>5.3.5 Aplicación del Sistema de flujo caudal TOC. Teoría de Limitaciones: transporte rumbo norte y sur.</b> .....	47
<b>5.4 Aplicación de índices de capacidades de los procesos (Cp., Cpk) para determinación de la variabilidad y centrado de los procesos respecto a los tiempos de viaje (6 sigma)</b> .....	51
<b>5.5 Aplicación de Lean Manufacturing</b> .....	53
<b>5.5.1 Identificar la propuesta de valor que entregamos a nuestros clientes a fin de minimizar actividades que no agregan valor.</b> .....	53
<b>5.5.2 Flujo continuo de actividades por proceso (flujo celular):</b> .....	55
<b>5.6 Programa de capacitación de personal operativo</b> .....	55
<b>CAPITULO VI: RESULTADOS</b> .....	56
<b>6.1 Resultados operativos</b> .....	56
<b>6.1.1 Disminución de tiempos de maniobras adicionales en patios respecto a tiempos de maniobras estándar y el ahorro por la disminución de las maniobras adicionales en dichos patios.</b> .....	56
<b>6.1.2 Variación de la producción mensual en dólares respecto a lo presupuestado</b>	57
<b>6.1.3 Ahorro por disminución de inventarios (carros cargados) en patios de maniobras.</b> .....	58
<b>6.2 Resultados económicos:</b> .....	61

<b>CONCLUSIONES</b> .....	62
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	64
<b>REFERENCIAS</b> .....	66
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	67
<b>ANEXOS</b> .....	68



## ÍNDICE DE TABLAS

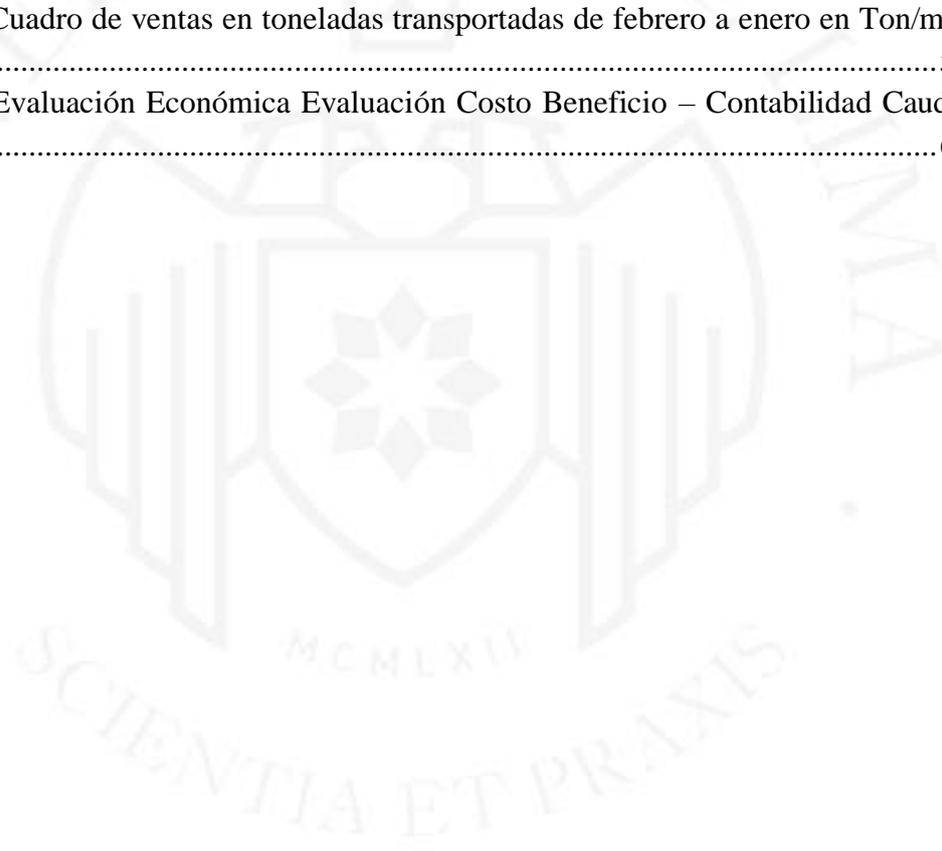
<b>Tabla 1.1</b> FCCA.y su participación del mercado de transporte de concentrados en la región central .....	5
<b>Tabla 1.2</b> Presupuesto de transporte FCCA.2019 .....	5
<b>Tabla 1.3</b> Situación de recursos antes de la mejora .....	6
<b>Tabla 5.1</b> Disponibilidad de locomotoras y tiempos de patios en el sector cuello de botella respecto al tonelaje producido .....	47
<b>Tabla 6.1</b> Situación de recursos después de la mejora.....	60



## ÍNDICE DE FIGURAS

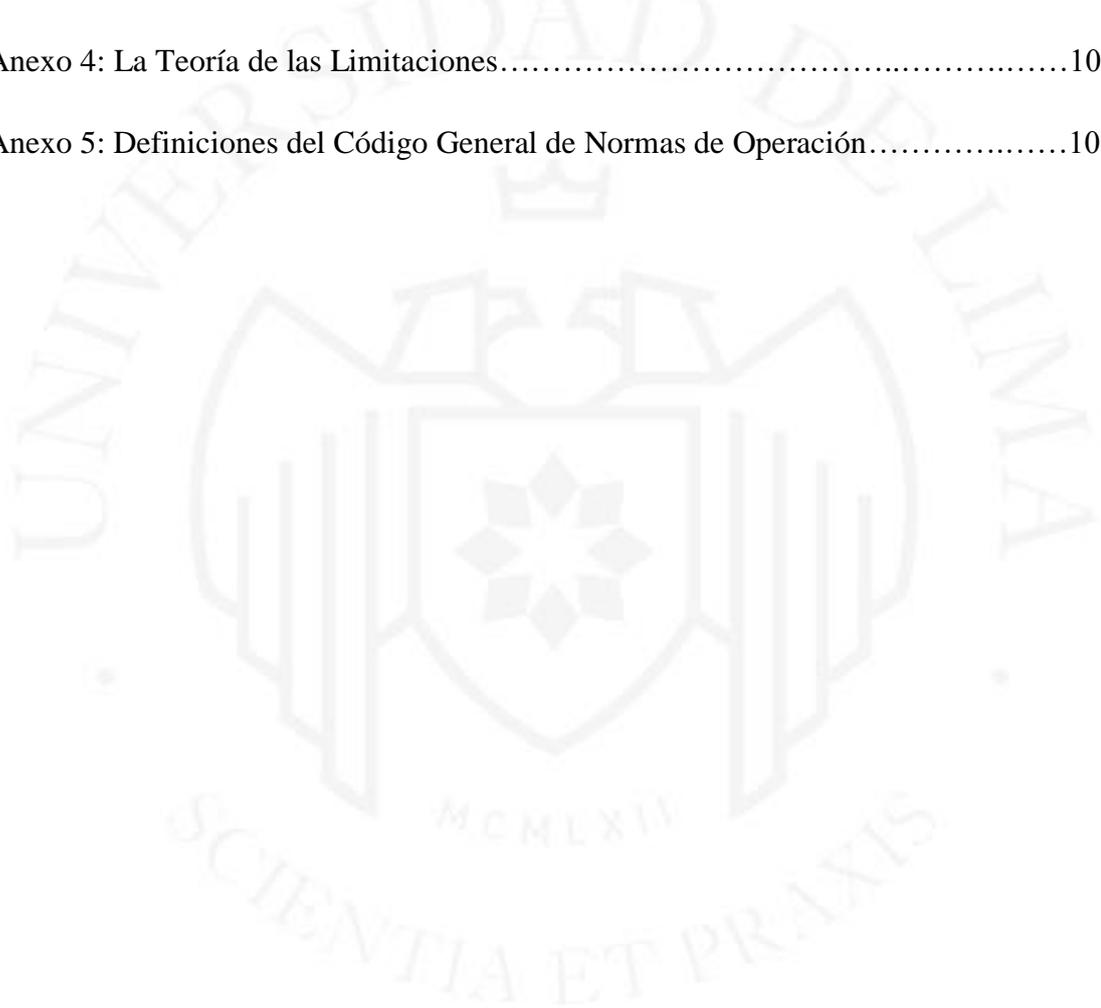
<b>Figura 1.1</b> Mapa de ubicación de la red ferroviaria FCCA. ....	7
<b>Figura 1.2</b> Organigrama general FCCA. ....	8
<b>Figura 1.3</b> Diagrama de Ishikawa FCCA. ....	11
<b>Figura 1.4</b> Capacidad del proceso Tiempo Total de viaje FCCA. ....	12
<b>Figura 1.5</b> Capacidad del proceso Tiempo Efectivo de viaje FCCA. ....	13
<b>Figura 1.6</b> Capacidad del proceso Tiempo de Estaciones o Patios FCCA. ....	14
<b>Figura 1.7</b> Gráfico comparativo de transporte real versus proyectado ( presupuesto de ventas).....	15
<b>Figura 1.8</b> Análisis de Fortalezas y debilidades .....	16
<b>Figura 1.9</b> Análisis de Oportunidades y Amenazas.....	16
<b>Figura 2.1</b> Orientación estratégica.....	18
<b>Figura 2.2</b> Análisis FODA y su enlace con Balance Score Card.....	19
<b>Figura 2.3</b> Matriz Estratégica .....	21
<b>Figura 5.1</b> Mapa de procesos FCCA.....	28
<b>Figura 5.2</b> Diagrama de Bloques: Proceso Operativo FCCA. ....	29
<b>Figura 5.3</b> Volteador de carros: Impala / Locomotora 101 jalando carros /desentoldado de carros.....	30
<b>Figura 5.4</b> Mapa de los 5 Sectores o sub-procesos operativos FCCA.....	31
<b>Figura 5.5</b> Formación de tren con carros vacíos Patio Central / Tren con carros vacíos saliendo de estación Galera.....	32
<b>Figura 5.6</b> Hoppers en descarga Refinería La Oroya / Pesaje punto intermedio balanza La Oroya .....	32
<b>Figura 5.7</b> Carguío desde volquetes a los carros ferroviarios. Embarcadero Unish-Cerro de Pasco .....	33
<b>Figura 5.8</b> Carros vacíos en línea de descarga/ carguío de carros con pala: Zona de despachos Tunshuruco- Minera Chinalco.....	33
<b>Figura 5.9</b> Entoldado de carros cargados con Cu. /precintado de carros cargados / salida de trenes con carros cargados: Tunshuruco – Minera Chinalco – Pk.183 – 4750 msnm. ....	34
<b>Figura 5.10</b> Diagrama Sipoc Elementos por Proceso Operativo FCCA.....	35
<b>Figura 5.11</b> Diagrama de Flujo : Sub -Proceso Operativo Descarga de carros en Patio Central FCCA .....	37
<b>Figura 5.12</b> Procesos de Atención Patio Central FCCA.....	38
<b>Figura 5.13</b> Diagrama Iper: Proceso Operativo FCCA. ....	40
<b>Figura 5.14</b> Ficha de Proceso Operativo FCCA.: proceso de descarga. ....	41
<b>Figura 5.15</b> Cuadro de disponibilidad de locomotoras por sectores FCCA. ....	43

<b>Figura 5.16</b> Cuadro Tiempo de viaje ciclo total Balta-Galera-Balta. SectorII de operación .....	44
<b>Figura 5.17</b> Determinación de saldo de tonelaje por cubrir en el sector cuello de botella. ....	45
<b>Figura 5.18</b> TOC. Aplicado al Sistema de transporte rumbo Norte y Sur con 4 locomotoras (situación antes de mejora) .....	49
<b>Figura 5.19</b> TOC. Aplicado al Sistema de transporte rumbo Norte y Sur con 6 locomotoras (situación después de mejora). ....	50
<b>Figura 5.20</b> Capacidad del proceso Tiempo Total de viaje FCCA. con 6 locomotoras	51
<b>Figura 5.21</b> Capacidad del proceso Tiempo de Estacionamiento en patios FCCA. con 6 locomotoras.....	52
<b>Figura 5.22</b> Diagrama de Actividades por Proceso FCCA.....	54
<b>Figura 6.1</b> Cálculo de tiempos adicionales de patios respecto al estándar y sus costos mensuales.....	56
<b>Figura 6.2</b> Cuadro de ventas en toneladas transportadas de febrero a enero en Ton/mes .....	57
<b>Figura 6.3</b> Evaluación Económica Evaluación Costo Beneficio – Contabilidad Caudal .....	61



## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: TPM (Mantenimiento Productivo Total).....	68
Anexo 2: Sistema de transporte ferroviario de carga.....	72
Anexo 3: Ciclo de La Calidad (Ocho pasos en la solución de un problema).....	84
Anexo 4: La Teoría de las Limitaciones.....	100
Anexo 5: Definiciones del Código General de Normas de Operación.....	107



## RESUMEN

El presente trabajo surge de la convicción y la necesidad de lograr resultados concretos en el proceso operativo de un ferrocarril de por si complejo, complicado y variable; y que en sus más de 10 años de administración privada no venía mostrando una tendencia positiva en lo operativo, seguridad y clima organizacional.

En el Capítulo 1 se dio un enfoque sistémico donde todos los conformantes de la organización logren involucrarse y comprometerse con los objetivos estratégicos de la compañía, definiéndose primeramente la misión, visión y valores e identificándose las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas del negocio. (Esto como una primera etapa).

Ya en la segunda etapa se prioriza al Macro proceso Operativo en función a los objetivos estratégicos planteados como son el tiempo de viaje a 2 días, cumplimiento de presupuesto mensual y seguridad total en el proceso.

Las principales herramientas de gestión que se emplearon en la implementación de mejora fueron La Gestión por Procesos, Teoría de Restricciones, Lean y Seis Sigma ; en el Capítulo 5 se describe la aplicación de las mismas en el Macro Proceso Operativo FCCA.

Respecto a los resultados destacan la mejora en el promedio de tiempo de viaje de 3.5 días a 2.3 días e incremento de ventas de 160000 a 181000 Toneladas /mes.

Actualmente se viene aplicando la política de mejora continua, manteniendo el uso de las herramientas de gestión planteadas en el presente trabajo de mejora a fin de cumplir con los objetivos estratégicos del Ferrocarril Central Andino.

**Palabras claves:** Gestión por procesos; limitación o cuello de botella del sistema; rentabilidad o rendimiento de un proceso; demoras o despilfarros de un proceso; variación o capacidad de un proceso; inventarios (carros cargados y vacíos estacionados en patios).

# ABSTRACT

The present work arises from the conviction and the need to achieve concrete results in the operating process of a railway that is complex, complicated and variable; and that in its more than 10 years of private administration, haven't shown a positive trend in operational aspects, safety and organizational environment.

In Chapter 1 a systemic approach was given where all the members of the organization manage to get involved and commit to the strategic objectives of the company, first defining the mission, vision and values and identifying the strengths, opportunities, weaknesses and threats of the business. (This as a first stage).

In the second stage, the Macro Operational process is prioritized based on the strategic objectives proposed, such as travel time of 2 days, compliance with the monthly budget and total safety in the process.

The main management tools used in the implementation of improvement were Process Management, Theory of Constraints, Lean and Six Sigma; Chapter 5 describes the application of these management tools in the FCCA. Macro Operating Process.

Regarding the results, the improvement in the average travel time from 3.5 days to 2.3 days and the increase in sales from 160000 to 181000 Tons, / month stand out.

The policy of continuous improvement is currently being applied, maintaining the use of the management tools proposed in this improvement work in order to comply with the strategic objectives of Ferrocarril Central Andino.

**Keywords:** Process management; limitation or bottleneck of a system; profitability or performance of a process; delays or waste or a process; variation or capacity of a process; stocktaking (loaded and empty cars in railyards).

# INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de mejora del proceso operativo de una empresa de transporte ferroviario surgió de mi experiencia profesional en las áreas Comercial y Operativa en la empresa Ferrocarril Central Andino , con la firme convicción y la necesidad de lograr resultados concretos en el proceso operativo de un ferrocarril de por si complejo, complicado y variable; y que en sus más de 10 años de administración privada no venía mostrando una tendencia positiva en lo comercial, operativo, y clima organizacional.

En el Capítulo 1 se dio un enfoque sistémico donde todos los conformantes de la organización logren involucrarse y comprometerse con los objetivos estratégicos de la compañía, definiéndose primeramente la misión, visión y valores e identificándose las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas del negocio. (Esto como una primera etapa).

Ya en la segunda etapa se priorizó al Macro proceso Operativo en función a los objetivos estratégicos planteados como son el tiempo de viaje a 2 días, cumplimiento de presupuesto mensual y seguridad total en el proceso.

Las principales herramientas de Ingeniería Industrial que se emplearon en la implementación de mejora de gestión fueron: Gestión por Procesos, Teoría de Restricciones, Lean y Seis Sigma; en el Capítulo 5 se describe la aplicación de las mismas en el Macro Proceso Operativo FCCA.

Respecto a los resultados destacan la mejora en el promedio de tiempo de viaje de 3.5 días a 2.3 días e incremento de ventas de 160000 a 181000 Toneladas /mes.

Actualmente se viene aplicando la política de mejora continua, manteniendo el uso de las herramientas de gestión planteadas en el presente trabajo de mejora a fin de cumplir con los objetivos estratégicos del Ferrocarril Central Andino.

# CAPITULO I: ANTECEDENTES DE LA EMPRESA

## 1.1 Breve Reseña de la Organización

Ferrovías Central Andina S.A., participó con resultados positivos en la licitación pública del año 1999, para obtener una Concesión del Estado Peruano, por un lapso de 30 años, con el objeto de trabajar en la Rehabilitación, Mantenimiento y Explotación de la vía ferroviaria ubicado en la zona centro del país. Esta vía fue construida en trocha estándar y tiene capacidad para transportar carga a gran escala y proveer servicios de transporte de carga y servicio turístico regional. Conformada por capital netamente privado, Ferrovías, inició sus operaciones el 20 de Setiembre de 1999, ofreciendo desde entonces una amplia área de cobertura en la Sierra Central, que se extiende desde la estación de Guadalupe [Patio Central] en el Callao pasando por Cerro de Pasco, Jauja y La Oroya hasta Huancayo.(Ferrocarril Central Andino S.A. [FCCA.], 2007)

- ✓ RUC: 20432347142
- ✓ Razón Social: FERROCARRIL CENTRAL ANDINO S.A.
- ✓ Sigla Comercial: FCCA. S.A.
- ✓ Tipo Empresa: Sociedad Anónima
- ✓ Fecha Inicio Actividades: 19 / Septiembre / 1999
- ✓ Dirección Legal: Av. Circunvalación del Golf los Incas 170.
- ✓ Distrito / Ciudad: Santiago de Surco
- ✓ Departamento: Lima
- ✓ Servicio: Transporte de Carga por línea férrea.

## 1.2 Línea de productos

- Servicio de transporte de concentrados Cu., Pb. y Zn.: estos son transportados a granel en carros tipo cajón ( góndolas ) o hoppers ( 59.5 TMH.promedio por carro) , entoldados , precintados y con su guía de remisión correspondiente , desde las unidades de carguío ( embarcaderos

o planta concentradora) hasta los depósitos de descarga en el Callao ( Impala , Perubar , IXM-Dreyfus)

- Servicio de transporte de refinados (Cu, Pb, Zn): en barras , lingotes , jumbos o planchas en carros tipo cajón , entoldados y precintados y con su guía de remisión correspondiente.
- Servicio de transporte de ácido sulfúrico: al ser un insumo químico fiscalizado IQF.se transporta en tanques herméticos con una capacidad de 70 y 90 Ton.) acompañados con un vagón auxilio dotado con implementos de primera respuesta en el caso de derrame de ácido, desde las Refinerías de Cajamarquilla y Refinería La Oroya hasta su descarga en DQM. ( Depósitos Químicos Mineros) , ubicado en el Callao.
- Servicio de transporte de carga de cemento: en bolsas de papel de 42,5 kg. con un promedio de 1500 bolsas por carro tipo bodega (cerrado herméticamente a fin de evitar el ingreso de agua de lluvia en el viaje),

### 1.3 Clientes

- Compañía Minera CHINALCO PERU (Aluminium Corporation of China) : mina de Cu.de clase mundial (tajo abierto) .
- Compañía Minera VOLCAN : compañía minera considerada uno de las mayores productores mundiales de Zn. , Pb. y Ag., sus operaciones están ubicadas en la región Central con sus unidades de producción:
  - Concentradora Paragsha (Cerro de Pasco)
  - Concentradora Chungar (Cerro de Pasco)
  - Concentradora Marh Tunel (Junín)
  - Concentradora Victoria (Junín)
- Compañía Minera EL BROCAL (Cerro de Pasco): produce Cu., Zn., Ag. y Pb.
- Compañía Minera MILPO-ATACOCHA NEXA (Cerro de Pasco), perteneciente al Grupo Nexa Resources S.A., una compañía de minería y metalurgia que se encuentra entre los cinco mayores productores de zinc del mundo; produce concentrados de Zn., Cu. y Pb. con contenidos de Ag. y Au.
- Refinería de Cajamarquilla: perteneciente también al Grupo Nexa Resources S.A.; produce refinados de Zn. y ácido sulfúrico.

- Refinería La Oroya (Junín); paralizada desde al año 2008 por observaciones de adecuación medio ambiental.
- Cemento Andino: perteneciente al grupo UNACEM, produce cemento en bolsas, las mismas que son trasladadas a distribuidores ubicados en estaciones del ferrocarril en Lima y Huancayo.

#### **1.4 Proveedores**

Combustible: Repsol, PetroPerú, Primax.

Lubricantes: Nexo Lubricantes (Shell)

Zapatitas para carros y locomotoras: Frenosa, Cobra , etc.

Motores para Locomotoras: Jebco Consulting -Sede Virginia EE.UU., MD. Electro Motive División: General Motors, General Electric.

Planchas, perfiles, etc. para carros: Tradi S.A.

Durmientes de madera: Maderera Santa Rosa.

Durmientes de concreto: Unicon

#### **1.5 Descripción del Sector**

FCCA. al ser una empresa cuyo principal giro de negocios es el transporte ferroviario de carga pertenece al Sector Transportes en la Región Central del Perú juntamente con su principal competidor que es el transporte de carga carretero, siendo la carretera la principal vía de salida de productos, agropecuarios, mineros, mercancías, pasajeros, etc.; la misma que durante los últimos años se encuentra muy saturada con la consiguiente demora en los tiempos de viaje en ambos sentidos.

##### **1.5.1 Mercado objetivo y participación en el mercado**

En la tabla 1.1 se resume la participación del mercado actual de transporte de concentrados del Cu., Pb. y Zn., siendo el Perú el segundo productor a nivel mundial de Cu. y Zn. y tercero de Pb., según los resultados correspondientes al año 2019, de estos la Región Central produce el 11% de Cu., el 45% de Zn. y el 55 % de Pb. de la producción nacional. Y de este total regional , FCCA. proyectó transportar el año 2019 el 80% de Cu., 45% de Zn. y el 11% de Pb., con un total de 4840 TMH. /día promedio (equivalente a 87 carros/día promedio).

**Tabla 1.1**

*FCCA.y su participación del mercado de transporte de concentrados en la región central*

Perú	Cu.	Zn.	Pb.
% de la producción mundial	12%	10%	8%
Ranking Mundial	2	2	3
Ranking América Latina	2	1	1
Producción región central(Tm)			
% de la producción nacional	11%	45%	55%
Producción de clientes de FCCA.(Tm)			
% producción de la región central	90%	63%	73%
Transporte FCCA.(Tm)			
% Producción de clientes de FCCA.	80%	45%	11%
Transporte FCCA. concentrados (Tm)	3200	1514	126

+Nota. De Producción Minera de Cu.,Pb., y Zn. , nacional y regional ,por Ministerio de Energía y Minas , 2019.[http://www.minem.gob.pe/\\_estadistica.php?idSector=1&idEstadistica=13273](http://www.minem.gob.pe/_estadistica.php?idSector=1&idEstadistica=13273)

Fuente: Ministerio de Energía y Minas (2019).

Elaboración propia

Asimismo, en la Tabla1.2, se detalla un resumen del presupuesto de ventas por tipo de producto general, diario, mensual y anual.

**Tabla 1.2**

*Presupuesto de transporte FCCA.2019*

Tipo de producto	(Ton.)	carros
Concentrados	4840,17	87
Ácido sulfúrico en tanques	1464	16
Refinados	900	16
Otros.	250	5
Presupuesto de ventas diario	7454,17	129
Presupuesto de ventas mensual	223620	3889
Presupuesto de ventas anual	2683440	46669
Presupuesto de ventas 2019 (US\$).		32201280

Fuente: Ferrocarril Central Andino S.A. (2018).

Elaboración propia

### 1.5.2 Capacidad productiva

En la siguiente tabla se muestra la capacidad productiva antes del proceso de mejora, donde se observa que en ese período se contaba con sólo 17 locomotoras, de las cuales sólo 14 para línea principal y 3 locomotoras para el servicio de patio, respecto a carros ferroviarios se contaba con 497 carros para el transporte de concentrados, ácido y otros materiales; y un total de 27 tripulaciones para cubrir el servicio de movimiento de trenes en todo el sistema.

**Tabla 1.3**

*Situación de recursos antes de la mejora*

Modelo locomotora	potencia en HP.	Locomotoras operativas	Locomotoras por reparar
DL 560 – ALCO ( para patio)	2400	2	1
GE.B39 / Villares	3000	1	1
GE – C-30	3000	5	1
GE – C39	3950	4	0
GE-39 Modificada	3600	0	0
GM – MD-40	3000	1	1
<b>TOTAL</b>		<b>13</b>	<b>4</b>

Personal	Jefe de tren	Maquinista	Brequero
Sector 1	6	6	6
Sector 2	10	10	10
Sector 3	8	8	8
Sector 4	3	3	3
Sector 5	0	0	0
Capacitación			
<b>TOTAL</b>	<b>27</b>	<b>27</b>	<b>27</b>

*Situación de recursos antes de la mejora*

CARROS	Operativos	Capacidad (Ton.)
Góndolas	220	55
Bodegas	80	55
Hoppers	180	55
Tanques de Acido	80	75
Tanques Combustible	17	50
Plataformas planas	28	50
Otros	15	55
<b>TOTAL</b>	<b>620</b>	<b>395</b>

Fuente: Ferrocarril Central Andino S.A. (2018).

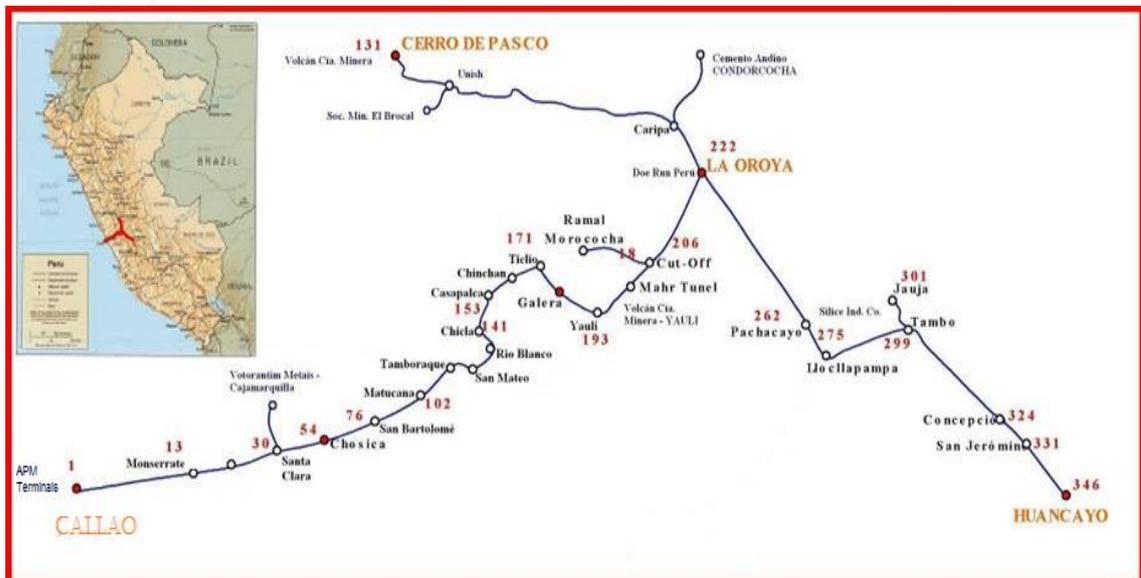
Elaboración propia

### 1.5.3 Zona de operación: Región Central del Perú.

En la figura 1.1 se observa la zona de operación se encuentra conformada por 5 subdivisiones (S.D) partiendo desde el Callao hasta Chosica (SD1), de Chosica a Galera (SD2), de Galera a La Oroya (SD3), de La Oroya a Huancayo (SD4) de La Oroya a Cerro de Pasco (SD5), con una extensión de vía total de 496.5 Km., uniendo 3 departamentos (Lima, Junín y Cerro de Pasco), consta en toda la red con 58 puentes (resaltando los puentes Carrión, Copa y el Infiernillo), 69 túneles (destacando el túnel La Esperanza y el túnel Galera) y 6 zig-zags.

**Figura 1.1**

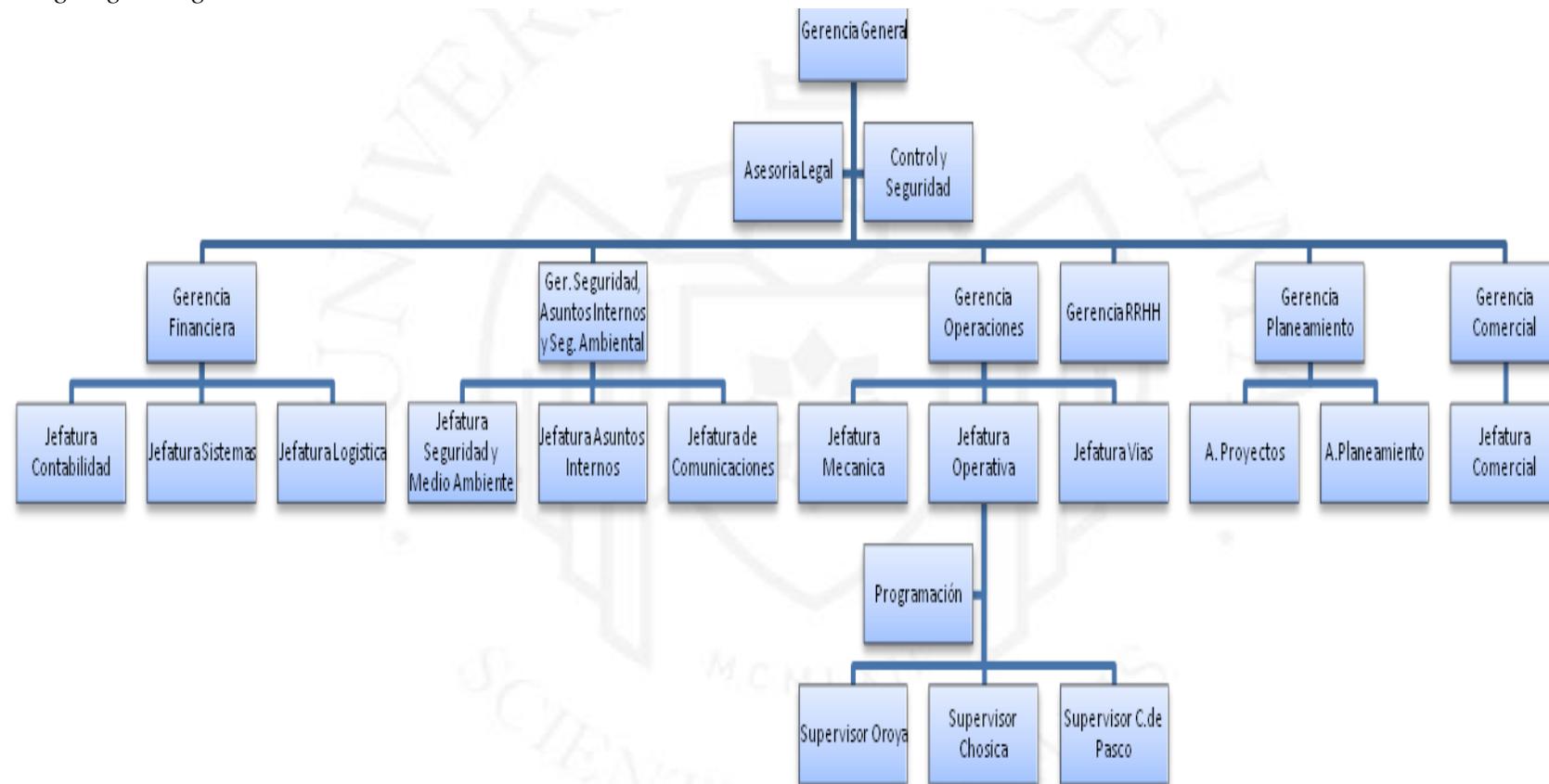
*Mapa de ubicación de la red ferroviaria FCCA.*



Fuente: Ferrocarril Central Andino S.A. (2018).

**Figura 1.2**

*Organigrama general FCCA.*



Fuente: Ferrocarril Central Andino S.A. (2018).

∞ Elaboración propia

## **1.6 Descripción del problema**

### **1.6.1 Antecedente del Problema**

El problema principal radicó principalmente en el método operativo de movimiento de trenes aplicado sumado a una serie de restricciones como la geografía de terreno (zonas de derrumbes por lluvias, huaycos, zig-zags, altas gradientes), infraestructura adecuada a locomotoras y carros del siglo pasado (puentes y túneles), condición de “vía única” (una sola vía) teniendo que programarse adecuadamente los cruzamientos a través de desvíos, patios y estaciones de trenes rumbos norte y sur a lo largo de la ruta; baja disponibilidad y confiabilidad de locomotoras, condiciones de la vía (rieles de 80lb/pl2 requiriendo rieles de 115lb/plg2), disponibilidad de personal capacitado (alta rotación, ausentismo, falta de nivelación salarial, exceso de horas de trabajo 12 horas a más), reglamentaciones (OSITRAN - movimiento de trenes, reglamento nacional de ferrocarriles, normalización FRA1, FRA2, FRA3), sistema de organización funcional por bases de operación y/o áreas especializadas, demoras de los clientes en la etapa de carguío en unidades despacho y descarga en depósitos (sujeto a las variaciones de los precios internacionales de los minerales, humedad del concentrado en origen, falta de espacio en depósitos, retraso en los embarques, etc.), excesivo tiempo de viaje de origen a destino por encima del tiempo contractual, hasta antes de la mejora el tiempo de viaje entre origen y destino tenía una variación de entre 3.5 días (tramo largo) a 2.5 días (tramo corto) muy por encima del tiempo contractual 2 días (tramo largo) y 1 día (tramo corto); con la consiguiente acumulación de carros cargados y vacíos en patios (acumulación de inventarios) con esperas de hasta el 150% del tiempo de viaje, altos tiempos de ciclo o rotación 6 a 7 días en promedio (4.5 a 5.5 rotaciones/mes); por consiguiente a consecuencia de todas estas restricciones y problemas no se lograba cumplir el presupuesto de ventas mensual y anual.

### **1.6.2 Definición del problema**

Por todos los antecedentes mencionados FCCA. no venía cumpliendo con los 2 principales objetivos estratégicos de la Cía., primero el tiempo de viaje de la carga (2 días máximo) según contrato desde su salida de la unidad de despacho hasta su llegada a su destino final - depósitos de descarga. (originando menos rotaciones por carro al mes); por

consiguiente, no se venía cumpliendo con el presupuesto de ventas proyectado para dicho periodo que era de 181000 ton/mes (segundo objetivo).

### 1.6.3 Causas Principales

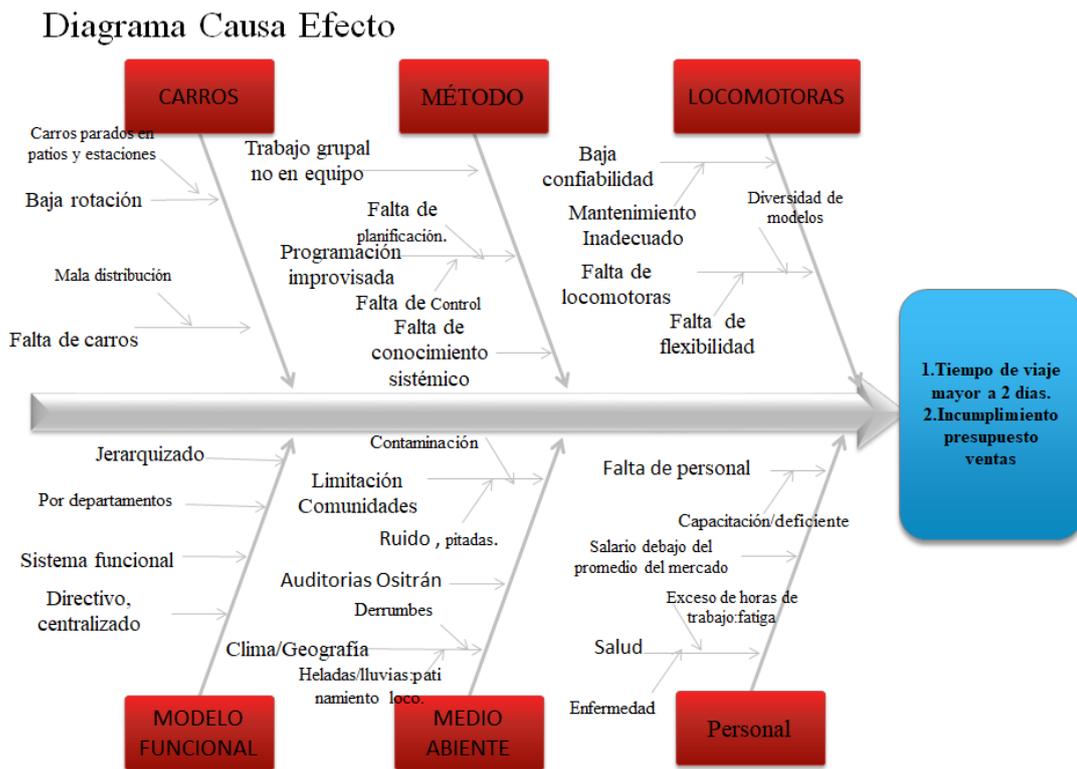
- Menor disponibilidad de locomotoras por Sector de Operación e inadecuada programación de trenes no optimizando las locomotoras disponibles de acuerdo a sus limitaciones por tramos (por tanto, no se realizaba un óptimo balance de línea).
- Nula flexibilidad de las locomotoras disponibles debido a la diversidad de modelos de locomotoras las cuales podían circular sólo en algunos tramos por problema o limitaciones propias de la red ferroviaria ( altura de los túneles , capacidad de carga en los puentes, altas gradientes referidas a la capacidad de arrastre, etc.) .Debido a esta situación se originan múltiples tiempos muertos ( demoras ) por cada cambio de locomotora en cada tramo .Por ejemplo una locomotora C39 puede circular solo entre el Callao hasta Balta , entre Balta y Galera se cambia con una locomotora C30 y ya en Galera se vuelva a cambiar con una B39 hasta La Oroya.
- Falta de carros para la atención diaria a las diversas unidades de carguío, sin embargo, se originaban acumulaciones (inventarios) de carros cargados y vacíos en los patios de maniobras por falta de recursos para su traslado, originando como consecuencia una baja rotación de los mismos.
- Baja confiabilidad de locomotoras en línea principal (alta tasa de fallas en ruta) y pocos puntos de abastecimiento de insumos básicos (abastecimiento de combustible, aceite, arena, etc.)
- Restricciones de velocidad por vía en mal estado en Sectores Críticos. (Se realizó cambio de rieles entre los años 2116 a 2018 a exigencia de OSITRAN., según normatividad FRAII).
- Sistema de organización funcional actual (por áreas especializadas).

A fin de especificar las causas del problema empleamos la siguiente herramienta Diagrama de Ishikawa (figura 1.3) "Es un método bastante útil para clarificar las

distintas causas que se piensan afectan a los resultados de un determinado trabajo, señalando, mediante flechas, la relación causa-efecto entre ellas”(Dominguez et al.,1995,p.426).

**Figura 1.3**

*Diagrama de Ishikawa FCCA.*



Elaboración propia

A fin de demostrar la situación actual del problema de los tiempos de viaje se procedió primeramente a determinar la capacidad del proceso en tres etapas diferentes que son: análisis del tiempo total de viaje, análisis del tiempo efectivo (carros moviéndose en tren hacia su destino) y análisis del tiempo de espera en patios y estaciones (carros cargados detenidos en espera de movimiento). Según la definición de capacidad de procesos de Albin S. (como se citó en Hodson W.,1998):

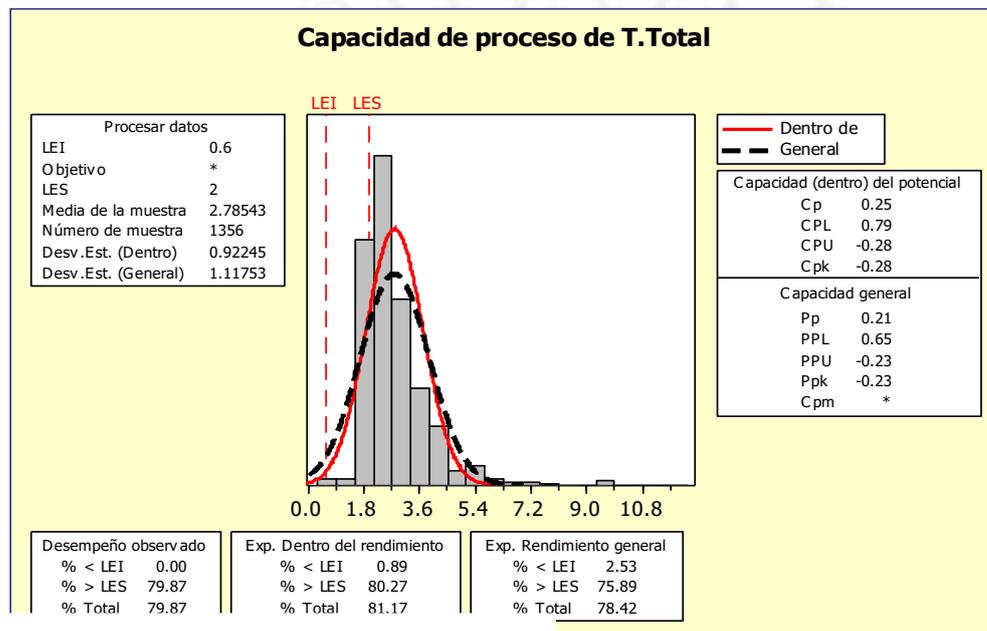
El estudio de la capacidad del proceso es la comparación entre el rendimiento del proceso real y las especificaciones de ingeniería de la pieza que se produce o ensambla. Una medida de la variación provocada

por las imperfecciones de la manufactura puede considerarse como la capacidad del proceso.(p.11.41)

1.) *Análisis Tiempo Total de viaje.* Sobre la base de datos proporcionados por el Sistema Operativo Ferroviario, se tomaron 1356 datos de tiempos totales de viaje actuales del tramo en evaluación (Cerro de Pasco – Callao), a fin de analizar la situación actual del proceso.

**Figura 1.4**

Capacidad del proceso Tiempo Total de viaje FCCA.



Fuente: Ferrocarril Central Andino S.A. (2018).

Elaboración propia

Se puede observar de la **figura1.4**, que el 79.87 % de los datos tomados están fuera del rango, es decir que se tiene un incumplimiento grande en cada viaje realizado. Para esto se estableció como límite superior el objetivo de entrega que es de 2 días y un límite inferior de 0.6 días (tiempo de viaje efectivo).

El  $C_p=0.25$  indica que el proceso es de clase 4 ( $C_p<0.67$ ), por lo que el proceso no está en la capacidad de cumplir con las entregas a 2 días. Y requiere reducir la variación.

El  $C_{pk}= -0.28$  indica que la media del proceso está fuera de las especificaciones; es decir el proceso real esta descentrado ( $C_{pk}>1$ ) hacia la derecha. ( $C_{pl}= 0.79$ ,  $C_{pu}= -0.28$ ).

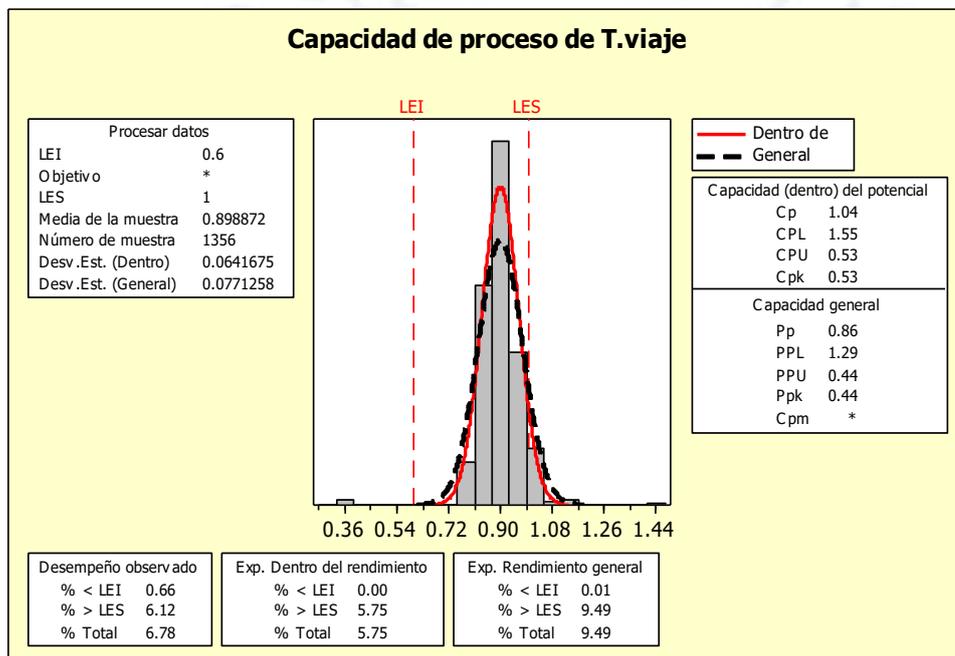
Ahora como este tiempo Total de viaje está compuesto por 2 subprocesos se realizará el análisis en ambos para poder definir la operación crítica.

## 2) Análisis de Tiempo Efectivo de Viaje.

En la **figura 1.5** mostrado se observa que el tiempo de viaje se encuentra un 6.78% fuera del límite de 1 día.

**Figura 1.5**

*Capacidad del proceso Tiempo Efectivo de viaje FCCA*



Fuente: Ferrocarril Central Andino S.A. (2018).

Elaboración propia

Así también según se muestra en la figura 1.5, se obtiene que el promedio del viaje de la toma de tiempo es de 0.89 días, la cual es cercana al promedio estándar establecido (0.75 días)

El  $Cp=1.04$  indica que el proceso es de clase 2 ( $1 < Cp < 1.33$ ), por lo que la capacidad del proceso está parcialmente adecuada para cumplir con el tiempo de viaje efectivo a 1 día.

El  $Cpk= 0.53$  valor positivo que indica que la media del proceso está parcialmente fuera de las especificaciones; es decir el proceso real está parcialmente descentrado ( $Cpk > 1$ ) hacia la derecha. ( $Cpl= 1.55$ ,  $Cpu= 0.53$ ).

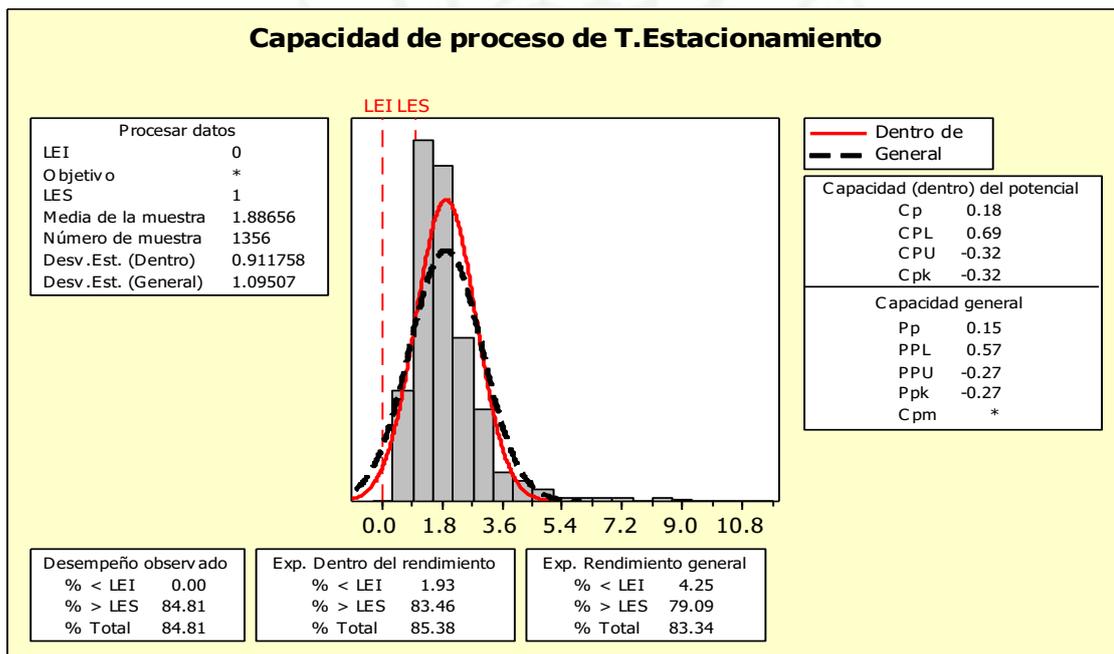
3.) *Análisis de Tiempo de Estacionamiento (carros parados en patios u estaciones).*

En figura 1.6 mostrada se observa que el 84.41% del estacionamiento realizado se encuentra fuera del objetivo.

Así también se obtiene que el promedio de estacionamiento total por viaje es de 1.88 días la cual es mucho mayor al estándar establecido. (t-total patio estándar=0.98días).

**Figura 1.6**

*Capacidad del proceso Tiempo de Estaciones o Patios FCCA.*



Fuente: Ferrocarril Central Andino S.A. (2018).

Elaboración propia

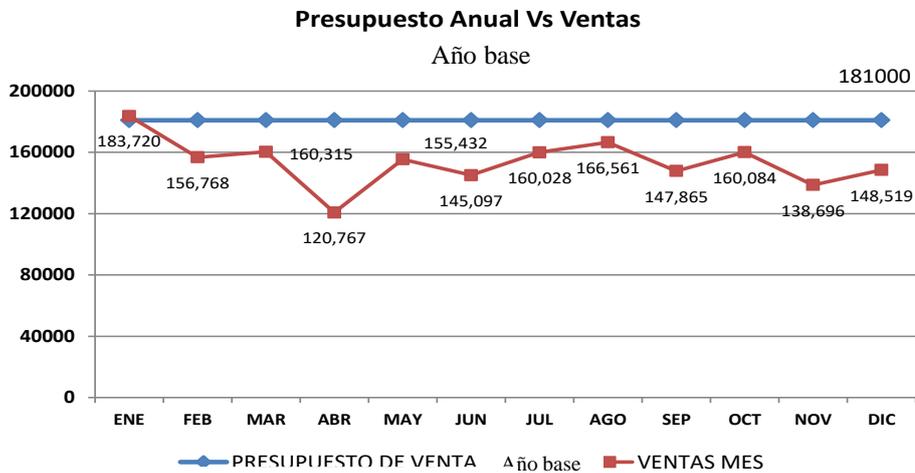
El  $Cp=0.18$  indica que el proceso es de clase 4 ( $Cp<0.67$ ), por lo que el proceso no está en la capacidad de cumplir con el tiempo de estacionamiento total que es de 0.98días.

El  $Cpk= -0.32$  valor negativo el cual indica que la media del proceso está fuera de las especificaciones; es decir el proceso real esta descentrado ( $Cpk>1$ ) hacia la derecha. ( $Cpl= 0.69$ ,  $Cpu= -0.32$ ).

Se muestra en la figura 1.7, el presupuesto de ventas programadas anual versus lo vendido real en el año base. Notándose el desempeño mensual muy por debajo del presupuesto mensual de 181000 toneladas, generando altos costos de operación.

**Figura 1.7**

Gráfico comparativo de transporte real versus proyectado ( presupuesto de ventas)



Fuente: Ferrocarril Central Andino S.A. (2018).

Elaboración propia

De lo anterior se determina que los problemas principales del sistema ferroviario son:

- Tiempo de ciclo de viaje con carros cargados entre 3 a 3.5 días que resulta de la sumatoria del Tiempo efectivo + Tiempo de estacionamiento en patios.
- Acumulación de carros cargados y vacíos en patios (inventarios) con las consiguientes demoras y esperas (tiempos muertos) representan la mayor incidencia en el cumplimiento del tiempo total de viaje actual.
- No cumplimiento de Presupuesto de Ventas mensual.

## 1.7 Diagnóstico estratégico

### a) Visión

Líder de transporte de carga para el sector minero en la Región Central del Perú.

### b) Misión

“El Buen **Servicio** es Nuestro Compromiso y la **Seguridad** Nuestra Prioridad”.

### 1.7.1 Fortalezas y debilidades

Considerando la definición de fortaleza según Buckingham y Clifton (2008), “en el contexto empresarial, la genialidad de Bill Gates para transformar las innovaciones en aplicaciones amigables para los usuarios es una fortaleza”(p.39).

**Figura 1.8**

*Análisis de Fortalezas y debilidades*

	<b>FORTALEZAS</b>	<b>DEBILIDADES</b>
<b>Análisis Interno</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conocimiento y dominio del proceso de transporte ferroviario.</li> <li>• Transporte de altos volúmenes de carga.</li> <li>• Precios competitivos.</li> <li>• Seguridad de la carga.</li> <li>• Cobertura en la zona de influencia</li> <li>• Único operador ferroviario.</li> <li>• Control de trenes vía GPS.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistencia al cambio (empleados).</li> <li>• Demoras en los tiempos totales de viaje (entregas en destino). Mayores a 2 días.</li> <li>• Condiciones actuales de la vía ferroviaria.</li> <li>• Flota limitada (locomotoras y carros) para cubrir la atención de nuevos clientes.</li> <li>• Baja estandarización de los procesos operativos.(cada jefe actúa a criterio)</li> </ul>

Elaboración propia

### 1.7.2 Oportunidades y Amenazas

**Figura 1.9**

*Análisis de Oportunidades y Amenazas*

	<b>OPORTUNIDADES</b>	<b>AMENAZAS</b>
<b>Análisis Externo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incremento de ventas debido al aumento del precio de los minerales.</li> <li>• Incremento de Proyectos mineros en la zona de influencia.</li> <li>• Construcción de líneas ferroviarias (ramales) para nuestros clientes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Guerra de precios de transporte carretero</li> <li>• Aumento de la competencia de transporte carretero (mayor número de empresas) con tiempo de viaje de 1 día.</li> <li>• Condiciones geográficas (Clima, desastres naturales)</li> <li>• Interés de otros operadores ferroviarios.</li> </ul>

Elaboración propia

## **CAPITULO II: OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo General**

Teniendo en cuenta que según Heller (2005), “para que la administración por objetivos sea efectiva, los administradores deben comprender cuales son los objetivos específicos de sus trabajos y qué deben hacer para que esos objetivos encajen con los objetivos generales de la empresa establecidos por el directorio” (p.53).

A fin que la inversión realizada en el tramo crítico mejore el rendimiento del sistema (mejora de la rotación / mejorando los tiempos de viaje entre origen y destino cumpliendo de esta manera el presupuesto de ventas); y que los inventarios de carros cargados y vacíos en patios y estaciones bajen en cada etapa del ciclo logrando como consecuencia que los gastos de explotación disminuyan.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Implementar el sistema de Gestión por Procesos (enfoque mejora de atención al cliente).
- Identificar la limitación del sistema de producción mediante teoría de limitaciones, teniendo en cuenta que: “el rendimiento de todo el sistema está limitado por el recurso más escaso y mantener ese recurso operando a la máxima eficiencia. Por tanto, la forma más eficiente de gestionar el sistema en su totalidad es optimizar el flujo maximizando el procesamiento en el cuello de botella y subordinando todos los demás recursos a las necesidades de la limitación primaria, en términos de su propio procesamiento (sector Balta – Galera – Balta operando a su máxima eficiencia)” (Jacob et al.,2010, p.206)
- Reducir el tiempo de operación en patios de maniobras a 1 día, teniendo en cuenta que el tiempo de viaje efectivo es de 1 día, para lograr así cumplir con la entrega de la carga en 2 días (reducción de variaciones con Seis Sigma y despilfarros en el proceso Operativo con Lean Manufacturing).
- Cumplir con el presupuesto de ventas mensual de 181000 TMHs.

### **2.3 Objetivos Estratégicos**

Se realizó la medición y monitoreo del proceso operativo a fin de medir el cumplimiento de la estrategia que nos permitió (figura2.1):

- Cumplir presupuesto de ventas mensual.
- Cumplir con lograr un tiempo de viaje total de 2 días a fin de mejorar la rotación y por consiguiente la rentabilidad del negocio.
- Disminuir los inventarios y los gastos de operación.

Para lo cual se definieron indicadores de control, los mismos que se muestran en las figuras 2.1 orientación estratégica, figuras 2.2 análisis Foda enlace con Balance Score Card y la figura 2.3 matriz estratégica.

### Figura 2.1

#### *Orientación estratégica*

<b>Segmentos Principales</b>	AMBITO DE INFLUENCIA SECTOR MINERO REGIÓN CENTRAL DEL PERÚ.
<b>Líneas de Productos</b>	TRANSPORTE DE CARGA SECTOR MINERO: CONCENTRADOS , REFINADOS , COMBUSTIBLES , CEMENTO , ACIDO , MATERIALES ,ETC.
<b>Competidores Principales</b>	EMPRESAS DE TRANSPORTE CARRETERO
<b>Propuesta de Valor</b>	TRANSPORTE DE CARGA DE GRANDES VOLUMENES DESDE LAS UNIDADES DE CARGUÍO O CONCENTRADORAS HASTA LOS DEPOSITOS DE DESCARGA EN EL CALLAO Y REFINERÍAS.
<b>Visión</b>	<i>Lider de transporte de carga del sector minero en la Región Central del Perú</i>
<b>Misión</b>	<i>El Buen Servicio en Nuestro Compromiso y la Seguridad Nuestra Prioridad</i>
<b>Estrategia General (&lt; 35 palabras)</b>	Modernizar la gestión de la empresa mediante la implementación de Gestión por Procesos empezando con el Macro-Proceso Operativo, a fin de cumplir con el Presupuesto de Ventas , Cumplimiento de Tiempos de Viaje de máximo 48 hs. , y entrega segura de la carga en destino.
<b>Procesos Principales</b>	Sub-Procesos Operativos: Parqueo de carros vacios en unidades de carguío , Carguío , transporte de cargados hasta estación intermedia , pesaje , transporte hasta destino , descarga de carros , transporte de carros vacios hasta unidades de carguío.
<b>Perfil del Personal Clave</b>	Compromiso, conocimiento del negocio, orientado a resultados.
<b>Valores Culturales</b>	Vocación de Servicio, Identidad, trabajo en equipo, integridad, Responsabilidad

Elaboración propia

**Figura 2.2**

*Análisis FODA y su enlace con Balance Score Card*

Análisis Externo - Oportunidades			Perspec.
NR	Diagnóstico	Enunciados de Intención	
O1	Incremento de ventas debido al aumento del precio de los minerales.	Monitorear los cambios de los precios de los minerales y ver las tendencia mensuales	R
O2	Incremento de Proyectos mineros en la zona de influencia.	Analisis del sector minero en la region Central y ver las necesidades de capacidad de transporte de carga ferroviaria a futuro.	R
O3	Construccion de líneas ferroviarias (ramales) para nuestros clientes.	Buscar financiamiento según cliente que deriva el ramal para poder incrementar produccion.	C
O4	Proyecto de Construccion del Tunel Transandino por parte del Estado	Participar en el proyecto del tunel trasandino, comprometiend a la Empresa privada, comunidad y Estado, aportando conocimiento acerca de la zona de influencia.	C

Análisis Externo - Amenazas			Perspec.
NR	Diagnostico	Enunciados de Intención	
A1	Guerra de precios de transporte carretero	Ofrecer a los clientes un precio por debajo del transporte carretero y adquirir la compra de unidades de transporte via carretera.	R
A2	Aumento de la competencia de transporte carretero (mayor numero de empresas) con tiempo de viaje de 1 día.	Reducir los tiempos de viaje a 2 dias.  Fuente: Elaboración propia	I
A3	Condiciones geográficas (Clima, desastres naturales).	Realizar un programa de prevencion contra desastres e impulsar en el cuidado del medio ambiente como imagen institucional de FCCA.	C
A4	Interés de otros operadores ferroviarios.	Buscar con Ferrovias una ampliacion de la concesión de las vías ferreas.	R

Elaboración propia

Análisis Interno - Fortalezas			Perspec.
NR	Diagnóstico	Enunciados de Intención	
F1	Conocimiento y dominio del proceso de transporte ferroviario de carga.	Ser reconocido como líder de transporte de carga a nivel nacional.	R
F2	Transporte de altos volúmenes de carga.	Brindar servicios para transportar lotes medianos de carga	C
F3	Precios competitivos.	Brindar un fraccionamiento de pagos por el servicio de transporte realizado.	R
F4	Seguridad de la carga.	Disminuir el índice de robos de la carga.	C
F5	Cobertura en la zona de influencia	Aprovechar la cobertura de esta zona, para realizar el servicio de carga a otras empresas.	C
F6	Control de trenes vía GPS.	Garantizar el estado de transporte en movimiento, vía internet.	C

Análisis Interno - Debilidades			Persp
NR	Diagnostico	Enunciados de Intención	
D1	Resistencia al cambio (empleados).	Capacitar al personal sobre los beneficios para el personal y la compañía de los cambios realizados, comprometiendo a estos.	P
D2	Demoras en los tiempos totales de viaje (entregas en destino). Mayores a 2 días.	Reducir los tiempos de demoras en patios, optimizando los tiempos de arribo de carga y de descarga.	I
D3	Condiciones actuales de la vía ferroviaria.	Tercerizar el mantenimiento de las vías ferreas.	I
D4	Flota limitada (locomotoras y carros) para cubrir la atención de nuevos clientes.	Comprar y/o repotenciar las unidades de transportes.	I
D5	Baja estandarización de los procesos operativos.(cada jefe actúa a criterio)	Hacer la estandarización de los procesos mediante el uso de procedimientos y el MOF, para cada puesto de trabajo.	I

Elaboración propia

**Figura 2.3**

*Matriz Estratégica*

Perspectiva	Objetivos			Indicadores / Iniciativas									
	Título	Resp.	=>	Titulo	Tipo IND	Unidad	Resp.	Datos Indicador					
								2012	2013	2014	2015	2016	2017
								Base	Meta	Meta	Meta	Meta	Meta
Resultados	● R1. Lograr una mayor rotación de carros	FT	R2	R1.a Número de rotacion de carros mensuales	C	%	FT	5.00	5.25	5.50	5.75	6.00	6.25
		OA		R1.b Toneladas de carga transportada anual	C	miles TN	OA	1,920.00	2,004.00	2,088.00	2,172.00	2,256.00	2,340.00
	● R2. Garantizar el nivel de servicio de transporte	AT	R2	R2.a Número de reclamos mensual	C	Unidad	AT	2.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
				R2.b Número de incumplimiento de pedidos mensual	C	Unidad	AT	5.00	3.00	1.00	0.00	0.00	0.00
		SS	R2.c Incumplimiento en peso por pedido mensual	C	Unidad	SS	2.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Clientes	● C1. Aumentar la disponibilidad de carros	PA	R1	C1.a Número de Carros Vacios por sector/Numero de Carros totales	C	N°	PA	0.25	0.28	0.30	0.32	0.33	0.35
				C1.b Reducir tiempos en patio		Horas	JI	33.00	30.00	27.00	26.00	25.00	23.00
	● C2. Mejorar la atencion al cliente	AY	R2	C2.a Número de pedidos cumplidos/Numero de pedidos totales	C	%	AY	72.00	75.00	80.00	84.00	86.00	88.00
				C2.b Porcentaje satisfacción del clientes (encuestas)	C	%	JA	70.00	74.00	78.00	83.00	85.00	88.00
	● C3. Cumplir los tiempos estandares de viaje establecido	HR	R2	C3.a Tiempo de viaje real en dias de la carga	C	dias	HR	2.70	2.50	2,2	2,1	2.00	2.00

Fuente: Ferrocarril Central Andino S.A. (2018).

Elaboración propia

## CAPITULO III: ALCANCE Y LIMITACIONES

### 3.1 **Ámbito del proyecto: Zona/ Área / Función /Proceso**

El proyecto de mejora se llevó a cabo en el macro proceso operativo abarcando las 5 subdivisiones del ferrocarril desde el Callao hasta Cerro de Pasco en el área de tráfico de trenes aplicando las técnicas de Gestión por procesos , incluyendo los 5 sub-procesos propios de todo el ciclo operativo , asimismo se determinó la limitación primaria del sistema operativo ubicada en el sector 2 de operación (tramo Balta – Galera - Balta) , motivo por el cual se adquirieron inicialmente 2 locomotoras para el tramo crítico ( según conclusión del planteamiento de mejora ) ; posteriormente y luego de la firma de contrato con Minera Chinalco se adquirieron 6 locomotoras usadas adicionales , esto a fin de cubrir la atención de este nuevo cliente ( 2 para servicio de patio en Tunshuruco y 4 para línea principal) , también se tuvo en cuenta la flexibilidad que deberían de tener dichas locomotoras a fin de adecuarse al tramo crítico determinado como limitación primaria ; motivo por el cual todas las locomotoras adquiridas se modificaron a las condiciones de altura (de los túneles ) y peso ( peso máximo en los puentes y su reforzamiento de estos últimos) ; se propuso la implementación de un sistema automatizado de simulación de todas las etapas de la operación por cada sub-proceso para fines de control ( recién se viene implementando) y un sistema dinámico de flujo de caudal ( software) a fin de determinar las limitaciones primarias según las fluctuaciones que se puedan presentar en el presupuesto de ventas anual ( no se implementa a la fecha) .

Se implementó asimismo un programa agresivo de capacitación de personal operativo a fin de contar con las HH. necesarias para cubrir las atenciones a los clientes según los presupuestos de ventas.

Se implementó las herramientas Lean y 6 sigma en actividades vinculadas con la limitación primaria, quedando pendientes por implementar en el resto de etapas del sistema; esto a fin de optimizar las maniobras en patios de clientes y patios de maniobras a fin de minimizar los tiempos de demoras y esperas (inventarios de carros cargados y vacíos en patios) y reducir las variaciones de los tiempos de ciclo.

Quedó pendiente asimismo la implementación de un sistema de TPM. (Mantenimiento Productivo Total) en el área de mecánica a fin de hacerle frente a la nueva limitación primaria del sistema que es la disponibilidad y baja confiabilidad de las locomotoras, presentándose altas tasas de fallas continuas de locomotoras en plena circulación; lo cual viene generando incumplimientos, tardanzas en la llegada de los carros a destino, reprogramaciones; por consiguiente, menos rendimiento (disminución de la rotación).



## CAPITULO IV: JUSTIFICACION

### 4.1 Justificación (Análisis Costo Beneficio)

La implementación del sistema de gestión por procesos e integración de herramientas Teoría de Limitaciones (nos indica donde debemos concentrar las mejoras) y Lean - Seis Sigma (para reducir el desperdicio y reducir la variación); nos permitió tener un enfoque general sistémico del proceso operativo a fin de satisfacer las necesidades del cliente, mejorando el rendimiento del proceso, para cumplir el presupuesto de ventas con la entrega de la carga en la cantidad, calidad y oportunidad debida; teniendo en cuenta que el sistema operativo anterior se basaba en prueba y error, generando sobre tiempos, altos tiempos de espera, pérdidas en ventas por atenciones fuera de horario de carguío, pérdida de la credibilidad con el cliente, desbalance del flujo de llegada de trenes entre las cinco subdivisiones del circuito ferroviario.

A partir de estas herramientas se realizó un análisis costo beneficio en función al recurso “carro” o depósito en que se encuentra almacenada la carga del cliente, ya que cada unidad tiene asignada un costo de operación.

Tener **un carro parado no agrega valor al proceso de atención**, por consiguiente, genera retrasos para la entrega incrementando el Tiempo de Ciclo Total de Viaje. Cada carro debe generar un ingreso promedio mensual equivalente mínimo de 6.1 rotaciones transportando un promedio mínimo de 364 ton. /mes a fin de cumplir el presupuesto de ventas (se consideró un parque total de 497 carros).

# CAPITULO V: PROPUESTA DE SOLUCIÓN

## 5.1 Estrategias de solución

### 5.1.1 Principales Estrategias

- Se comprometió a la Gerencia General y se sustentó la metodología de Gestión por Procesos, planteándose el cambio en el enfoque funcional actual de la organización centralizada y jerárquica a un enfoque por procesos delegándose las responsabilidades a supervisores responsables en cada sub-proceso o sector de operación tendientes a mejorar la calidad del servicio actual al cliente.
- Se definió primeramente la limitación primaria del sistema a través de teoría de limitaciones , luego se estableció un método mejorado del sistema operativo (mediante Lean y Seis Sigma) optimizando primero las actividades vinculadas a la limitación y luego a cada una de sus etapas del proceso de manera tal que permita lograr que la carga fluya de manera que el tiempo de permanencia en Patios sea el mínimo necesario en función a las actividades propias de la operación (actividades que agregan valor), reduciendo los despilfarros es decir los tiempos de espera y demoras en patios ( carros cargados y vacíos no agregando valor por permanecer parados) , en unidades de carguío, en depósitos de descarga; lo cual mejoró la **rotación** ( rendimiento ) , y por consiguiente como consecuencia la producción mejoró y se llegó a cumplir con el presupuesto de ventas proyectado .
- Establecer un Sistema de Seguridad Integral en el proceso operativo a fin de minimizar los riesgos de ocurrencia de incidentes y/o accidentes (implementación de procedimientos seguros de trabajo en cada una de las etapas del proceso operativo).
- Sistematizar la programación de los trenes para lo cual se viene implementando un sistema integrado de programación 5 sectores de operación), a fin de contar con la data de todos los carros y locomotoras

operativas en tiempo real (anteriormente se tenía un desfase de hasta 8 horas los cual imposibilitaba la toma de decisiones en forma oportuna).

### **5.1.2 Alternativas de solución**

Definimos el problema central como incumplimiento en las entregas de la carga en destino referido a:

- a. Incumplimiento en fecha, tiempos de viaje mayores a 2 días.
- b. Incumplimiento del presupuesto de ventas

### **5.1.3 Problema Principal:**

Incumplimiento del presupuesto de ventas por incumplimiento en las fechas de entregas de los pedidos de los clientes, el tiempo de entrega contractual debe de ser de 2 días, sin embargo, tiempo de entrega real promedio era mayor a 3.5 días.

### **5.1.4 Solución Principal**

Cumplimiento de presupuesto de ventas mediante una visión sistémica del problema, mejorando el rendimiento (rotación), reducción de los tiempos de viaje totales a 2 días, disminución de los inventarios, reducción de la variación de los tiempos de viaje manteniendo la seguridad del personal y la carga.

Alternativas:

1. Implementación de herramientas de Gestión por Procesos en el sistema operativo para definir los límites y responsabilidades de cada etapa de la operación.
2. Determinar la limitación primaria de todo el sistema operativo y optimizando las operaciones de la limitación (sector crítico) y las actividades vinculadas con el mismo, mediante Lean Seis Sigma.
3. Sincronización de las llegadas y salidas de los trenes desde origen a destino (mediante modelamiento de trenes horario).
4. Adecuar todo el sistema a fin de contar con locomotoras flexibles de una misma especificación (tamaño, peso manteniendo su alta capacidad de

arrastre) que circulen sin problemas en todos los Sectores del Proceso Operativo desde Patio Central (Callao) a Cerro de Pasco, teniendo en cuenta las paradas rutinarias de seguridad propias de la operación (flexibilidad de locomotoras).

5. Reducción de los tiempos en los patios de maniobras apoyándonos con herramientas Lean y 6 sigma.
6. Incrementar la disponibilidad y confiabilidad de las locomotoras y carros (góndolas y Hoppers) empleando TPM.
7. Incrementar la capacidad con locomotoras de gran arrastre (para esto sería necesario ampliar los túneles y reforzar los puentes) principalmente en el tramo cuello de botella.
8. Construcción del Túnel Trasandino, el mismo que reduciría el tiempo de viaje efectivo entre el Callao y Cerro de Pasco en un 50% ( 1 día), evitando circular por la zona geográfica crítica del sistema (Balta – Galera –Arapa).

## **5.2 Desarrollo de Solución Ejecutada.**

### **5.2.1 Aplicación de herramienta de Gestión por Procesos**

El enfoque del problema se delimitó desde el punto de vista operativo, desde el inicio del viaje en Cerro de Pasco, hasta la llegada del tren a patio central en el Callao, descomponiendo el tiempo de viaje total en tiempo efectivo (avanzando hacia su destino) y el tiempo en los patios o estaciones (detenido en espera de recursos para su movimiento) ; para ello: Se definió el Mapa de procesos de FCCA. figura 5.1; dónde se determinaron los:

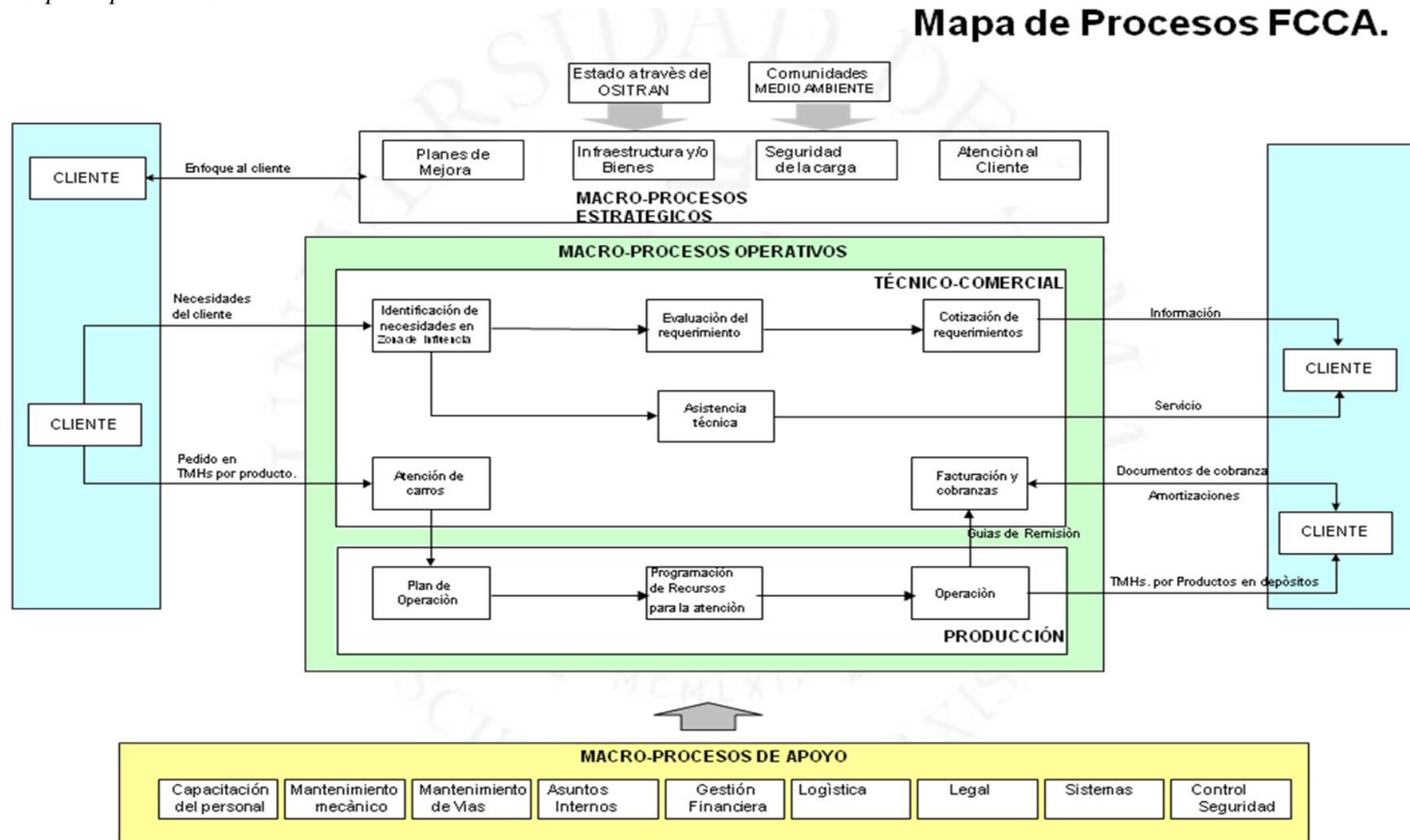
Macro Procesos Estratégicos: planes de mejora servicio al cliente por G.G., Estado -Ositran por medio de auditorías periódicas, Comunidades en el ámbito de influencia (políticas medioambientales).

Macro Proceso Operativo: comercial-operativo

Macro Procesos de Apoyo: Finanzas, Logística, Mecánica, Vías, Seguridad, Capacitación de personal, Sistemas, Legal.

**Figura 5.1**

*Mapa de procesos FCCA.*



Teniendo en cuenta según figura 5.1 que el ciclo comercial de atención al cliente se inicia con la determinación de las necesidades del mismo (mediante las visitas del representante comercial) donde como parte de la estrategia de ventas se le ofrece al cliente una evaluación del requerimiento de transporte y la asistencia técnica correspondiente a fin de definir la modalidad de despacho a realizar (cotización) ya sea desde la planta del cliente (construcción de un ramal hasta la concentradora), o desde un punto aledaño a la vía principal ( embarcadero ) ; para luego de concretarse el cierre de ventas se genere el requerimiento en toneladas a transportar , periodo de atención, depósito destino, etc.

Una vez definido el requerimiento, comercial solicita a operaciones dicha atención mediante un pedido de atención de carros con lo cual se inicia la etapa de producción generándose inicialmente el Plan de Operación, luego se Programan los recursos para la atención teniendo en cuenta las etapas de todo el ciclo del proceso operativo (ver figura 5.2).

**Figura 5.2**

*Diagrama de Bloques: Proceso Operativo FCCA.*



Elaboración propia

Luego se dividió el Macro Proceso Operativo de todo el tramo ferroviario en 5 sectores o sub-procesos con sus propios responsables por Sector a fin de establecer el nuevo sistema de Gestión por Procesos, ver **figura 5.4**, cada Sector deberá contar con sus respectivas actividades, indicadores, presupuesto de ventas parcial del sector, clientes internos y externos, recursos (personal, locomotoras, carros). Permitiendo un control de todo el Macro Sistema Operativo.

Asimismo, con el ingreso de Minera Chinalco (un nuevo cliente), se propuso definir un quinto sector, cuya responsabilidad específica será la atención a dicho cliente, para lo cual se contrató y capacitó un Supervisor responsable y Supervisores de turno, quienes también dependen de la Jefatura y Gerencia de Operaciones.

## **Responsabilidades por Sectores**

### **Sector 1: Descarga de carros ferroviarios**

Sub proceso que se inicia a la llegada del tren con carros cargados a destino (Patio Central), coordinación de descarga por clientes y depósito, y despacho de trenes con vacíos.

#### **Figura 5.3**

*Volteador de carros: Impala / Locomotora 101 jalando carros /desentoldado de carros.*

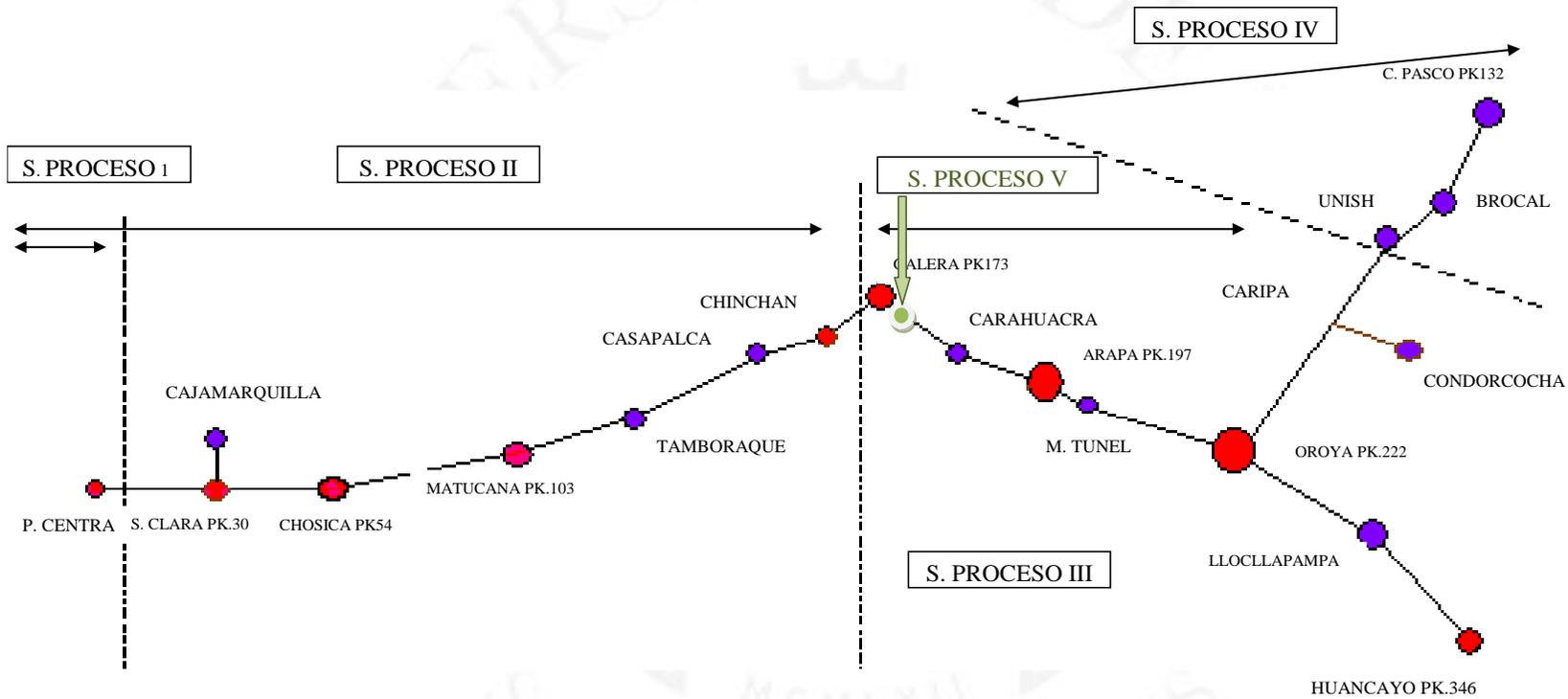


Fuente: Ferrocarril Central Andino S.A. (2018).

**Figura 5.4**

Mapa de los 5 Sectores o sub-procesos operativos FCCA

**MACRO - PROCESO OPERACIONES**



**Resumen**  
■ Puntos de carguío  
■ Pacios

**Macro - Proceso Operaciones**

	Descarga	Traslado P. Central-Chosica-Galera	Traslado Galera-Oroya-Unish	Carguío Unish-Brocal-C.Pasco
Desde/Hasta	P. Central	P. Central-Chosica-Galera	Galera-Oroya-Unish	Unish-Brocal-C.Pasco
Sub				
División	S.D 1	S.D 1 y S.D. 2	S.D 3	S.D 4
Sub				
Proceso	S. Proceso I	S. Proceso II	S. Proceso III	S. Proceso IV

## **Sector 2: Traslados de cargados y vacíos entre Patio Central – Galera – Patio Central.**

Sub proceso que se inicia con la salida de trenes con vacíos de Patio Central, su traslado hasta Galera y retorno con carros cargados de Galera a Patio Central. Se cuenta asimismo con clientes externos (Nexa -Cajamarquilla, APM., Quenuales) y clientes internos.

### **Figura 5.5**

*Formación de tren con carros vacíos Patio Central / Tren con carros vacíos saliendo de estación Galera.*



Fuente: Ferrocarril Central Andino S.A. (2018).

## **SECTOR 3: Traslados de cargados y vacíos entre Galera – Unish– Galera**

Sub proceso que se inicia con la salida de trenes con vacíos y/o cargados de Galera, su traslado hacia Tunshuruco-Chinalco (sector 5) y hasta el embarcadero de Unish, con estación intermedia en La Oroya para pesajes, y retorno con carros cargados desde Unish – La Oroya - Tunshuruco a Galera.

Se cuenta asimismo con clientes externos (Empresa Minera Volcán con sus unidades de producción Marh Túnel y Victoria , Cemento Andino ) y clientes internos.

### **Figura 5.6**

*Hoppers en descarga Refinería La Oroya / Pesaje punto intermedio balanza La Oroya*



Fuente: Ferrocarril Central Andino S.A. (2018).

#### **SECTOR 4: Carguío de carros y salida de trenes con cargados de Unish (Cerro de Pasco)**

Sub-proceso que se inicia a la llegada de trenes con carros vacíos al embarcadero de Unish, planta El Brocal - Buenaventura y planta Volcan Paragsha, su atención en las unidades de carguío, coordinación y despacho con clientes en unidades de carguío, y despacho de trenes con cargados desde Cerro de Pasco, El Brocal y Unish.

**Figura 5.7**

*Carguío desde volquetes a los carros ferroviarios. Embarcadero Unish-Cerro de Pasco*



Fuente: Ferrocarril Central Andino S.A. (2018).

#### **SECTOR 5: Proceso de Atención a Chinalco**

Sub-proceso de atención a Compañía Minera Chinalco Perú (actualmente constituye el cliente principal con 50 % del presupuesto de ventas), se cuenta con 2 locomotoras de patio a disposición en la planta durante las 24 hs.del día y 365 días del año realizándose maniobras de carguío de concentrados, descarga de combustible e insumos como cal, nash y materiales varios en Patio de maniobras Tunshuruco.

**Figura 5.8**

*Carros vacíos en línea de descarga/ carguío de carros con pala: Zona de despachos*

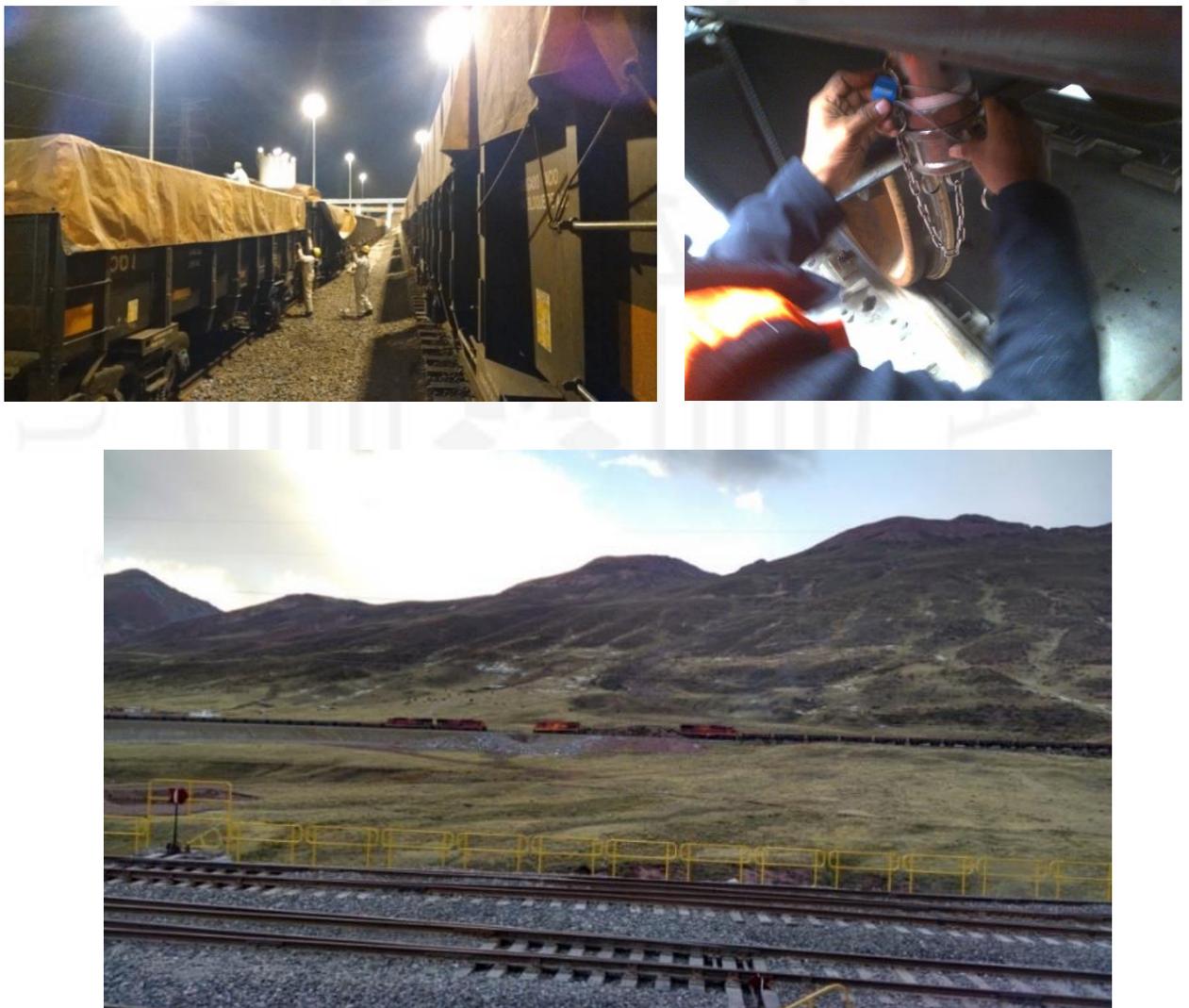


Fuente: Ferrocarril Central Andino S.A. (2018).

Este Sector cuenta con su propio Supervisor Responsable, que reporta directamente a la Jefatura y Gerencia de Operaciones.

**Figura 5.9**

*Entoldado de carros cargados con Cu. /precintado de carros cargados / salida de trenes con carros cargados: Tunshuruco – Minera Chinalco – Pk.183 – 4750 msnm.*



Fuente: Ferrocarril Central Andino S.A. (2018).

**Figura 5.10**

*Diagrama Sipoc Elementos por Proceso Operativo FCCA.*

DIAGRAMA SIPOC PROCESO OPERATIVO DE DE OPERACIONES - TRENES

EMPRESA FCCA.

PROVEEDORES	ENTRADAS	PROCESO : OPERACIONES MOVIMIENTO DE TRENES	SALIDAS	CLIENTES
COMERCIAL	ORDEN DE PEDIDO DE CARROS ( REGISTRO ) POR CLIENTE /PRODUCTO/DESTINO	A) PARQUEAR CARROS EN UNIDAD DE CARGUÍO B)CARGAR CARROS	CONTROL DE ATENCIÓN / DIA-CLIENTE	COMERCIAL
CLIENTE	GUIA DE REMISIÓN (PESO ORIGEN Y %DE HUMEDAD ORIGEN) PRECINTO DE SEGURIDAD POR CARRO	C)TRANSPORTAR CARROS A ESTACION INTERMEDIA D)PESAR CARROS EN ESTACION INTERMEDIA E)TRANSPORTAR CARROS A ESTACION FINAL	GUIA DE REMISIÓN (PESO ORIGEN Y %DE HUMEDAD ORIGEN) PRECINTO DE SEGURIDAD DEL CARRO	CLIENTE
CENTRO DE CONTROL	AUTORIZACION USO DE VIA Y BOLETIN DE VIA	F)PESAR CARROS EN ESTACION FINAL	FORMATO D12 DE CONTROL DE LOCOMOTORA	MECANICA
SISTEMAS	FORMATO 485	G)DESCARGAR CARROS EN DEPOSITO O REFINERIA H)TRANSPORTAR CARROS VACIOS A UNIDAD DE CARGUÍO	FORMATO 485 (REPORTE DETALLADO DE CARROS CARGADOS Y VACIOS TOMADOS Y DEJADOS EN EL RECORRIDO )	SISTEMA

Elaboración propia

## **Elementos por Sub-Proceso Operativo 1: Patio Central**

En la figura 5.10 se detalla en el diagrama Sipoc los elementos básicos del proceso que a continuación se detallan.

### ***Entradas***

Pedido de carros por cliente

Concentrados (cargaTMHs.)

Guías de remisión por cada carro

Precinto de seguridad por cada carro

AUV (Autorización de uso de Vía)

Formato 485 (Control de movimiento de carros)

Formato Maquinista D-12

Boletín de Vía

Procedimiento Seguro de Trabajo (Iper)

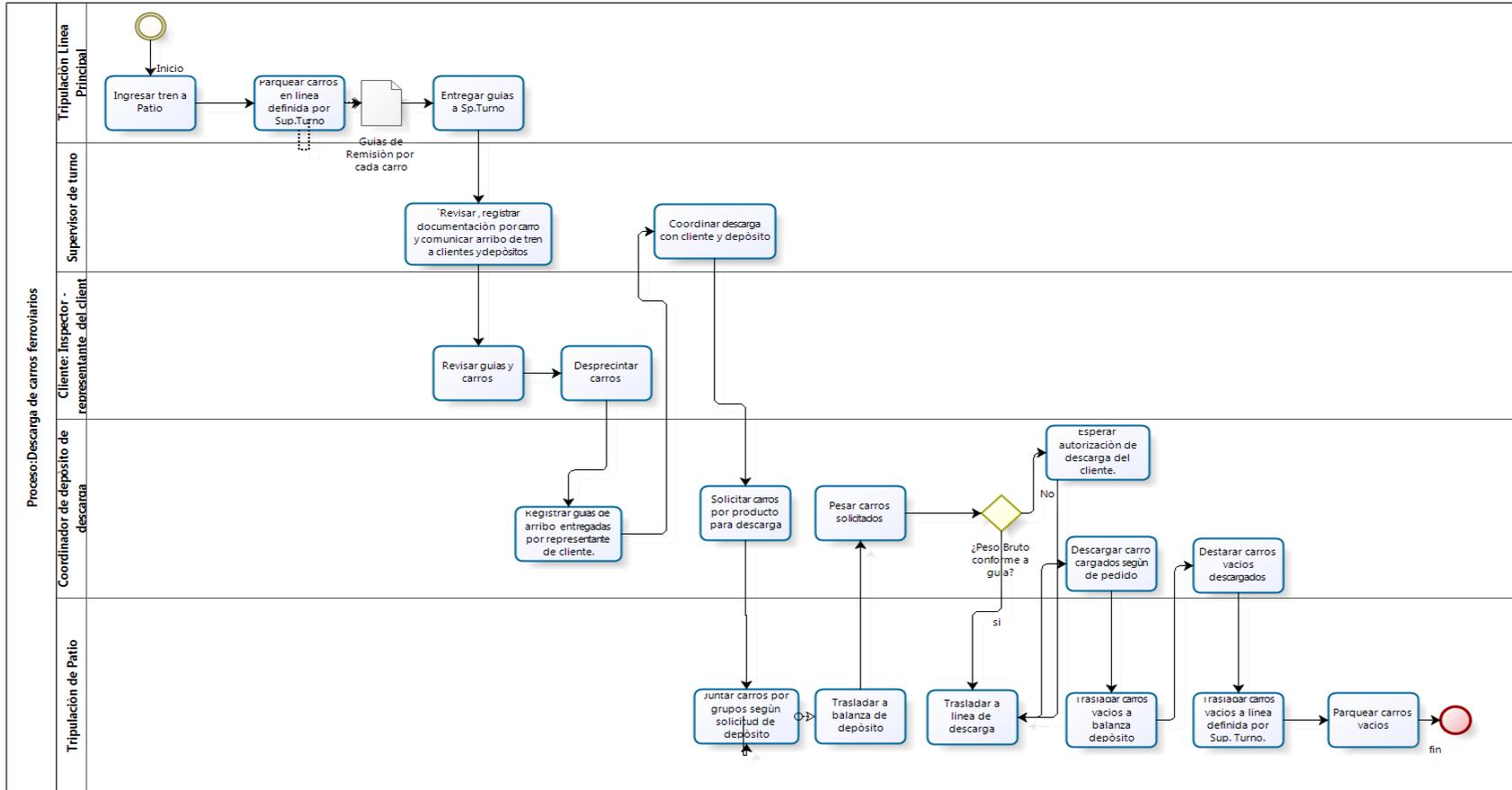
### ***Actividades***

**Sub-proceso 1 : Descarga de carros ( detalle de actividades en diagrama de flujo en la figura 5.11)**

- a) Ingresar tren a patio.
- b) Parquear carros
- c) Entregar guías a supervisor de turno
- d) Revisar, registrar y entregar guías a representantes de clientes.
- e) Registrar guías, revisar carros y desprecintar.
- f) Coordinación de descarga con cliente y depósito.
- g) Pesar carros solicitados.
- h) Parquear carros en zona de descarga (interior de depósitos)
- i) Descarga de carros
- j) Retirar, destarar vacíos y formar trenes para su salida a línea principal (conformación)
- k) Conformación de trenes para su salida hacia sub-proceso 2.

**Figura 5.11**

*Diagrama de Flujo : Sub-Proceso Operativo Descarga de carros en Patio Central FCCA*



Elaboración propia

## Salidas

- Precinto de seguridad por cada carro
- Concentrado TMHs. (+/-0.5% diferencia de peso) y
- Guías de remisión transportista liquidada (sello de entrega, pesos netos, peso de destare) por cada carro, para su entrega en forma oportuna al representante comercial; para su proceso de facturación.

## Operaciones

- En Figura 5.12, se detallan todos los procesos de atención operativa que se realizan en el sub-proceso 1 en Patio Central.

**Figura 5.12**

### Procesos de Atención Patio Central FCCA.

Disponibilidad de Horas - Hombre Día ( 3tripulaciones)

Disponibilidad de Horas - Máquina Día ( 3 locomotora) 2 turnos

PROCESOS PATIO CENTRAL					
	Tiempo Total mes	% Utilización Tiempo	% Utilización Tiempo Acumulado	Pareto	
1	CUADRAR HOPPERS Y RETIRAR VACIOS DE LINEA ALTA	7650	12.4%	12.4%	A
2	ORDENAR PATIO POR PRODUCTOS	5760	9.3%	21.7%	A
3	CUADRAR GÓNDOLAS Y/O RETIRAR VACIOS DE NEPTUNIA REFINADOS	5520	8.9%	30.6%	A
4	PESAJE GÓNDOLAS Y HOPPERS EN BALANZA FCCA.	5400	8.7%	39.3%	A
5	DESTARE GÓNDOLAS Y HOPPERS EN BALANZA FCCA.	5400	8.7%	48.0%	A
6	CUADRAR GÓNDOLAS Y/O RETIRAR VACIOS DE CÁPSULA CORMIN	5184	8.4%	56.4%	A
7	CUADRAR Y RETIRAR VACIOS TOPE (LINEA DE REPARACIÓN )	4320	7.0%	63.4%	A
8	CUADRAR GÓNDOLAS Y/O RETIRAR VACIOS DE LINEA BAJA	4050	6.5%	69.9%	A
9	CUADRAR GÓNDOLAS Y/O RETIRAR VACIOS DE PERUBAR Pb.	2640	4.3%	74.2%	A
10	CUADRAR GÓNDOLAS Y/O RETIRAR VACIOS DE PERUBAR Zn. Y Cu..	2640	4.3%	78.5%	A
11	CUADRAR TANQUES DE ACIDO DQM.	2520	4.1%	82.5%	A
12	FORMACIÓN DE TRENES PARA EL NORTE	2400	3.9%	86.4%	B
13	CUADRAR GÓNDOLAS Y/O RETIRAR VACIOS DE LINEA COBRE	2160	3.5%	89.9%	B
14	RETIRAR VACIOS DE DQM.	2040	3.3%	93.2%	B
15	CUADRAR GÓNDOLAS Y/O RETIRAR VACIOS DE NEPTUNIA CONCENTRADO	960	1.6%	94.7%	B
16	TANQUEAR COMBUSTIBLE Y ACEITE LOCOMOTORAS	960	1.6%	96.3%	B
17	RETIRAR Y PESAR TANQUES DE PETRO	560	0.9%	97.2%	C
18	CUADRAR TANQUES EN PETRO	480	0.8%	98.0%	C
19	RETIRO Y PESAJE DE GÓNDOLAS CARGADAS PARA CAJAMARQUILLA EN CORMIN	180	0.3%	98.3%	C
20	RETIRAR Y DESTARAR VACIOS DE SÍLICE	350	0.6%	98.8%	C
21	CUADRAR HOPPERS , RETIRAR Y DESTARAR VACIOS DE SÍLICE	240	0.4%	99.2%	C
22	CUADRAR GÓNDOLAS Y/O RETIRAR VACIOS DE LICSA REFINADOS	275	0.4%	99.7%	C
23	DESTARE Y CUADRE DE GÓNDOLAS VACIAS PARA CARGUÑO EN CORMIN	120	0.2%	99.9%	C
24	AVANCE DE PESAJE HOPPERS PUENTE BALANZA CORMIN	90	0.1%	100.0%	C
25	DESTARAR EN BALANZA CORMIN Y CUADRAR VACIOS PARA MARIATEGUI	0	0.0%	100.0%	C
26	RETIRAR Y PESAR CARBÓN DE MARIATEGUI EN BALANZA CORMIN	0	0.0%	100.0%	C

Elaboración propia

### **Controles**

- Pesaje balanza empresa.
- Supervisión de carga en Patio desde su llegada.
- Pesaje en depósitos destino.
- Formatos , Ats, Iper, etc. (Figura 5.13)

### **Recursos**

- Carros: hoppers, góndolas, tanques, etc.
- Locomotora: 101, 533, 801,701, 1023.
- Personal operativo: Tripulación, Jefe de Tren, Maquinista.
- Supervisor responsable, Supervisores de turno y asistentes de turno.
- Personal en proceso de capacitación.
- Personal resguardo: Vigilantes

### **Indicadores de desempeño**

1. Eficacia: N° de carros descargados /día (en función a disponibilidad, presupuesto de ventas, y salida de tren 1 y 2).
2. Eficiencia:
  - Uso de Recursos Horas/Máquina,
  - H-H /día versus consumo de combustible (galones /día)
  - Horas de salida de Trenes horario versus lo programado, etc.
  - Peso en destino (seguridad de la carga)

% de variación de Peso Final Entregado en punto de Descarga

$$\frac{[\text{Peso Origen pto.carguio} - \text{Peso final pto descarga}] \times 100\%}{\text{Peso Origen pto carguio}}$$

En resumen según Isotoools Excellence(2020) :”la Gestión por Procesos es una forma de organización, diferente de la clásica organización funcional en la que prima la visión del cliente sobre las actividades de la organización”(párr.1)

**Figura 5.13**

Diagrama Iper: Proceso Operativo FCCA.



**IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y RIESGOS LABORALES**

**PROCESO:** Macro Proceso Operativo  
**SECTOR RESPONSABLE:** SECTOR 3

**SUB PROCESO:** Descarga de carbón en Condorcocha

GOxP.FCCA

S	=	Severidad	varia de 1 a 4
F	=	Frecuencia	varia de 1 a 4
VEP	=	Valor Esperado de la Pérdida	
VEP	=	S x F	
<b>CRITICIDAD</b>			
16	=	Muy Alta criticidad	D
9 y 12	=	Alta criticidad	C
4, 6 y 8	=	Moderada criticidad	B
1, 2 y 3	=	Baja criticidad	A

CRITICIDAD DE LA TAREA (mayor VEP)			
S	F	VEP	Criticidad
3	4	12	Alta criticidad

ACTIVIDAD	PELIGRO	TIPO DE PELIGRO	RIESGO ASOCIADO	COMPORTAMIENTO SEGURO	AFECTACIÓN				S	F	VEP	Criticidad
					PERSONA	INSTALACIÓN	EQUIPO/ MAQUINARIA HERRAMIENTA	MEDIO AMBIENTE				
1.- Uso del EPP.	Uso incorrecto del EPP	Ergonómicos	Lumbalgias/enfermedades respiratorias	Usar fajas lumbares/respirador permanentemente /Arnés de seguridad	X				3	4	12	Alta criticidad
2.- Colocar la bandera azul	Choque de vagones	Mecánicos	Fracturas , contusiones por caídas	Colocar entre rieles la bandera azul	X				3	4	12	Alta criticidad
3.-Quitar la toldera	Trabajo en altura	Locativos	Contusiones, fracturas por caídas	Utilizar el arnés de seguridad	X			X	3	3	9	Alta criticidad
3.- Descargar el hopper	Trabajo en altura	Locativos	Fracturas por caídas	Usar el arnés de seguridad correctamente	X				3	3	9	Alta criticidad
4.-Limpiar estructura de hopper	Particulado en el ambiente	físico	Enfermedades respiratorias	Limpiar con escoba toda la estructura	X			X	3	2	6	Moderada criticidad

**CRITERIO DE TIPO DE PELIGRO**

- I.- Mecánico
- II.-Locativo
- III.-Eléctrico
- IV.-Físico
- V.-Físico
- VI.- Químico
- VII.-Biológico
- VIII.-Ergonómico
- IX.-Psicosocial

<b>APROBADO POR EL RESPONSABLE DEL PROCESO</b>	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>

Elaboración propia

**Figura 5.14**

Ficha de Proceso Operativo FCCA.: proceso de descarga.

	<b>FICHA DE PROCESOS OPERATIVOS</b>		<b>CODIGO:</b>
	<b>PROCESO</b> Descarga de carros en Depósito o Refinería		<b>FECHA:</b>
<b>OBJETIVO O MISION DEL PROCESO</b> Asegurar la entrega óptima cumpliendo los lineamientos de Calidad y Peso de la carga Transportada		<b>RESPONSABLE O PROPIETARIO</b> Supervisor Responsable de Sector	
<p><b>Entradas:</b> Carro cargado con producto en TMHs según Orden de Pedido por cliente y producto  <b>Comienza:</b> Pesaje carro en balanza de depósito  <b>Incluye:</b> Lavado de carros en depósito.  <b>Termina:</b> Destare de carro vacío en depósito de descarga  <b>Salidas:</b> Carros Vacíos y lavado en el depósito de descarga</p>			
<b>SEGUIMIENTO DEL PROCESO</b>			
<b>INDICADOR</b> % de variación de Peso Final Entregado en punto de Descarga $\frac{[Peso\ Origen\ pto.\ carguio - Peso\ final\ pto\ descarga] \times 100\%}{Peso\ Origen\ pto\ carguio}$		<b>CONTROL</b> Margen permisible (menor a 0.5% del Peso Neto)	<b>FORMATOS/REGISTROS</b> Registro de balanza
<b>¿QUIEN?</b> La descarga se realiza en presencia del cliente y FCCA, siguiendo los lineamientos de seguridad y calidad		<b>¿CUANDO?</b> Diario	<b>¿COMO?</b> En informe documentario

Elaboración propia

### **5.3 Aplicación de la teoría de limitaciones (Cuello de Botella)**

Sobre la base de teoría de limitaciones determinamos el cuello de botella actual, el mismo que nos indicará donde empezaremos con la solución del problema principal (sector crítico).

Particularmente a lo largo de mi experiencia en el área operativa de FCCA. , considero esta herramienta de gestión como la más importante en el proceso de mejora implementando, para lo cual cito el siguiente párrafo: “integrando Lean, Seis Sigma y la Teoría de las Limitaciones ; utilizando las partes apropiadas de las 3 para aumentar y mantener la velocidad de la empresa que sintetiza el gran impacto que pueda tener su implementación en cualquier empresa de producción o servicios”(Jacob et al.,2010, p.355).

Los pasos que se siguieron en su implementación fueron:

#### **5.3.1 Identificar la restricción principal del Sistema**

En el cuadro adjunto se detalla la disponibilidad de locomotoras antes de la mejora por Sectores Operativos, asimismo se detalla la capacidad de tracción o arrastre por tramos, rumbo y locomotora; para determinar el “cuello de botella”.

Se puede apreciar en la figura 5.13, que dicho cuello de botella se encuentra en el Sector 2, tramo Matucana (Balta) – Galera, rumbo norte con una capacidad de arrastre máxima de 1720 ton.con 4 locomotoras.

Según Dominguez et al.(1999)”es la capacidad del cuello de botella la que , en definitiva, determina la de todo el sistema, tendremos que estar de acuerdo también en que cualquier tiempo que se pierda en él o cualquier disminución de su capacidad, hará disminuir, en igual medida, la capacidad global del sistema”( p.278).

**Figura 5.15**

*Cuadro de disponibilidad de locomotoras por sectores FCCA.*

<b>DISPONIBILIDAD DE LOCOMOTORAS POR SECTORES - O SUB-PROCESOS OPERATIVOS</b>						
<b>Sector II o Sub- Proceso II</b>	Loc.	NORTE	SUR	N: VAC.	N: CAR	S:CARGADOS
Sub-Div.1 :Patio Central - Matucana	1014	1150	6000	58		80
	1012	1150	6000	58		80
	1015	1150	6000	58		80
Capacidad Máxima de Arrastre SD.1	3	3450	18000	173		240
Sub-Div.2 : Matucana - Galera	1010	450	1050	23	6	14
	1008	420	1050	21	6	14
	1009	420	1050	21	6	14
	1001	430	1100	22	6	15
Capacidad Máxima de Arrastre SD.2	4	1720	4250	86	23	57
<b>Sector III o Sub- Proceso III</b>	Loc.	NORTE	SUR	NORTE	SUR	
Sub-Div.3 : Galera -La Oroya				N: VAC.	N: CAR	S:CARGADOS
Galera -Arapa - Galera	1020	1500	750	75	38	10
	1019	1500	750	75	38	10
	1017	1500	750	75	38	10
	1022	1500	750	75	38	10
Capacidad Máxima de Arrastre SD.3	3	6000	3000	300	150	40
Tramo Arapa - Galera						
La Oroya -Arapa - La Oroya	1018	3000	1500	150	40	20
	1019	3000	1500	150	40	20
	1022	3000	1500	150	40	20
Capacidad Máxima de Arrastre SD.3	3	9000	4500	450	120	60
Tramo Arapa - Galera						
Sub-Div.5 : La Oroya - C. de Pasco	Loc.	NORTE	SUR	N: VAC.	N: CAR	S:CARGADOS
La Oroya - La Cima - La Oroya	1005	1100	3500	55		175
	1022	1300	3500	65		175
Capacidad Máxima de Arrastre SD.5		2400	7000	120		350
Tramo La Oroya - La Cima						
La Cima - C.de Pasco - La Cima	1005	1650	2200	83		110
	1022	2000	2400	100		120
Capacidad Máxima de Arrastre SD.5		3650	4600	183		230
Tramo La Cima - Cerro de Pasco						
PROMEDIO TARAS MES Ton.:	20					
PROMEDIO DE CARRO CARGADO MES Ton. :	75					

Fuente: Ferrocarril Central Andino S.A. (2018).

Elaboraci3n propia

### 5.3.2 Definir la forma de explotar la restricción

Se determinó entonces el “Cuello de botella” Sector 2, **capacidad de tracción máxima de 4 locomotoras (1720 Ton.)** se procedió por tanto a optimizar el Tiempo de Ciclo de Viaje: Balta (Matucana) - Galera –Balta (Matucana) que con el Método actual de operación es de 23:41 horas. (incluyendo 2 horas mantenimiento).

#### Figura 5.16

*Cuadro Tiempo de viaje ciclo total Balta-Galera-Balta. SectorII de operación*

Sector II o Sub-Proceso II			Factor % confiabilidad y disponibilidad de locomotora	T. Ciclo horas Totales de viaje	Frecuencia /tramo día
Mat. - Gal	Gale – Mat	T. Ciclo			
8:31	9:23	17:54:00	90%	21:41:24	1.106

Elaboración propia

De la Evaluación de Tiempos de Viaje se determinó que el tiempo de ciclo promedio en el tramo crítico “cuello de botella” es de 21:41 horas (incluyendo el factor de seguridad por falla de locomotoras y mantenimiento rutinario) y una frecuencia día de 1.106.

**Figura 5.17**

*Determinación de saldo de tonelaje por cubrir en el sector cuello de botella.*

**Capacidades Máximas**

<b>Sector II o Sub- Proceso II</b>		
Sub-Div.2 : Matucana - Galera - Matucana		
<b>Cuello de Botella</b>		
<b>Producción vacios para presupuesto</b>		
65 vacios		
1300 Ton.		por movilizar
<b>Producción cargados para relaves</b>		
15		
1125 Ton.		por movilizar
<b>Producción vacios y cargados</b>		
2425	1880	<b>545</b>
Necesidad	Capacidad	Saldo por cubrir

**PRESUPUESTO/  
DÍA**

REQUERIMIENTO DIARIO POR CARROS	BONDOLA	HOPPERS	BOD	TQS.	cant.total	TMH/dia
RELAVES	12	3			15	885
REFINADOS	12				12	624
ACIDO				18	18	1620
ESTRUCTURAS	6				6	300
QUENUALES		3			3	180
CARAHUACRA	4				4	220
MARH TUNEL	6				6	306
CEMENTO			4		4	204
CHUNGAR	6	4			10	612
BROCAL	5	5			10	550
MILPO	6	4			10	510
PARAGSHA	3	9			12	612
<b>TOTALES</b>	<b>60</b>	<b>28</b>	<b>4</b>	<b>18</b>	<b>110</b>	<b>6623</b>

36      25      65

Elaboración propia

Asimismo, a fin de evitar demoras en el ingreso y salida de trenes en los patios Galera y Balta; se programaron 1 tripulación en cada patio a fin de formar los trenes con cargados y vacíos y tenerlos listos a fin de maximizar el flujo de la carga (tránsito de trenes) en el sector cuello de botella con mínimas demoras o esperas (sector Balta – Galera operando a su máxima eficiencia).

### **5.3.3 Subordinar la no-restricción**

En la sub-división 1: Reducir la capacidad de arrastre de 3450 Ton. (3 locomotoras), exceso de capacidad (inadecuada distribución de locomotoras o falta de flexibilidad de las mismas a fin de ser programadas en otro sector). Reduciendo una locomotora la capacidad sería de 2350 TMHs. que aún representa un exceso de capacidad respecto al sector cuello de botella que es de 1720 Ton., estos desbalances venían generando stocks en proceso, es decir carros acumulados en los patios de Santa Clara, Chosica o Balta (Matucana), los mismo que generan inventarios que no generan valor agregado al proceso.

Se asignó la locomotora excedente al Patio Balta a fin de apoyar en la formación de trenes y minimizar demoras de cambio de trenes o rumbo de las locomotoras del sector cuello de botella.

### **5.3.4 Elevar o eliminar la restricción**

**Se incrementó la capacidad de arrastre en el Sector Cuello de Botella de 4 a 6 locomotoras** en función a:

- Según presupuesto de ventas/día en dicho tramo Balta - Galera-Balta debemos movilizar por día 65 coches vacíos con un tonelaje de 1300 Ton. y 15 cargados con 1125 Ton. Tonelaje máximo requerido según presupuesto por día 2425 Ton (ver figura 5.15)
- Capacidad máxima de Ton. con 4 locomotoras e índices de frecuencia de  $1.106=1880$  ton.
- Saldo de Ton. por cubrir =  $2425 - 1880 = 545$  Ton.
- Cantidad de locomotoras adicionales:  $545/420=1.3$  locos
- Por consiguiente, se requieren 2 locomotoras adicionales a fin de cubrir el presupuesto de ventas y lograr que la carga fluya y no se acumule.

**Tabla 5.1**

*Disponibilidad de locomotoras y tiempos de patios en el sector cuello de botella respecto al tonelaje producido*

Mes	Tiempos de viaje(días)	Tiempos de viaje efectivo (días)	Tiempo de patios(días)	Locomotoras disponibles en sector cuello de botella	Tonelaje mensual producido
Abril	3.5	1.89	1.58	4	120767
Mayo	2.9	1.40	1.50	4	155432
Junio	2.7	1.05	1.69	4	145097
Julio	2.9	1.10	1.82	4	160028
Enero	2.4	1.51	0.89	6	183720

Fuente: Ferrocarril Central Andino S.A. (2018).  
Elaboración propia

Del cuadro se deduce que los tiempos de patio se encuentran relacionados directamente con la disponibilidad de locomotoras en el sector cuello de botella y se complementa con análisis de cumplimiento con el presupuesto de ventas.

### 5.3.5 Aplicación del Sistema de flujo caudal TOC. Teoría de Limitaciones: transporte rumbo norte y sur.

Situación con 4 locomotoras en el tramo crítico.

- Rumbo Norte (Callao – Cerro de Pasco), teniendo en cuenta las siguientes consideraciones como ejemplo en la figura 5.16:

2425 Ingreso al sistema 2425 Ton.incluye peso de 65 carros vacíos y 15 carros cargados.

3450 Capacidad de arrastre por tramos (PCL-CHO: Patio central – Chosica y CHO-MAT: Chosica – Matucana).

1880 Capacidad de arrastre por tramos (MAT-GAL.: Matucana - Galera).

3000 Capacidad de arrastre por tramos (GAL – ARA.: Galera - Arapa)

129% Porcentaje de la capacidad requerida. En este caso quedan 29% sin atender.

Inventario de carros en patios u estaciones. En este caso en el tramo cuello de botella en el patio Balta (Matucana) quedaron estacionados 545Ton.equivalentes a 10 carros en espera.

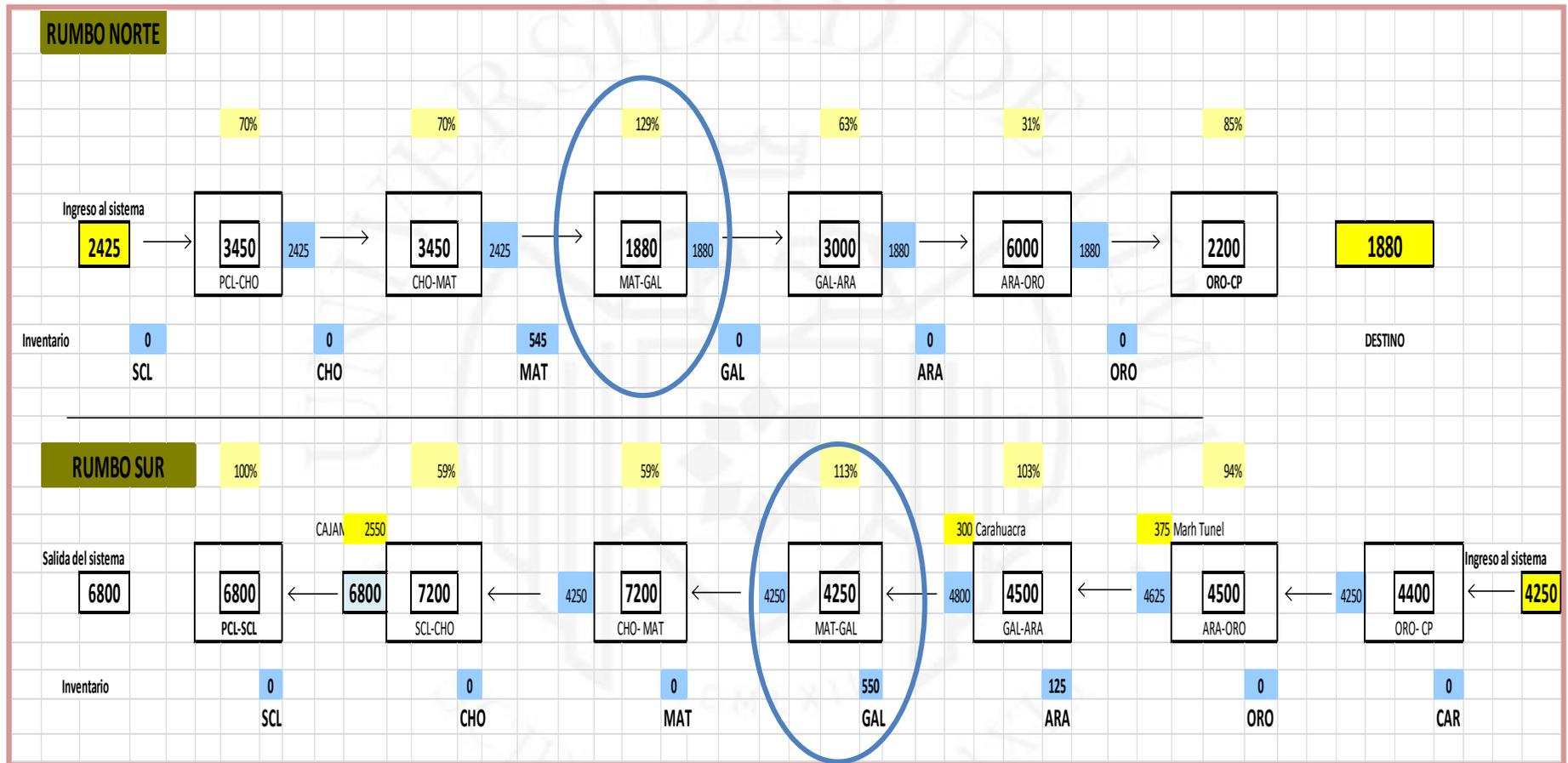
- En este recorrido rumbo norte el “cuello de botella “se da en el tramo Balta(Matucana) – Galera (545 Tons. inventarios), producto del cual se vienen acumulando carros vacíos en el Patio Balta.
- Rumbo Sur (Cerro de Pasco - Callao) el “cuello de botella” se da en el tramo Galera - Balta (550 Tons. inventarios), acumulándose carros cargados en el Patio Galera y con menor incidencia en el tramo Arapa –Galera (125 Ton. inventarios) acumulándose carros cargados en el Patio Arapa.

Situación con 6 locomotoras en el tramo crítico.

- Rumbo Norte (Callao – Cerro de Pasco) se observa que la carga fluye sin problemas con un tonelaje origen en el Callao de 2425 Ton. (carros vacíos), llegando con el mismo tonelaje a destino en Unish – Cerro de Pasco.
- Rumbo Sur (Cerro de Pasco - Callao) se origina una nueva restricción “cuello de botella “, en el tramo Arapa - Galera (125Tons. = 2 carros), producto del cual se vienen acumulando carros vacíos en el Patio Arapa.

**Figura 5.18**

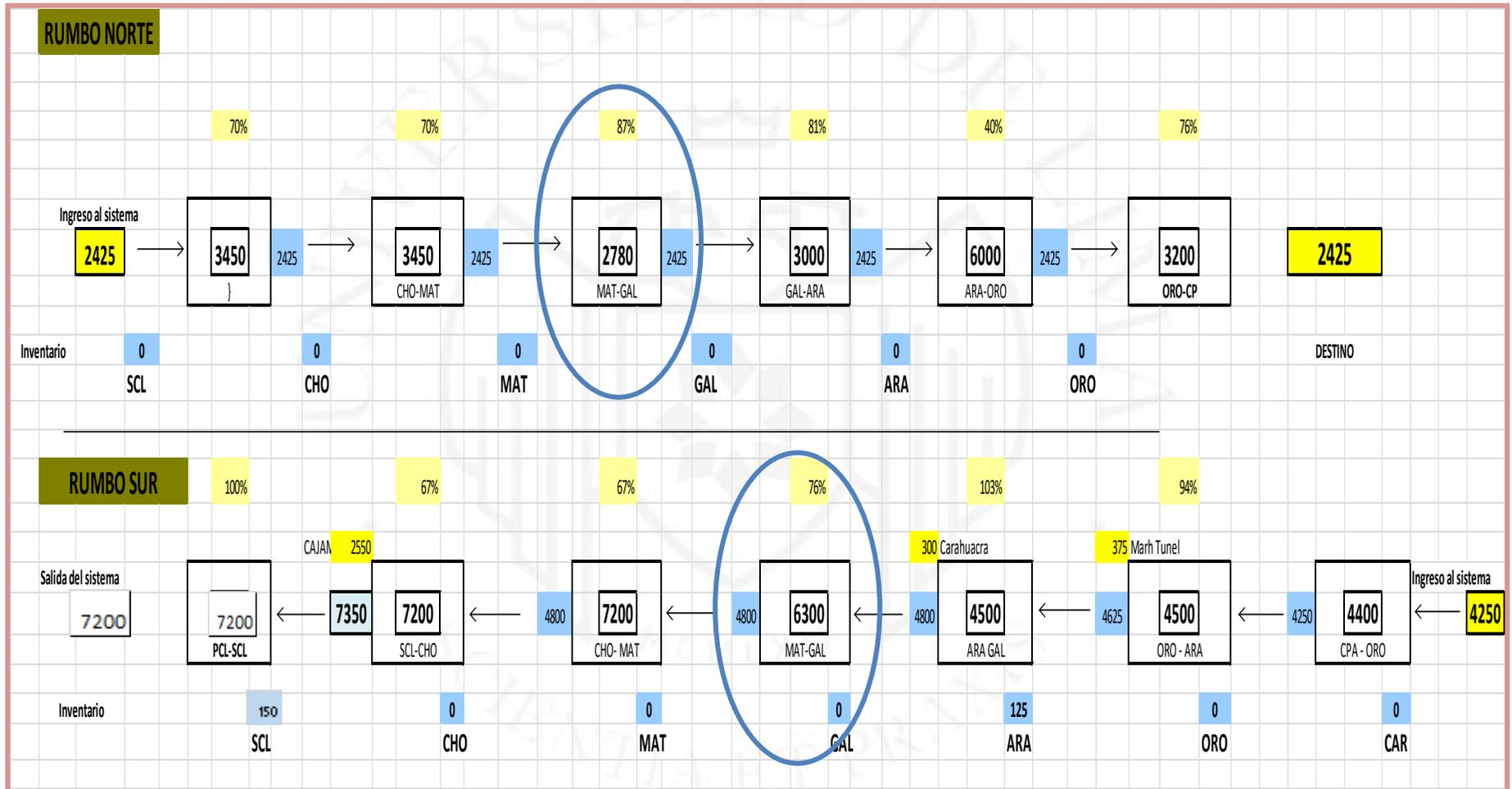
*TOC. Aplicado al Sistema de transporte rumbo Norte y Sur con 4 locomotoras (situación antes de mejora)*



Elaboración propia

**Figura 5.19**

*TOC. Aplicado al Sistema de transporte rumbo Norte y Sur con 6 locomotoras (situación después de mejora).*



Elaboración propia

#### 5.4 Aplicación de índices de capacidades de los procesos (Cp., Cpk) para determinación de la variabilidad y centrado de los procesos respecto a los tiempos de viaje (6 sigma)

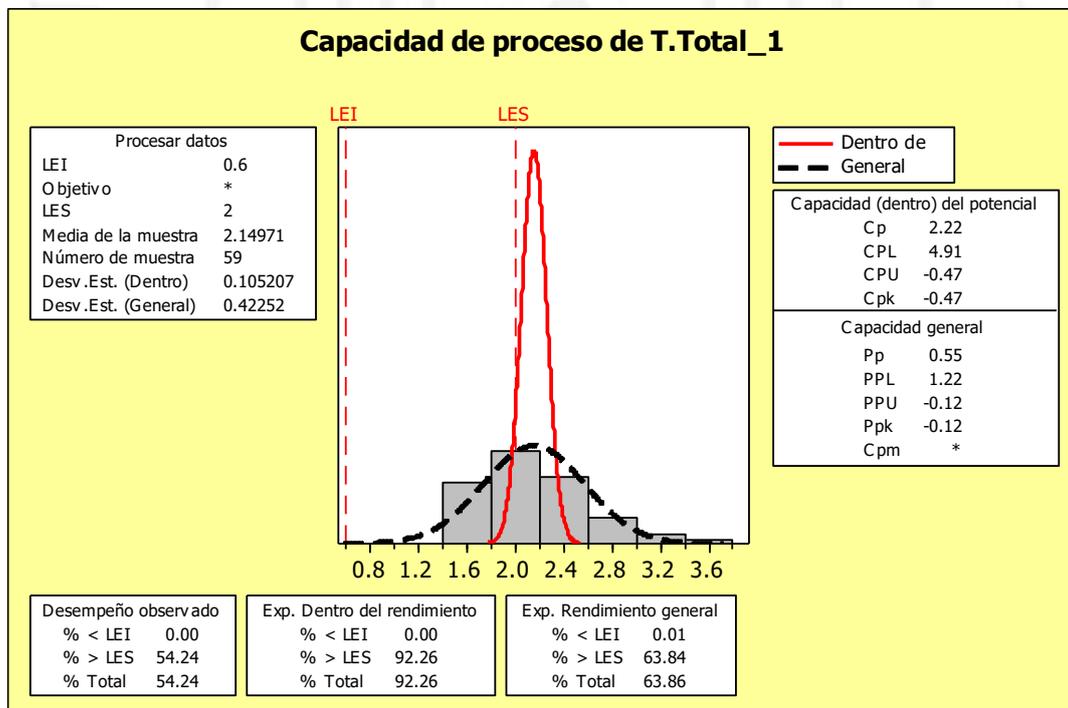
De los antecedentes mencionados se tiene que la mayor incidencia en el incumplimiento del tiempo total de viaje se encuentra en los tiempos de patios o estacionamiento por lo que se realizó un análisis del tiempo total de viaje con la adquisición de 2 locomotoras adicionales para ver la influencia en los tiempos de patio, específicamente en Balta-Galera que es nuestro cuello de botella.

Los resultados obtenidos del tiempo total de viaje se muestran en la figura 5.20.

Luego de realizar el análisis con el estimado se puede observar que el incumplimiento de entrega de carga con el cliente ha reducido de 79.87% a 54.24 %. Llegando a un promedio por viaje de 2.14 días la cual es cercana al objetivo 2 días.

**Figura 5.20**

*Capacidad del proceso Tiempo Total de viaje FCCA. con 6 locomotoras*



Fuente: Ferrocarril Central Andino S.A. (2018).

Elaboración propia

El  $C_p=2.22$  indica que el proceso es de clase mundial ( $C_p>2$ ), por lo que el proceso está en la capacidad de cumplir con las entregas a 2 días. Se ha logrado mejorar la variabilidad del proceso; sin embargo, el proceso se encuentra descentrado.

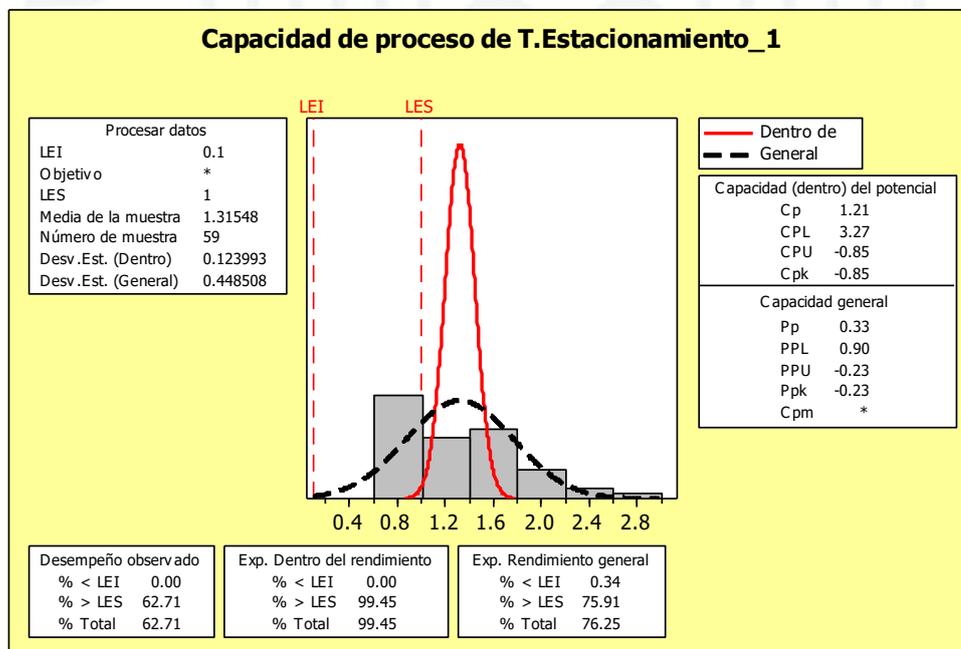
El  $C_{pk}= -0.47$  indica que la media del proceso está fuera de las especificaciones; es decir el proceso real esta descentrado ( $C_{pk}>1$ ) hacia la derecha. ( $C_{pl}= 4.91$ ,  $C_{pu}= -0.47$ ).

Con la implementación de estas dos locomotoras ha permitido reducir la variabilidad total del proceso; es decir ha incrementado la rotación de los carros y por lo tanto el flujo de todo el sistema ferroviario. Además de reducir el tiempo total también se puede observar la disminución en la espera y demora en los patios de estacionamiento.

Así también de la **figura 5.21** el tiempo promedio de espera y demora en los patios de maniobras bajaron de 1.88 días a 1.31 días; pues el flujo de la carga mejoró generándose menores stocks de carros en patios, esto por consiguiente redujo los tiempos de maniobras en patios al contar con menor cogestión por líneas.

**Figura 5.21**

*Capacidad del proceso Tiempo de Estacionamiento en patios FCCA. con 6 locomotoras*



Fuente: Ferrocarril Central Andino S.A. (2018).

Elaboración propia

El  $C_p=1.21$  indica que el proceso es de clase 2 ( $1 < C_p < 1.33$ ), por lo que el proceso está parcialmente adecuado para cumplir con los tiempos de patio.

El  $C_{pk} = -0.85$  indica que la media del proceso está fuera de las especificaciones; es decir el proceso real está descentrado ( $C_{pk} > 1$ ) hacia la derecha. ( $C_{pl} = 3.27$ ,  $C_{pu} = -0.85$ ).

## 5.5 Aplicación de Lean Manufacturing

### 5.5.1 Identificar la propuesta de valor que entregamos a nuestros clientes a fin de minimizar actividades que no agregan valor.

En el siguiente diagrama de actividades en proceso figura 5.22 se muestran los tiempos de las actividades desde la salida del tren con carros cargados hasta su ingreso a destino en Patio Central – Callao diferenciando las actividades que **agregan valor** (es decir actividades en las cuales el **carro** se encuentra **en movimiento** en un tren rumbo a destino) y las actividades que **no agregan valor** (actividades donde el **carro** se encuentra **parado** en espera sin movimiento) y se resume en lo siguiente:

- Tiempo de Viaje Total: 3.1 días
- Tiempo de Actividad (agregan valor): 1.6
- Tiempo de demoras y esperas en Patios: 1.5 (no agregan valor).

Todo este análisis con el fin de que aplicando las herramientas Lean se minimicen los tiempos de despilfarro es decir actividades que generan demoras y esperas (consumiendo recursos , tiempo , dinero , energía , pero sin crear valor al proceso) , incidiéndose dichas mejoras minimizando las esperas más comunes como son las esperas por relevos de personal ( se implementaron hospedajes en estaciones intermedias como Casapalca y Matucana para descanso de personal , evitándose sus traslados hasta Chosica o La Oroya al término de sus jornadas) , demoras por cambio de locomotoras (implementándose locomotoras flexibles C39 modificadas para toda la ruta con lo cual ya no se realizan cambio de locomotoras por tramos), etc.

**Figura 5.22**

*Diagrama de Actividades por Proceso FCCA.*

					
CURSOGRAMA DE ACTIVIDADES EN PROCESO (D.AP)					
METODO ACTUAL					
DIAGRAMA N° 10 HOJA N°1	Elab.por:George Pèrez M.	ACTIVIDAD		T ( acum.) dias	
MACRO - PROCESO	Producción: Movimiento de Trenes			1.61	
PROCESO	Operación			1.45	
Muestra	Carros Transportados Mayo				
N°	DESCRIPCION	promedio			Sub.-Proceso
		t ( minutos.)			
					
1	Ingreso y Parqueo de carros a Unish.	45			A
2	Espera para turno de carguio			120	B
3	Carguio , entoldado y documentación.	80			B
4	Maniobras por corrida de carros	60			B
5	Espera por término de carguio de totalidad de coches			25	B
6	Espera de locomotora rumbo Sur y formación de tren			345	C
7	Avance tren Unish hacia estación intermedia ( La Oroya )	480			C
8	Parqueo de carros en patio Oroya		50		D
9	Espera en La Oroya a pesaje			235	D
10	Separar gòndolas para pesaje		25		D
11	Pesaje de gòndolas Milpo- Atacocha		60		D
12	Formación de tren para el sur según arrastre		55		E
13	Salida con Pruebas de aire ,		25		E
14	Avance tren La Oroya - Arapa	85			E
15	Parqueo de carros en lineas libres Arapa		50		E
16	Espera en arapa a coordinación de salida.			290	E
17	Tomar o formar tren que continua viaje.		55		E
18	Salida de tren con Pruebas de aire ,		25		E
19	Avance tren Arapa - Galera	105			E
20	Parqueo de carros en lineas libres Galera		50		E
21	Espera de locomotora a personal chosicano.			395	E
22	Formación de tren para el sur según arrastre		55		E
23	salida de Galera SUR:pruebas de aire.		25		E
24	Avance de tren Galera - Matucana	369		170	E
25	Parqueo de carros en lineas libres Matucana		50		E
26	Espera disponibilidad de locomotora y personal			285	E
27	Formación de tren para el sur y norte según arrastre		55		E
28	Salida de Matucana SUR:pruebas de aire.		25		E
29	Avance de tren Matucana - Chosica	175			E
30	Parqueo de carros en lineas libres Chosica		50		E
31	Espera de locomotora por cambio de personal y/o locomotora			225	E
32	Formación de tren para el sur según arrastre		55		E
33	Salida de Chosica SUR:pruebas de aire.		25		E
34	Avance de tren Chosica - Patio Central	158			E
35	Parqueo de carros en Patio FCCA. Callao	30			F
36	Separar gòndolas para pesaje				F
37	Pesaje de gòndolas Milpo- Atacocha				F
38	Espera para descarga en Patio Central ( almacenaje)				G
39	Descarga en Depòsito destino				G
40	Parqueo de carro vacio en Patio FCCA.				G
41	Formación de Tren con vacios				H
42	Salida de tren rumbo Norte con Pruebas de aire según procedimiento.				H
43	Transporte de tren hacia Unidad de Carguio				H
TIEMPOS DE CICLO ( MINUTOS )		1587	735	2090	0
TOTAL DE DIAS		1.1	0.5	1.5	
TIEMPOS DE CICLO CARRO CARGADO (DIAS)					3.1

Elaboración propia

### **5.5.2 Flujo continuo de actividades por proceso (flujo celular):**

El método actual implica, tener patios acumulados en espera a la llegada o disponibilidad de otra locomotora y/o personal, teniendo en cuenta los cambios de locomotoras con modelos que se adecuan sólo a algunos tramos en específico debido a condiciones como altura, ancho de túneles; capacidad de soporte de puentes, tipo de rieles, zig-zags, etc.

Se optó en el uso de esta herramienta debido a que las diferentes operaciones que se realizaban en los patios se hacían de manera desordenada, originando acumulación de carros cargados y vacíos en patios de maniobras (stocks), demoras (confiabilidad y disponibilidad de locomotoras), esperas (relevos de personal).

A fin de identificar y minimizar los tiempos de las demoras y esperas se realizó un flujo continuo de actividades por Proceso, por locomotora, determinándose los tiempos estándar de viaje efectivo y tiempos en patios, “trenes horarios”, por cada sector de operación.

### **5.6 Programa de capacitación de personal operativo**

Se implementó un programa de capacitación de personal operativo: Brequeros, Maquinistas y Jefes de tren en convenio con Cetemin con 2 convocatorias anuales lo cual nos permitió incrementar la disponibilidad de dicho recurso en un 50% a la fecha, sin embargo, debido a la política salarial de la compañía el porcentaje de deserción aún es alto.

## CAPITULO VI: RESULTADOS

### 6.1 Resultados operativos

En función a las alternativas de solución planteadas que se encuentran vinculadas mediante un enfoque sistémico del Macro Proceso Operativo, los resultados más importantes son los siguientes:

#### 6.1.1 Disminución de tiempos de maniobras adicionales en patios respecto a tiempos de maniobras estándar y el ahorro por la disminución de las maniobras adicionales en dichos patios.

**Figura 6.1**

*Cálculo de tiempos adicionales de patios respecto al estándar y sus costos mensuales.*

	Tiempo de viaje Total	Tiempo de viaje Efectivo	Tiempo en estaciones o patios	Cant.LOCOS Disponibles Tramo Crítico	Variación en horas de patio respecto al estándar maniobras adicionales	Variación en \$ Máquina respecto al estándar costo por maniobras adicionales
ABRIL	3,5	1,89	1,61	4	4,4	19764
MAYO	2,9	1,4	1,5	4	3,6	16200
JUNIO	2,7	1,05	1,65	4	4,7	21060
JULIO	2,9	1,1	1,8	4	5,8	25920
AGOSTO	2,6	0,8	1,8	4	5,8	25920
SEPTIEMBRE	2,5	0,82	1,68	4	4,9	22032
OCTUBRE	2,5	0,82	1,68	4	4,9	22032
NOVIEMBRE	3	0,95	2,05	4	7,6	34020
DICIEMBRE	3,6	1,47	2,13	4	8,1	36612
ENERO	2,4	0,89	1,51	6	3,7	16524
FEBRERO	2,2	1,4	0,8	6		
MARZO	2,3	1,48	0,82	6		
<b>Tiempo Estándar</b>	<b>2,1</b>	<b>1,1</b>	<b>1,0</b>	<b>6</b>	<b>Sum : \$ Máquina</b>	<b>240084</b>

Fuente: Ferrocarril Central Andino S.A. (2018).

Elaboración propia

Del cuadro se deduce:

- Los tiempos de patios promedios se incrementan en la medida que se cuenta con menos de 6 locomotoras en el tramo crítico; debido principalmente a la acumulación de la carga en los patios por falta de tracción en el sector “cuello de botella”, con lo que se generan mayores tiempos de maniobras adicionales en Patios (actividades que no agregan valor al servicio).
- Estas horas adicionales por maniobras mensuales en patios (Fig.6.1) representó un Costo adicional por Horas/Máquina / H.H. de \$ 240084 el año de evaluación (el mismo que representó un ahorro al contarse con las 6 locomotoras disponibles)
- Del mismo cuadro anterior se deduce la incidencia directa en el incremento del Tiempo de Viaje Total por la menor disponibilidad de locomotoras operativas, que como objetivo estratégico debería de ser de 2 días según contrato.

### 6.1.2 Variación de la producción mensual en dólares respecto a lo presupuestado.

**Figura 6.2**

*Cuadro de ventas en toneladas transportadas de febrero a enero en Ton/mes*

	Toneladas transportadas MES	Cant.Locos disponibles. Tramo crítico	Variación de ingresos \$ respecto al presupuesto
FEBRERO	156768	4	-290784
MARZO	160315	4	-248220
ABRIL	120767	4	-722796
MAYO	155432	4	-306816
JUNIO	145097	4	-430836
JULIO	160028	4	-251664
AGOSTO	166561	4	-173268
SEPTIEMBRE	147865	4	-397620
OCTUBRE	160084	4	-250992
NOVIEMBRE	138696	4	-507648
DICIEMBRE	148519	4	-389772
ENERO	183720	6	32640
<b>PRESUPUESTO</b>	<b>181000</b>	<b>6</b>	<b>-3970416</b>

Fuente: Ferrocarril Central Andino S.A. (2018).  
Elaboración propia

Del cuadro se deduce:

- Variación positiva en los ingresos en enero, respecto al presupuesto de ventas mensual con la puesta en operación de 2 locomotoras adicionales (Total 6 locomotoras) en el tramo “cuello de botella”.
- Se dejó de percibir \$3970416 Dólares, al no contar con 6 locomotoras operativas mes a mes el año de evaluación. (Se consideró una tarifa promedio por Ton. de \$ 12).

### **6.1.3 Ahorro por disminución de inventarios (carros cargados) en patios de maniobras.**

#### **Cálculo de rotación método anterior (4 locomotoras)**

##### **Tiempo de ciclo de un carro**

$$T_{\text{ciclo}} = T_{\text{viaje cargado}} + T_{\text{carguio}} + T_{\text{descarga}} + T_{\text{viaje vacío}}$$

$$T_{\text{ciclo}} = 2.71 + 0.8 + 1 + 1.25 \text{ (días)}$$

$$T_{\text{ciclo}} = 5.75 \text{ días}$$

##### **Número de rotaciones mensuales sin proyecto**

$$\text{Rotación mes} = N^{\circ} \text{ días mes} / T_{\text{ciclo}}$$

$$\text{Rotación mes} = 30 / 5.75$$

$$\text{Rotación mes} = 5.217$$

#### **Cálculo de rotación método mejorado (6 locomotoras)**

##### **Tiempo de ciclo de un carro**

$$T_{\text{ciclo}} = T_{\text{viaje}} + T_{\text{carguio}} + T_{\text{descarga}} + T_{\text{vacío}}$$

$$T_{\text{ciclo}} = 2.1 + 0.8 + 1 + 1 \text{ (días)}$$

$$T_{\text{ciclo}} = 4.9 \text{ días}$$

##### **Número de rotaciones mensuales con proyecto**

$$\text{Rotación mes} = N^{\circ} \text{ días mes} / T_{\text{ciclo}}$$

Rotación mes =  $30/4.9$

Rotación mes = 6.122

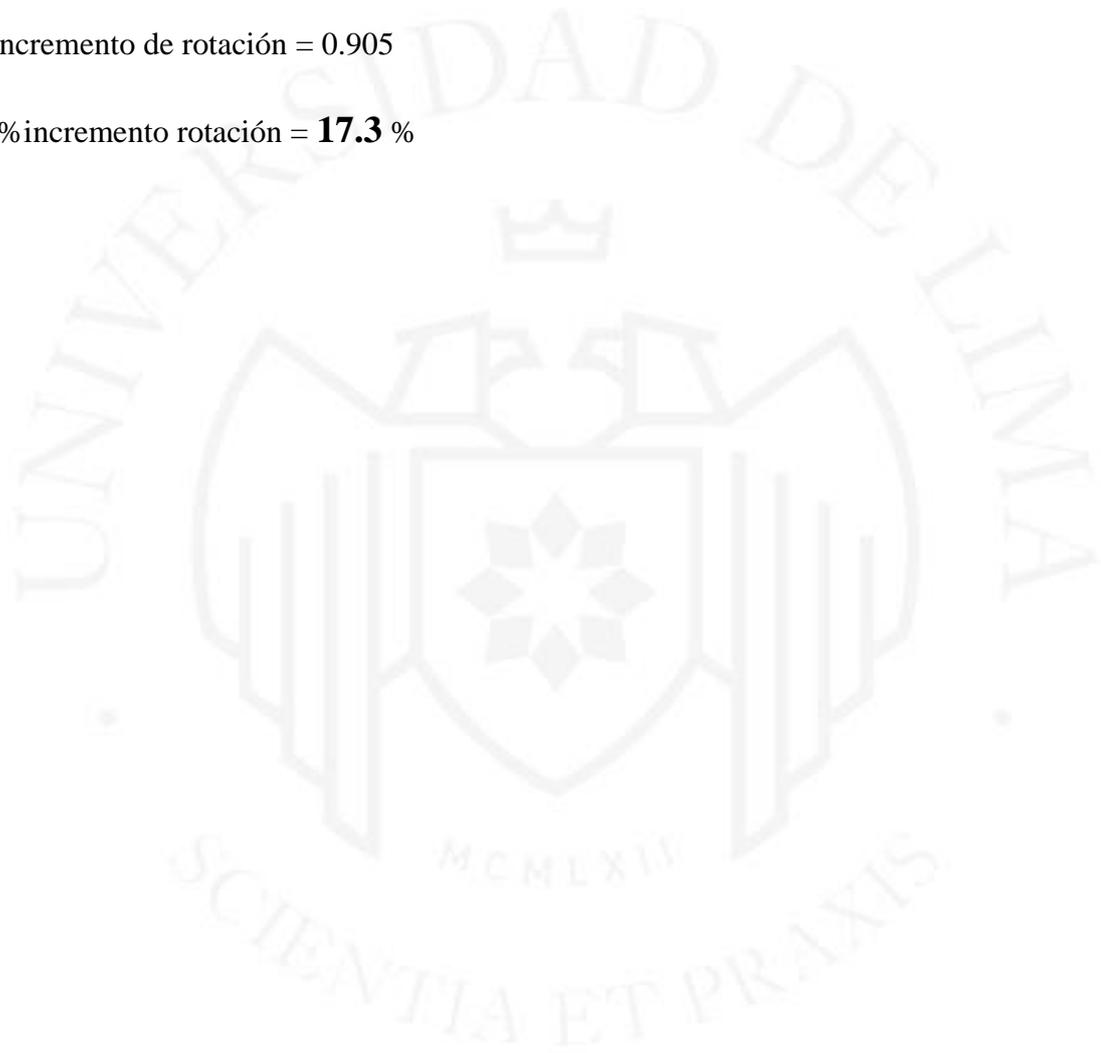
### **Incremento de Rotación Mensual**

Incremento de rotación = R. con proyecto – R. sin proyecto

Incremento de rotación =  $6.122 - 5.217$

Incremento de rotación = 0.905

% incremento rotación = **17.3 %**



**Tabla 6.1***Situación de recursos después de la mejora*

Modelo locomotora	potencia en HP.	Locomotoras operativas	Locomotoras por reparar
DL 560 – ALCO ( para patio)	2400	2	1
GE.B39 / Villares	3000	1	1
GE – C-30	3000	3	2
GE – C39	3950	2	0
GE-39 Modificada	3600	6	1
GM – MD-40	3000	1	1
<b>TOTAL</b>		<b>15</b>	<b>6</b>

Personal	Jefe de tren	Maquinista	Brequero
Sector 1	10	10	10
Sector 2	15	15	15
Sector 3	8	8	8
Sector 4	3	3	3
Sector 5	3	3	3
Capacitación		3	10
<b>TOTAL</b>	<b>39</b>	<b>42</b>	<b>49</b>

*Situación de recursos después de la mejora*

CARROS	Operativos	Capacidad (Ton.)
Góndolas	220	55
Bodegas	80	55
Hoppers	355	62
Tanques de Acido	80	75
Tanques Combustible	17	50
Plataformas planas	28	50
Otros	15	55
<b>TOTAL</b>	<b>795</b>	<b>402</b>

Fuente: Ferrocarril Central Andino S.A. (2018).

Elaboración propia

## 6.2 Resultados económicos:

**Figura 6.3**

*Evaluación Económica Evaluación Costo Beneficio – Contabilidad Caudal*

<b>Costo de Oportunidad : 2 locomotoras sector crítico.</b>		
	Transportado Ton.mes	Ingreso \$ USA
Presupuesto	181000	2172000
Promedio mensual	160000	1920000
	No transportado Ton.	No facturado \$
Diferencial de producción	<b>21000</b>	<b>252000</b>
<b>Costo de inventarios</b>		
Mejora en la rotación / tiempo de ciclo Variación % de Tiempos de Patio De 5,2 (4 loc.) a 6,1(6 loc.) rotaciones/mes		<b>17%</b>
Ingreso Mensual por carro 59,5 ton/carro * 12 \$/ton		<b>714</b>
Costos por carro parado en Patios: \$/carro		<b>123,5</b>
<b>Costo por carros parados 497 Inventarios en patios ( \$ )</b>		<b>61390,4</b>
<b>Costo por maniobras adicionales: Patios acumulados.</b>		
Variación en \$ Máquina/mes respecto al estándar costo por maniobras adicionales (de fig.6,1)		<b>20007</b>
<b>Evaluación de Inversión : 2 locomotoras .</b>		
Costo de Inversión		650000
Incremento de eficiencia		50%
Ahorro de rotación		17%
Incremento de producción ( Ton./mes)		21000,0
Incremento de Ingresos ( \$./mes)		252000,0
Ahorro por reducción de inventarios		61390,4
Ahorro por eliminar maniobras adicionales		20007,0
Incremento de Ingresos Total		333397,4
Margen de contribución mensual (15%)		50009,6
<b>Margen de contribución anual</b>		<b>600115,4</b>
<b>Tiempo de retorno ( años )</b>		<b>1,1</b>

Fuente: Ferrocarril Central Andino S.A. (2018).

Elaboración propia

## CONCLUSIONES

- Con la aplicación de Teoría de Limitaciones en el proceso operativo se logró eliminar la primera restricción en el Sector 2 de operación, lo cual se vio reflejado directamente en el incremento en las ventas de 160,000 Ton. promedio a 181,000, disminución por consiguiente de los costos fijos; disminución de inventarios es decir disminución de carros cargados en Patios (lo cual redujo asimismo los tiempos en patios, por menos maniobras), mejora en la rotación y Tiempo de Viaje Total (se pasó de un promedio 3.5 a 4.5 días antes a 2.0 – 2.5 día después), menores costos por seguridad (menos necesidad de vigilantes en patios de maniobras por menos acumulación de carros cargados).
- La aplicación de gestión por procesos fue determinante para cambiar la mentalidad de toda la organización con un enfoque centrado en el buen servicio al cliente.
- Fue determinante por consiguiente el cambio de mentalidad radical de los responsables del proceso por sector de operación (o sub- proceso) en función a optimizar la limitación primaria.
- El incremento de la capacidad de carga en el sector crítico con la compra de 2 locomotoras flexibles (modelo c39 modificada de 3600 HP.) fue de vital importancia para poder mantener la sostenibilidad de las operaciones y el cumplimiento del objetivo trazado con un tiempo de viaje entre origen y destino de 2 días tramo largo y 1 día en el tramo de Tunshuruco al Callao.
- De la evaluación económica se demuestra, que la inversión realizada se cubre con el incremento de la producción (rendimiento del sistema con un incremento de 17% en la rotación), reducción de inventarios en patios y reducción de maniobras adicionales al proceso normal de tránsito de trenes por patios acumulados, con una tasa de retorno de 1.1 años. Confirmándose lo siguiente: “si incremento la inversión y el rendimiento aumenta, y los gastos de explotación disminuyen proporcionalmente, es una buena decisión” (Jacob et al.,2010, p.403).

- Los procedimientos operativos para las maniobras en línea principal y patios (conformación de trenes, la logística de carga y descarga, maniobras de entrada y salida de los patios, etc.), deben formularse teniendo como ejes la reducción de los tiempos de ciclo del proceso operativo, con seguridad, eficacia y eficiencia de acuerdo al Código General de Normas de Operación del Ferrocarril.
- El enfoque de la mejora en la rotación o rendimiento del proceso (atacando la limitación primaria) permitió minimizar inventarios de carros cargados y vacíos en patios de maniobras, minimizar los gastos de operación; lo cual como consecuencia se reflejó directamente en una mejora en las utilidades (con el cumplimiento del presupuesto de ventas).
- En la empresa FCCA. no se cuenta con un adecuado manejo del Factor Humano en las diferentes áreas que la conforman (principalmente por una inadecuada categorización del sueldo por puesto de trabajo), esto viene influyendo en un alto porcentaje de deserción; lo cual representó y representa una siguiente limitación primaria al proceso; pues se requirió de personal capacitado adicional para operar las locomotoras que entraron en operación.
- Las mejoras adicionales propuestas en las operaciones de patio (movimiento de carros aplicando herramientas lean), son actividades de bajo costo y requieren un ordenamiento por parte del personal que está involucrado en dicho proceso, Supervisores de Patio, Supervisores Responsables de cada Sub- proceso, Controladores de tráfico, Programadores, Jefatura de Operaciones, Mecánica.
- Las condiciones geográficas que presenta en recorrido afectan directamente al tiempo de viaje, pero no es una causa determinante para la demora en el tiempo de entrega.

## RECOMENDACIONES

A continuación, detallaremos las recomendaciones:

- Implementar una política de mejora continua con un enfoque sistémico aplicando la metodologías de Teoría de Limitaciones y Lean Seis Sigma (LSS.), mediante una mejor utilización de los recursos claves y la inversión en puntos críticos “cuellos de botella” , minimización de desperdicios ( actividades que no agregan valor al proceso ) , disminución de las variaciones en las etapas claves del proceso , todo a fin de aumentar el caudal, por consiguiente la rentabilidad del negocio (mejora en la rotación) y la inversión.
- El uso de un parque de locomotoras antiguas y en desuso para el transporte de carga de alto tonelaje, requieren de un afinado programa de mantenimiento para la buena sincronización de las operaciones por lo cual será conveniente implementar la herramienta de Mantenimiento Productivo Total, pues el factor locomotora representa actualmente la nueva limitación del sistema operativo (TPM.).
- A fin de controlar la alta tasa de deserción del personal actual por la entrada en operación de otros operadores ferroviarios se recomienda controlar el desequilibrio salarial de los diferentes niveles respecto al mercado, implementar la política de categorización de sueldos por puesto de trabajo y priorizar la capacitación de personal operativo.
- Sistematizar las operaciones en los patios de maniobras (acumulación de carros cargados y vacíos los mismos que no adicionan valor al proceso), estableciendo la metodología de flujo continuo de procesos definiendo la secuencia de

actividades /día por locomotora por Sector de operación, minimizando las esperas y demoras.

- Elaboración de un programa de mantenimiento preventivo de las vías y puentes en los tramos de más alto tránsito Callao - Chosica – Balta, Galera, Chinalco.
- De acuerdo a los tiempos de viaje y tiempos de patios, se definen los encuentros por tramos, para lo cual se deberá prevenir en forma oportuna los recursos (H-H, Máquina) a fin de cumplir con los Horarios definidos y evitar retrasos.
- Los Responsables de cada Sector operativo realizarán la ejecución, verificación y tomarán las acciones correctivas necesarias a fin de cumplir con la Programación de los Trenes en los Horarios establecidos.
- Programar Capacitaciones a cargo del coordinador general del proceso a los responsables de cada Sector de operación.
- Entender que el principal Recurso de la organización es el Recurso Humano en todos sus niveles.
- Implementar el Modelo de Gestión por Competencias a fin de alinear a todos los confortantes de la organización a los Objetivos Estratégicos.
- Por último para cerrar citó a Cruz (2007), así que encara todo nuevo reto; desafía las normas convencionales; rompe las reglas de juego. Las preocupaciones, los temores, los miedos y las dudas, no son más que vacas que tratan de robarte tus sueños y mantenerte atado a una vida mediocre. Recuerda que el enemigo del éxito no es el fracaso sino el conformismo ( p.138).

## REFERENCIAS

- Buckingham, M., Clifton, D. (2008). Ahora descubra sus fortalezas. Colombia: Grupo Editorial Norma.
- Cruz, C. (2007). La vaca. Una historia sobre como deshacernos del conformismo y las excusas que nos impiden triunfar. Colombia: Taller del éxito.
- Dominguez, A., García, S., Ruíz, A., Dominguez, M., Alvarez, J. (1995). Dirección de Operaciones. España: Mc Graw Hill.
- Ferrocarril Central Andino S.A. (2007). Institucionales/ Empresa  
. <https://www.Ferrocarrilcentral.com.pe/empresa.html>
- Heller, R. (2005). Peter Drucker el gran pionero de la teoría y práctica del Management. Londres: Dorling Kindersley.
- Hodson, W. (1998). *Maynard Manual del Ingeniero Industrial*. (4ª ed.). México: Mc Graw Hill.
- Isotools. (2020). Gestión por Procesos .  
<https://www.isotools.org/soluciones/procesos/gestion-por-procesos/>
- Jacob, D., Bergman, S., y Cox, J. (2010). *Velocidad combinando el Sistema Lean , Seis Sigma y Teoría de Limitaciones para alcanzar resultados excepcionales*. Barcelona: Alienta.

## BIBLIOGRAFÍA

- Goldratt E., y Cox, J. (2004). *La Meta un proceso de mejora continua*. (3ª ed.). Buenos Aires: Ediciones Granica S.A.
- Gutiérrez Pulido, H., Vara Salazar, R. (2009), *Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma*. (2ª ed.). México: Mc Graw Hill.
- Herrera Morales C., (2005). *Aplicación del Enfoque Sistémico en el Diseño de los Sistemas de Transporte Ferroviario de Carga*. Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal Red ALyC, Ingeniería, Investigación y Tecnología. Vol. VI, número 004, (pp. 299-308).
- Hodson, W. (1998). *Maynard Manual del Ingeniero Industrial*. (4ª ed.). México: Mc Graw Hill.
- Jacob, D., Bergland, S., y Cox, J. (2011). *Velocidad combinando el Sistema Lean , Seis Sigma y Teoría de Limitaciones para alcanzar resultados excepcionales*. Barcelona: Alienta.
- Pérez Fernández de Velasco J., (2007). *Gestión por procesos*. (2ª ed.). Madrid: Esic.



## Anexo 1: TPM (Mantenimiento Productivo Total)

Para soportar esta herramienta se debe tener una disponibilidad de locomotoras operativas antes y durante el trayecto, ya que las averías de una de estas vienen originando, esperas, demoras y colas por el uso de las líneas en los patios y en línea principal, es por ello que se está proponiendo la implementación del TPM, para las máquinas que se encuentran disponibles en cada uno de los 4 Sectores de Operación.

Para eso nos debemos basar en lo siguiente:

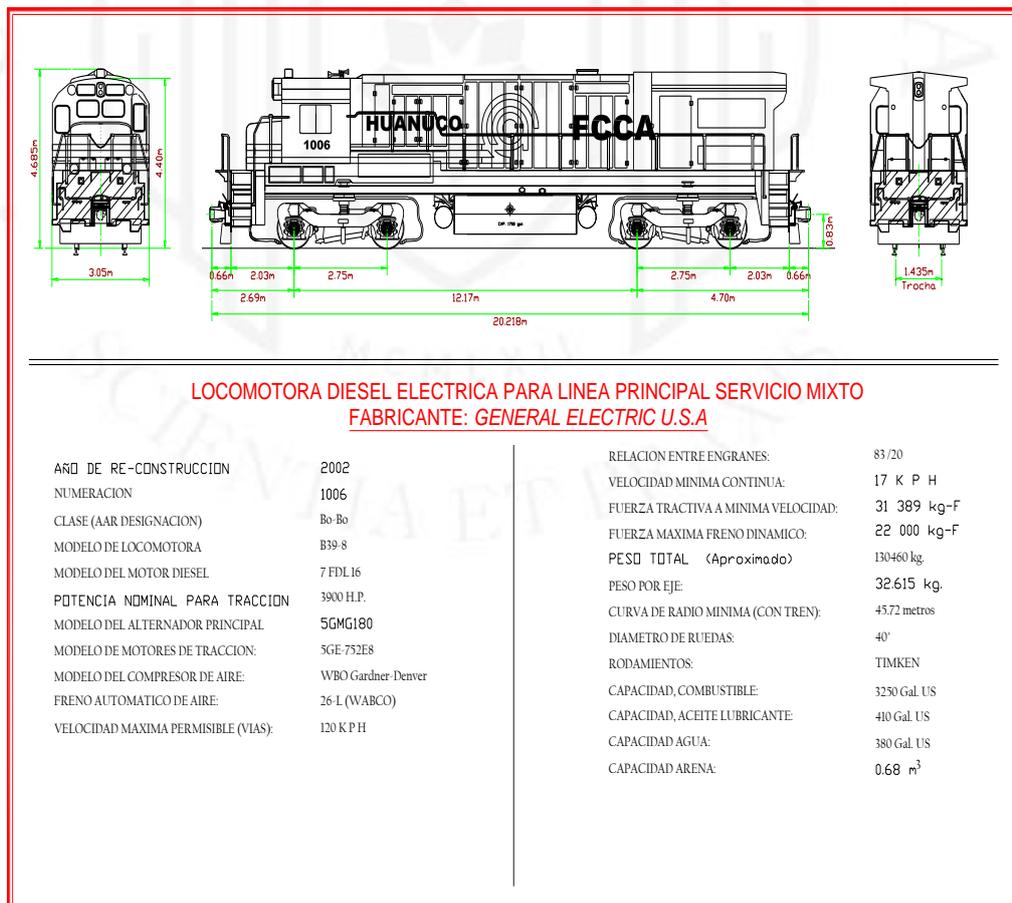
CUADRO A1



## Plan de Mantenimiento Preventivo.

La actividad fundamental del Plan de Mantenimiento, es conservar la infraestructura del sector del tramo; así como, los aparatos de vía vinculados a la infraestructura y la operación de los equipos y maquinaria utilizados para el mantenimiento de los subsistemas. Esta área, depende de la Gerencia de Mantenimiento del tramo y dispone de áreas funcionales para atender las diferentes actividades inherentes al proceso de mantenimiento de locomotoras y de la vía férrea.

La metodología de mantenimiento a adoptar se denomina “Mantenimiento Basado en la Condición”, cuyo alcance es poder atender las necesidades de los elementos del sistema ferroviario. En esta metodología, se trabaja con los resultados aportados por distintos métodos que diagnostican las irregularidades de la vía y de locomotoras. El inventario de elementos a mantener se señala en el siguiente cuadro, así como las características de las líneas.



## Cuadro de los principales puntos del TPM a Aplicar

Áreas de Evaluación	Criterios	Descripción.
<b>1. Planificación de Mantenimiento.</b>	1.1. Objetivos y Metas.	<i>La principal meta y objetivo es que el tren no este detenido, sino que este en circulación. Ya que así se tendra mayor disponibilidad. La idea es solventar las fallas que permitan al tren trabajar, y luego en el mantenimiento preventivo se le hará toda su respectivo chequeo.</i>
	1.2. Políticas para Planificación.	<i>Lo primero en atacar es el mantenimiento correctivo, luego el preventivo de acuerdo al kilometraje.</i>
	1.3. Control y Evaluación.	<b><i>Antes de que el tren puede ser insertado a los vías se le verifican que todos los sistemas estén en orden, que en el tablero de mando no haya ningún indicador de falla. Si esto sucede pues se procede a buscar y corregir la falla lo más pronto posible.</i></b>
<b>2. Mantenimiento Circunstancial.</b>	2.1. Planificación.	<i>Este mantenimiento es usado poco en las instalaciones, debido a que se usa solo cuando el equipo presenta algún defecto en correctivo</i>
	2.2. Programación e Implementación.	<i>Se implementa solo si hay posibilidades sino queda para al mantenimiento preventivo.</i>
	2.3. Control y Evaluación.	<i>Se realiza el respectivo chequeo de todo el sistema para comprobar que no presenta fallas.</i>

<b>3. Mantenimiento Correctivo.</b>	3.1. Planificación.	<i>Se realiza de acuerdo a las fallas presentadas las cuales son reportadas por el sistema, y mientras el tren se transporta desde las vías a patio el equipo de turno se va preparando para enfrentar la situación. Ya por sistema computarizado tienen un sintoma de la falla que tienen.</i>
	3.2. Programación e Implementación. (80)	<i>Se ejecuta una vez que el tren entro ahí al taller de correctivo.</i>
	3.3. Control y Evaluación.	<i>Se revisa piezas por pieza cambiada a nivel de sistema para comprobar operatividad.</i>
<b>4. Mantenimiento Preventivo.</b>	4.1. Determinación de Parámetros.	<i>Se realiza cada cierto recorrido del tren. Hay dos tipos, el de Bajo nivel y el Profundo. El de Bajo nivel se realiza a los 30000 km. Y Profundo a los 60000 km. donde se revisan toda la parte de los motores.</i>
	4.2. Planificación.	<i>Ya saben la vida útil que pueden durar estos equipos y de acuerdo a eso establecieron el km indicado.</i>
	4.3. Programación e Implementación.	<i>Se lleva a cabo una vez que se cumpla el recorrido y el tren es sacado de funcionamiento y por un día permanece en los talleres de preventivo haciéndole lo respectivo.</i>
	4.4 Control y Evaluación.	<i>Luego se harán revisiones periódicas en cuanto al funcionamiento indicando hasta las mas leves fallas que pudo presentar como las mayor falla.</i>

<b>5. Mantenimiento por Avería.</b>	5.1. Atención a las Fallas.	<i>Es reportado por el tablero de mando y de ahí, de acuerdo al tipo de avería se procede al mantenimiento y sustitución para arreglo de las piezas.</i>
	5.2. Supervisión y Ejecución.	<i>El capacitado esta en constante monitoreo de todas las actividades realizadas y se exigen un control permiten de todos los equipos antes de que salgan a prestar servicio de carga.</i>
	5.3. Información sobre la Avería.	<i>La empresa cuenta con los instrumento necesario y especifico para hacer llegar a la torre de control todas la averías y fallas que se encuentre en algunos de los equipos</i>
<b>6. Personal de Mantenimiento.</b>	6.1. Cuantificación de las necesidades del Personal.	<i>Todos los requerimientos de cada personal están supervisados por su respectivo jefe de área, para así brindarles su mas cordial apoyo.</i>
	6.2. Selección y Formación.	<i>Seleccionar personal calificado tanto profesionales como maquinistas</i>
	6.3. Motivación e Incentivos.	<i>El personal se encuentra siempre atento a cualquier falla y se ven motivados día a día por su trabajo y satisfecho al saber que han logrado trabajar con éxito.</i>
<b>7. Recursos.</b>	7.1. Equipos.	<i>La empresa cuenta con 15 locomotoras de linea principal y 6 de patio</i>
	7.2. Herramientas.	<i>La organización cuenta con todo el material necesario para laboral con eficiencia todo el mantenimiento que deba realizarse y cuenta con la herramientas que necesita cada una de las maquinas a utilizar.</i>
	7.3. Materiales.	<i>La compañía tiene a su disposición todo el material requerido para que el empleado pueda trabajar con mas facilidad en el momento de realizar cualquier tipo de mantenimiento que sea necesario.</i>
	7.4. Repuestos.	<i>La empresa ha tenido que evaluar sobre la parte de reposición de algunas maquinaria ya que algunas son exclusiva y no tiene repuesto eso le dificulta el cambio de alguna maquinaria.</i>

## **Anexo 2: Sistema de transporte ferroviario de carga.**

De los diferentes sistemas creados por el hombre, los de transporte pueden considerarse de los más complejos por la gran cantidad de variables que interactúan en los mismos. Checkland (1997), establece una clasificación de los sistemas en cuatro grandes grupos: naturales, humanos, diseñados y abstractos. De acuerdo a dicha taxonomía, el sistema ferroviario puede catalogarse como un sistema “diseñado”, es decir una entidad hecha por el hombre que se trata o estudia como un todo y tiene propiedades emergentes. Churhman (1997), por su parte, cita cinco premisas básicas al considerar un fenómeno como sistema:

1. Observar los objetivos del sistema y sus medidas de actuación como un todo.
2. Considerar el medio ambiente del sistema (las restricciones fijas).
3. Considerar los recursos del sistema.
4. Considerar los componentes del sistema.
5. Considerar la administración del sistema.

En alineación con los autores anteriores, uno de los primeros marcos conceptuales a utilizar será la consideración del transporte ferroviario como un “sistema”, integrado a su vez por diferentes elementos o componentes, los cuales interactúan para lograr un objetivo.

El paso siguiente es delimitar este sistema sobre el que se va a desarrollar el diseño, lo cual debe hacerse mediante un diagrama de desagregación de niveles, en donde el nivel base lo constituya el sistema de transporte ferroviario representado por un mapa conceptual de tipo descriptivo; donde se indiquen los criterios estratégicos para cada elemento, las características que deben regir el proceso y los requisitos para el producto que debe entregar el sistema. Debe mostrarse también el nivel de supra sistema, que puede

corresponder según cada caso, a la red global de la cual formará parte el sistema ferroviario que se diseña, o bien, al medio ambiente donde funcionará, resaltando que elementos de estos niveles serán los relevantes para afectar las decisiones de diseño y de ser posible, sobre qué elementos en particular.

Una vez que se ha identificado el sistema y sus componentes, entra en consideración el marco de la Planeación Normativa o Prospectiva. Miklos y Tello (1993), definen este tipo de planeación como aquella que está fuertemente orientada hacia el futuro deseado (los ideales o fines últimos). El proceso inicia con el diseño de la imagen deseada, los ideales conforman criterios que guían la selección de objetivos, estos a su vez, se formulan conforme a los fines y posteriormente se definen las políticas, estrategias y tácticas que procuran lograr la imagen final propuesta.

La aplicación de estos postulados de la planeación normativa en el diseño, puede materializarse en dos estrategias:

- ✓ Utilizar la lógica de diseñar “yendo del producto al insumo”, es decir, partir de las características del servicio que se desea producir (meta de transporte), y en función de ello, considerar los elementos adecuados (flota, infraestructura, nivel de servicio, etc.).
- ✓ Cuestionar y analizar los diferentes aspectos de interrelación entre los elementos del sistema, antes de tomar las decisiones sobre cada uno de ellos.

Ahora bien, referente al nivel de detalle y la jerarquía en las decisiones de diseño, los investigadores del transporte Crainic y Laporte (1997), identifican que en la planeación de cualquier sistema de transporte existen decisiones correspondientes a tres niveles o dimensiones del sistema, las cuales se afectan entre sí. Estos tres niveles de planeación son:

1. Nivel estratégico (largo plazo): las decisiones a este nivel determinan las políticas de desarrollo y las estrategias de operación sistema e incluyen:
  - Diseño de la red física.
  - Localización de las facilidades principales (patios, muelles, talleres).

- Adquisición de material rodante.
  - Definición del tipo de servicio y política de tarifa.
2. Nivel Táctico (mediano plazo): busca asegurar sobre un horizonte de mediano término, el eficiente y racional aprovechamiento de los recursos con que se cuenta para lograr un óptimo desempeño del sistema en todo su conjunto. Estas decisiones apuntan principalmente al diseño del servicio que prestara la red:
- Selección de rutas y tipos de servicio.
  - Reglas de operación en cada terminal o patio.
  - Política de vehículos vacíos. Etc.
3. Nivel Operacional (corto plazo): la planeación es realizada por los gerentes locales” de los procesos, en un ambiente dinámico donde el factor tiempo es relevante y todos los recursos de vehículos, facilidades y actividades deben presentarse claramente detallados. Algunas de estas actividades típicas de este nivel son:
- Itinerarios de servicio.
  - Ruteo y asignación de vehículos y tripulaciones.
  - Ubicación de recursos y reposicionamiento de vehículos vacíos.
  - Programación de mantenimiento, etc.

El marco conceptual de Planeación a tres niveles se aplica al combinar durante el diseño de los distintos elementos del sistema, decisiones que correspondan a cada uno de los tres niveles de planeación ya descritos.

A continuación, se presentan una serie de pautas para el diseño de cada uno de los elementos que conforman el sistema ferroviario de carga.

### **Diseño de los vehículos**

En la selección de los equipos rodantes o vehículos de sistema ferroviario, se sugiere dar prioridad a los criterios de selección basados en la eficiencia y seguridad de la tracción (locomotoras), así como la rapidez del desalojo de la carga (vagones), sin dejar de considerar los aspectos de costos, facilidad y requerimientos del mantenimiento.

### **Selección de los vagones**

En la selección del vehículo de carga (vagones) el aspecto más importante es la idoneidad del mismo, tanto con la carga que va a contener y desalojar, como la infraestructura en que va a traficar. La combinación de ambas circunstancias impactará en los rendimientos de todo el proceso.

Interacciones entre vagones y sistemas

*Vagones → Locomotora, Vía férrea*

La relación carga/tara de los vagones, impacta en el tonelaje total que arrastra el tren, así como el consumo de combustible de la locomotora, las cargas totales por eje por eje sobre la vía y el desgaste del sistema de frenos del vagón.

*Vagones → operación*

El mecanismo de operación de las compuertas (vagones tolva) y el sistema de acoples rotatorios (vagones que vacían mediante volteo), contribuyen al tiempo total de descarga, afectando a su vez el tiempo de ciclo del tren.

*Vagones → Vía férrea*

Las dimensiones del vagón influyen en la longitud del diseño de los patios, los muelles de mina, las fosas de descarga, las vías de escape y los desvíos, así como en el galibo de diseño de las infraestructuras de la vía.

*Vagones → Infraestructura*

La capacidad del vagón está en la relación directa con el tamaño de la flota o parque requerido y este a su vez, determina las necesidades de infraestructura adicional (talleres, vías de almacenamiento, etc.).

### **Selección de las locomotoras**

En la selección de los vehículo tractivos, como factor de seguridad, debe considerarse un escenario donde estén presentes las máximas restricciones al desempeño de estos equipos; conviene tener en cuenta además la idoneidad entre equipo e infraestructura, así como los esquemas operativos (arreglos del tren) y la cantidad de locomotoras que son necesarias para cada etapa del transporte (no necesariamente serán las mismas en cada fase), a fin de lograr un máximo aprovechamiento de la energía de tracción.

Interacciones entre locomotoras y sistemas

#### *Locomotoras → Operación*

El rendimiento del equipo a nivel de los consumibles (es decir, el tiempo entre reabastecimiento o autonomía del viaje), en conjunto con su tecnología mecanismos de auto pruebas, monitoreo y correlación de fallas, definen la productividad de las locomotoras (horas de servicio sin interrupción) y, por lo tanto, de la operación ferroviaria.

#### *Locomotoras → Infraestructura*

La autonomía de las locomotoras incide en la necesidad y ubicación de talleres o áreas para el servicio de las mismas, afectando directamente los costos de infraestructura logística.

#### *Locomotoras → Vía férrea*

Los radios de giro de los equipos, principalmente la locomotora que es el más pesado, define la geometría de la viabilidad ferroviaria interna y externa, ya que por razones de seguridad el radio de curvatura mínimo de la vía, debe ser “mayor” que el mínimo radio de giro de los equipos.

## Diseño de la vía férrea e instalaciones

### Interacción entre vías e instalaciones con el sistema

El principal impacto que tiene la infraestructura de la vía férrea, se aprecia en el desempeño o funcionamiento del sistema como tal. Es así como puede establecerse una relación directa entre la capacidad física de las facilidades (el máximo número de toneladas, carros o trenes, que pueden pasar a través de la facilidad, durante un periodo dado) y las demoras en el tránsito o los problemas de congestión.

Aunque los sistemas de señalización y control son determinantes para agilizar el movimiento y dar fluidez al tránsito de los trenes sobre la vía, existirá una capacidad finita de la misma, la cual caracterizará en mayor medida el desarrollo de las operaciones. Las principales interacciones que se pueden identificar son:

#### *Vía férrea → Dinámica del tren*

El tipo de perfil que presenta la vía tiene una influencia directa en la dinámica del tren y por lo tanto, en su modo de conducción, así como se indica:

- Perfil de vía recto y horizontal: es el idóneo para un movimiento estable del tren. Se puede aumentar la velocidad hasta los límites permisibles y asegurar una buena reserva de energía cinética para las cuestas.
- Perfil de vía quebrado: cuando hay bajadas y subidas cortas, así como reiteradas y además se conduce el tren con el máximo de peso, es conveniente la conducción a plena carga (con tracción del motor) y no en vacío, ya que si puede aprovecharse mejor la energía cinética que se acumula en las bajadas y no se aminora la velocidad del tren.
- Pendientes de grandes longitudes: este tipo de perfil requiere de la máxima pericia del operador. En el tramo que antecede a una subida hay que ganar el máximo de impulso; una vez iniciado el ascenso la resistencia aumenta y la velocidad disminuye, por lo que la tracción de la locomotora se incrementa hasta que se equilibra con la resistencia del movimiento.
- A partir de este momento hay que prevenir los aumentos súbitos de tensión porque pueden ocasionar un deslizamiento del tren. En las bajadas en cambio, no se emplea la tracción y se controla el tren con la ayuda de los frenos.

### *Vía férrea → Equipos*

La capacidad portante de la vía, condiciona el máximo peso/eje de los vehículos que circularan por ella. Por otra parte, la máxima pendiente de vía orienta sobre la necesidad de una mayor tasa de frenado en los carros y la exigencia de contar con sistemas de frenos adicionales (como el freno directo) en locomotoras y vagones.

### *Vía férrea → Operaciones*

El disponer de una vía tipo doble o sencilla, define el tipo de encuentros o cruces que tendrán los trenes cargados y vacíos.

La ubicación de los patios de maniobras, los patios de carga y el tipo de enlace entre ambos, definen los tiempos de tránsito del tren, por tanto, la productividad del tren.

El grado de inclinación de las pendientes limita también en la máxima velocidad de descenso para las operaciones en las cuestas.

### *Vía férrea → Sistema de señalización y control*

Hay una relación muy cercana entre estos dos elementos, pues del diseño de las vías dependerá la dimensión y alcance del sistema de señalización y control, en cuanto al número y ubicación de las señales y dispositivos de protección del tren, tales como detectores de ejes calientes, detectores de aparejos caídos señales de alcantarillado y el control para las vías de escape.

### **Diseño del sistema de señalización y control**

Interacción de la señalización y control con el resto del sistema

El principal efecto es sobre la eficiencia y seguridad de la corriente de tránsito ferroviario. En tal sentido hay que destacar las siguientes interacciones:

### *Sistema de Señalización y control → Vehículos*

Según el tipo de arquitectura elegida para el sistema de señalización y control, se tendrá un mayor o menor grado de “control a bordo” en los equipos rodantes (locomotoras y vagones), facilitando la automatización de las operaciones y añadiendo seguridad al

proceso. A tales fines, la administración podrá decidir entre algunas de las siguientes opciones:

- a) Control de tráfico centralizado (CTC)
- b) Supervisión automática de trenes (ATS)
- c) Control automático del tren (ATC)

#### *Sistema de Señalización y control → Vía férrea*

Su mayor impacto es la conservación de la vía férrea, mediante los dispositivos de precaución que evitan y alertan ante el tránsito del tren sobre un tramo de vía en condiciones de alto riesgo (como la señales de alcantarilla), impiden que el tren continúe su trayecto cuando se ha producido un descarrilamiento (detectores de aparejos caídos) o existe un riesgo potencial de accidentes y daños a la vía y los equipos (detectores de ejes calientes).

#### *Sistema de Señalización y control → Operaciones*

Hay una relación directa entre las características operacionales de los elementos del sistema de señalización y control, con la fluidez y seguridad del movimiento de trenes, así como la capacidad de circulación de la vía.

La velocidad de actuación de los cambiavías (tiempo en que se alinea una determinada ruta), afecta considerablemente los tiempos de maniobras de las tripulaciones, especialmente en sitios estratégicos y de alta densidad de tráfico, como los patios. Por otra parte, la operación automatizada de los desvíos en las líneas principales, es determinante para programar y agilizar los encuentros de trenes, disminuyendo al máximo las demoras por paradas.

La tecnología “fail safe” de los dispositivos que controlan las vías de escape, añaden seguridad a las maniobras más riesgosas del proceso. Ayudando en la conservación de un patrimonio vital para las empresas (en personas, vías y equipos). Finalmente, la posibilidad de una integración y comunicación total, en “tiempo real”, entre los centros de despacho, las tripulaciones de los trenes y la situación en el campo, permite a los diferentes actores involucrados con el proceso, una continua toma de

decisiones en forma certera, dinámica y con “conocimiento global” o visión sistémica del entorno de las operaciones, determinando al final la eficiencia y armonía en la explotación ferroviaria.

### **Diseño de maniobras**

Los procedimientos operativos para cada sistema, deben formularse teniendo como ejes la reducción de los tiempos de ciclo, las mejores prácticas para la conformación de trenes, la consolidación de vagones cargados y vacíos, la logística de carga y descarga, el acceso al tráfico en la línea principal y las maniobras de entrada y salida de los patios. Durante toda esta fase, es crucial consideración y adaptación del reglamento ferroviario internacional para garantizar la seguridad del personal involucrado en las tareas.

No debe descuidarse tampoco durante esta etapa, el análisis de la estrecha relación que existe entre los costos y el nivel de servicio que desea brindar con el ferrocarril. Sussman (2000), por ejemplo, establece que aun cuando existen límites de tipo “operativo” para la longitud de los trenes (longitud de los desvíos, muelles y líneas de patio, aspectos de seguridad y de control de tráfico, etc.) siempre será menor el costo por carro en un tren largo que en uno corto. Esto explica por qué muchos ferrocarriles sacrifican la frecuencia del servicio (nivel de servicio) en aras de disminuir los costos de operación.

Otra de las relaciones propias de este sistema de transporte se observa en la figura de la cual puede inferirse que:

- Trenes más cortos, más frecuentes y directos, generan un mayor nivel de servicio, por lo tanto, un mayor costo por tren.
- Trenes más cortos, más frecuentes y directos, generan un menor tiempo de ciclo, por lo tanto, se requiere menor cantidad de vagones y el costo por carro disminuye.

Combinando las dos situaciones anteriores puede obtenerse una curva que brinde el nivel de servicio óptimo (para el cual hay el menor costo total de operación), el cual no necesariamente coincide con el mejor nivel de servicio para el proceso o el más atractivo para los clientes. Puede observarse también, que a medida que los costos fijos del tren del tren bajan, el punto óptimo del nivel de servicio se desplazará hacia la derecha, puesto que será más barato prestar un mejor servicio al cliente. Finalmente, vale destacar que algunas investigaciones en el campo de la logística ferroviaria indican que el nivel de servicio no se afecta tanto por la distancia de acarreo, como por el número de veces que se realizan maniobras con la carga.

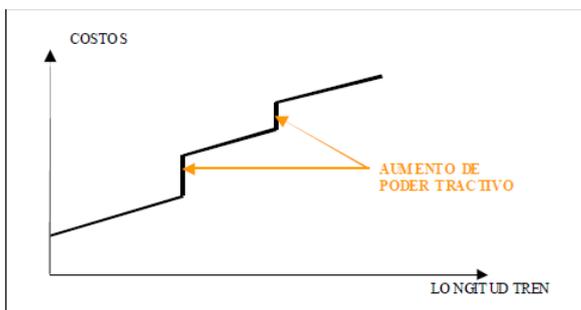


Figura 5. Costo operativo del tren en función de su longitud

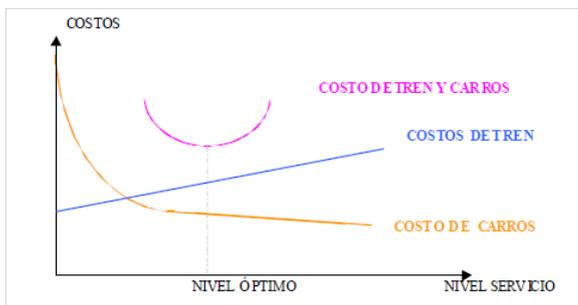


Figura 6. Costos vs Nivel de servicio

### Interacción de las maniobras con el sistema

El principal efecto de las maniobras, se aprecia en los tiempos de operación y la fluidez del tránsito en la red. A este respecto conviene considerar los siguientes aspectos:

A mayor cantidad de acoplamientos y desacoplamientos en el tren (maniobras de separación de locomotoras) no solo se incurre en más tiempo, sino que aumenta el riesgo de fallas y/o fugas en el sistema de freno, lo cual puede traducirse en demoras adicionales.

La norma o filosofía debe ser ejecutar la tarea con el menor número de movimientos posibles, pero también de la forma más segura, a tal fin, deben evitarse cortes de tren innecesarios, transportar vagones recorriendo el mismo trayecto en dos sentidos

diferentes, pero sin realizar tarea alguna con ellos (pasear carros), empujar o halar cortes de vagones o trenes cuando las condiciones de visibilidad o comunicación de la tripulación estén mermadas, etc.

Deben planificarse los desplazamientos de los trenes por las vías menos demandadas o con menor potencial momentáneo de ocupación, a fin de disminuir los riesgos de congestión.

### **Diseño de itinerarios**

Para la elaboración de los itinerarios pueden tomarse como marco de referencia las siguientes premisas generales:

- ✓ Utilizar estrategias de avance local con prioridad en los encuentros para los trenes cargados.
- ✓ Considerar modelos de avance basados en velocidades promedio por tramo.
- ✓ Seleccionar frecuencia de marcha que favorezcan la dinámica del tren.
- ✓ Centrar la atención en el ciclo de rotación de los vagones vacíos.

Interacción del itinerario con el sistema

*Itinerarios → Vehículos.*

Una adecuada rotación de los trenes, que se adapte a sus necesidades particulares de mantenimiento y revisión entre viaje, contribuye a una mayor confiabilidad de los equipos y a una mayor regularidad de su marcha en la vía.

*Itinerarios → Vía férreas.*

Esta es una de las relaciones más importantes, dinámicas y conflictivas en todos los ferrocarriles. A diferencia de los equipos rodante, por estar la vía férrea en permanente uso, su conservación diaria debe programarse bajo condiciones de tráfico.

Las ventanas de mantenimiento que establece el itinerario, es decir, el intervalo que transcurre entre el paso de dos trenes por un mismo punto de la vía, impactan toda la logística relacionada con el personal de mantenimiento de la infraestructura (traslados de las cuadrillas a los sitios de la vía, ubicación de los materiales de reparación y de los equipos de conservación, turnos de trabajo, etc.) y sus respectivos costos. Adicionalmente, la presencia en ocasiones inevitables de trenes extras (no programados en el itinerario), complica aún más este escenario.

*Itinerarios → Señales.*

Aunque el sistema de señalización y control, por estar incluido en la infraestructura, se mantiene de igual forma “bajo tráfico”, sus requerimientos son menores y más esporádicos que los de la vía.

Lo importante en ambos casos (señales y vía) es que el itinerario sea realmente “regular” y “estable” en sus ventanas de mantenimiento, a fin de no perturbar y afectar las labores de conservación, ya que esto puede repercutir en la ocurrencia de fallas y una degradación general de las condiciones de circulación en el sistema ferroviario.

*Itinerarios → Operaciones.*

El impacto del itinerario es tan relevante en las operaciones ferroviarias como en las de sus clientes y proveedores, ya que los tres procesos (proveedor-ferrocarril-cliente) deben estar entregados perfectamente para que se realice de forma efectiva el ciclo productivo. Luego es preciso “negociar” con los extremos de la cadena de transporte, el itinerario de los trenes, el cual debe satisfacer los requerimientos del ferrocarril y también ser acorde con los programas de producción y recibo de sus proveedores y clientes.

Por otra parte, los turnos de inicio y final de los trenes afectan también todos los costos asociados con la mano de obra (salarios, horas extras, primas por turnos especiales, etc.).

## **Anexo 3: Ciclo De La Calidad (Ocho pasos en la solución de un problema)**

Para mejorar la calidad y, en general para resolver problemas recurrentes y crónicos, es imprescindible seguir una metodología bien estructurada, para así llegar a las causas de fondo de los problemas realmente importantes, y no quedarse en atacar efectos y síntomas. En este sentido la mayoría de las metodologías de solución de problemas están inspiradas en el ciclo de la calidad o ciclo PHVA (planear, hacer, verificar y actuar), en el que se desarrolla de manera objetiva y profunda un plan (planificar); éste se prueba en pequeña escala o sobre una base de ensayo tal como ha sido planeado (hacer); se analiza si se obtuvieron los efectos esperados y la magnitud de los mismos (verificar), y de acuerdo con lo anterior se actúa en consecuencia (actuar), ya sea con la generalización del plan si dio resultado, con medidas preventivas para que la mejora no sea reversible, o bien, se reestructura el plan si los resultados no fueron satisfactorios, con lo que se vuelve a iniciar el ciclo.

Una forma de llevar a la práctica el ciclo PHVA, es dividir a este en ocho pasos o actividades para su solución, como se muestra en la tabla 1.1 que se describe a continuación.

1. **Seleccionar y caracterizar el problema.** Es este primer paso se selecciona un problema importante, se delimita y define en términos de su magnitud e importancia. Para establecer la magnitud es necesario recurrir a datos estadísticos para que sea clara la frecuencia en la que ocurre el problema. Además, es necesario conocer cómo afecta al cliente (interno o externo) y el costo anual estimado de dicho problema. Con base en lo anterior se establece el objetivo del proyecto de mejora y se forma el equipo de personas que abordaran dicho problema.
2. **Buscar todas las posibles causas.** En esta etapa se trata de buscar todas las posibles causas del problema, sin discutir las. Para ello se recomienda aplicar

una sesión de “lluvia de ideas”, con especial atención en los hechos generales y no en los particulares (por ejemplo, si el problema es lotes rechazados por mala calidad, no preguntar por qué se rechazó un lote en particular; mejor preguntar por qué se rechazan los lotes.

3. **Investigar las causas más importantes.** El objetivo de este tercer paso es elegir de la lista de posibles causas detectadas en el punto anterior, las más importantes. Siempre que sea posible, para esta elección se debe recurrir a análisis estadístico (análisis de Pareto, estratificación, etc.). de lo contrario la elección de las causas más importantes se puede hacer por consenso o por votación. Al final de esta actividad se deberán tener las causas sobre las que se actuará para resolver el problema.
4. **Considerar las medidas remedio.** En este paso se deciden las medidas remedio para cada una de las causas sobre las que se ha decidido actuar. Se recomienda buscar que estas medidas lleguen al fondo de la causa, que modifiquen la estructura de la problemática; es decir no adoptar medidas superficiales que dejen intacta las causas. Para acordar las soluciones para cada causa, se parte de los análisis hechos en el paso previo y/o de una sesión de lluvia de ideas. Para cada causa se debe completar la siguiente información sobre las soluciones: objetivo, donde se aplicará, quién, cómo (plan detallado), cuánto costará, cuándo se implantará, cómo se va a verificar si fue efectiva y efectos secundarios esperados.
5. **Implementar las medidas remedio.** En este paso se deben ejecutar las medidas remedio, acordadas antes, iniciando a pequeña escala sobre una base de ensayo. Además, se recomienda seguir al pie de la letra el plan elaborado en el paso anterior e involucrar a los afectados, explicándoles los objetivos que se persiguen. Si hay necesidad de hacer algún cambio al plan previsto, esto debe ser acordado por el equipo responsable del proyecto.
6. **Revisar los resultados obtenidos.** Aquí es necesario verificar con datos estadísticos si las medidas remedio dieron resultado. Una forma práctica es

comparar estadísticamente la magnitud del problema antes con su magnitud después de las medidas. En caso de no encontrar resultados positivos, éstos deben cuantificarse en términos monetarios (si esto es posible).

7. **Prevenir recurrencias del mismo problema.** Si las soluciones no dieron resultados se debe repasar todo lo hecho, aprender de ello, reflexionar, obtener conclusiones y con base en esto empezar de nuevo. En cambio si las soluciones dieron resultado, entonces se debe generalizar y estandarizar la aplicación de las medidas remedio; y acordar acciones para prevenir la recurrencia del problema. Por ejemplo, estandarizar la nueva forma de operar el proceso, documentar el procedimiento y establecer el sistema de control o monitoreo del proceso.
8. **Conclusiones.** En este último paso se revisa y documenta todo lo hecho, cuantificando los logros del proyecto (medibles y no medibles). Además, se señalan las causas y/o problemas que persisten y señalar algunas indicaciones de lo que se puede hacer para resolverlos. Finalmente, elaborar una lista de los beneficios e intangibles que se logró con el plan de mejora.

Estos ocho pasos, aplicados a problemas recurrentes o proyectos de mejora, tal vez en un principio parezcan un trabajo extra y lleno de rodeos, pero a mediano plazo liberan de muchas de las actividades que hoy se realizan y que no tienen ningún impacto en la calidad. En otras palabras, el seguir los ocho pasos sustituirá cantidad de acciones instantáneas por calidad de soluciones de fondo. Seguir los ocho pasos debe ser un hábito que se debe promover en todos los niveles de la empresa y en todos sus niveles directivos.

### 3.1.3 Just in Time<sup>1</sup>

La filosofía JIT se traduce en un sistema que tiende a producir justo lo que se requiere, cuando se necesita, con excelente calidad y sin desperdiciar recursos del sistema.

---

<sup>1</sup> Calidad y medio ambiente, CGE Confederación Granadina de Empresarios, Sistemas Just in Time, <http://www.cge.es/portalcge/tecnologia/innovacion/4115sistemajust.aspx>

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

### **OBJETIVOS DEL JIT**

El objetivo de partida de los sistemas JIT, se traduce en la eliminación del despilfarro; es decir, en la búsqueda de problemas y en el análisis de soluciones para la supresión de actividades innecesarias y sus consecuencias, como son:

- Operaciones innecesarias (que se tratan de eliminar mediante nuevos diseños de productos o procesos).
- Desplazamientos (de personal y de material)
- Inventarios, averías, tiempos de espera, etcétera

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

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

## METODOLOGIA

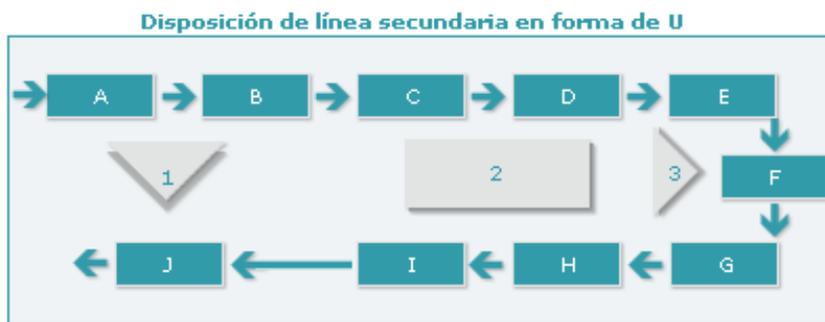
### Líneas de modelos mezclados

Según esta configuración, la fabricación de distintos artículos se realiza en una sola línea, en vez de utilizar varias líneas especializadas. De esta forma, cualquier puesto de trabajo de una línea debe estar preparado para trabajar, consecutivamente, con unidades de diferentes artículos.

### Líneas de fabricación en forma de U: fabricación celular

En su intento de simplificar la fábrica, el enfoque JIT propone organizarla de modo que se simplifiquen los flujos de material.

Para poder aumentar la flexibilidad mediante distintas asignaciones de trabajadores, la disposición que se ha mostrado más adecuada es distribuir los equipos de las líneas secundarias en forma de U, donde el comienzo y el final de la línea están juntos.



### Nivelado de la producción

El método que se utiliza en los sistemas JIT para adaptar la producción a la demanda se denomina nivelado de la producción, y su objetivo es reducir las fluctuaciones de las cantidades a fabricar de cada familia o producto.

El nivelado de la producción consiste en determinar el volumen diario de producción, de forma que se mantenga aproximadamente constante.

### Sistemas de información PULL

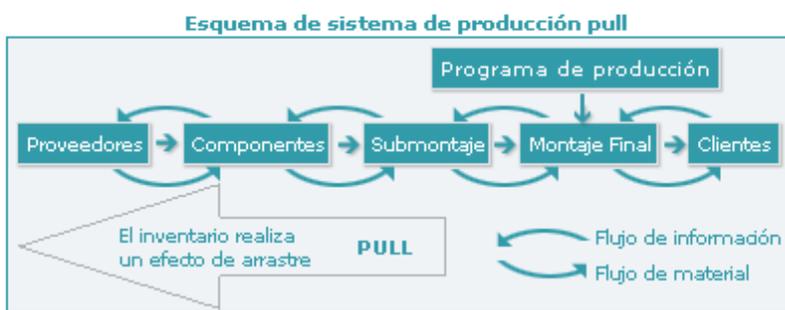
Los sistemas tradicionales de producción se caracterizan por la utilización de sistemas de producción tipo push (o de empuje). Esta forma de producción genera, a partir de pedidos en firme y previsiones, las órdenes de aprovisionamiento y producción, que se controlan mediante un sistema de información centralizado.

Así, la finalización de dichas órdenes desencadena el lanzamiento de los correspondientes procesos posteriores.



Como contraposición a estos sistemas de información, en los sistemas JIT se utilizan sistemas de información pull (o de arrastre). En un sistema pull el consumo de material necesario para un proceso desencadena la reposición por el proceso precedente, con lo que únicamente se reemplaza el material consumido por el proceso posterior.

En los sistemas de producción JIT este sistema de señales más difundido es el de las tarjetas Kanban.



## Sistemas de aprovisionamiento JIT

Las características de los sistemas productivos JIT obligan a los suministradores de materias primas y componentes a programas con entregas muy exigentes. Para que se puedan cumplir estos programas, a veces con varias entregas diarias, es necesario que los suministradores de material sean considerados como parte del sistema de producción, y que se establezca un trato de cooperación que permita entregas de calidad y sin retrasos. Debido a ello, la calidad concertada entre el fabricante y los proveedores es una práctica muy difundida en los sistemas de producción JIT.

## **7 PILARES DEL JUSTO A TIEMPO**

### **1. Igualar la oferta y la demanda**

No importa de qué color o sabor lo pida el cliente, aprenderemos a producirlo como se requiera, con un tiempo de entrega cercano a cero.

### **2. El peor enemigo: el desperdicio**

Eliminar los desperdicios desde la causa raíz realizando un análisis de la célula de trabajo.

### **3. El proceso debe ser continuo no por lotes**

Esto significa que se debe producir solo las unidades necesarias en las cantidades necesarias, en el tiempo necesario. Para lograrlo se tiene dos tácticas:

a) Tener los tiempos de entrega muy cortos: Es decir, que la velocidad de producción sea igual a la velocidad de consumo y que se tenga flexibilidad en la línea de producción para cambiar de un modelo a otro rápidamente.

b) Eliminar los inventarios innecesarios: Para eliminar los inventarios se requiere reducirlos poco a poco.

### **4. Mejora Continua**

La búsqueda de la mejora debe ser constante, tenaz y perseverante paso a paso para así lograr las metas propuestas.

### **5. Es primero el ser humano**

La gente es el activo más importante. Justo a Tiempo considera que el hombre es la persona que está con los equipos, por lo que son claves sus decisiones y logran llevar a cabo los objetivos de la empresa.

## 6. La sobreproducción = ineficiencia

Eliminar el “por si acaso” utilizando otros principios como son la Calidad Total, involucramiento de la gente, organización del lugar de trabajo, Mantenimiento Productivo Total (TPM), Cambio rápido de modelo (SMED), simplificar comunicaciones.

## 7. No vender el futuro



### 3.1.4 INDICES DE CAPACIDAD DE PROCESOS <sup>2</sup>

<sup>2</sup> Humberto Gutiérrez Pulido & Román de la Vara Salazar. (2009), Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma – Capítulo 5, Índices de capacidad, métricas Seis Sigma y análisis de tolerancias, pág. 98 al 107. México, Mc Graw Hill, 2da Edición.

Los procesos tienen variables de salida o de respuesta las cuales deben cumplir con ciertas especificaciones a fin de considerar que el proceso está funcionando de manera satisfactoria. Evaluar la habilidad o capacidad de un proceso consiste en conocer la amplitud de la variación natural de éste para una característica de calidad dada, lo cual permite saber en qué medida tal característica de calidad es satisfactoria (cumple especificaciones).

### Índice Cp

El índice de capacidad potencial del proceso,  $C_p$ , se define de la siguiente manera:

$$C_p = \frac{(ES - EI)}{6\sigma}$$

Donde  $\sigma$  representa la desviación estándar del proceso, mientras que ES y EI son las especificaciones superior e inferior para la característica de calidad. El índice  $C_p$  compara el ancho de las especificaciones o la variación tolerada para el proceso con la amplitud de la variación real de éste:

$$C_p = \frac{\text{Variación tolerada}}{\text{Variación real}}$$

Decimos que  $6\sigma$  (seis veces la desviación estándar) es la variación real, debido a las propiedades de la distribución normal, en donde se afirma que entre  $\mu \pm 3\sigma$  se encuentra 99.73% de los valores de una variable con distribución normal. Incluso si no hay normalidad.

Hay una definición del índice de  $C_p$  que es independiente de la distribución de la característica de calidad: el reporte técnico de ISO 12783 define al  $C_p$  de la siguiente manera:

$$C_p = \frac{ES - EI}{P_{0.99865} - P_{0.00135}}$$

---

Donde  $P_{0.99865}$  es el percentil 99.865 de la distribución de la característica de calidad y  $P_{0.00135}$  es el percentil 0.135. De esta manera, cualquiera que sea la distribución entre estos percentiles, se ubicará el 99.73% de los valores de la característica de calidad.

### Interpretación del índice Cp

Para que el proceso sea considerado potencialmente capaz de cumplir con especificaciones, se requiere que la variación real (natural) siempre sea menor que la variación tolerada. De aquí que lo deseable es que el índice Cp sea mayor que 1; y si el valor del índice Cp es menor que uno, es una evidencia de que el proceso no cumple con las especificaciones. Para una mayor precisión en la interpretación en la tabla 1 se presentan cinco categorías de procesos que dependen del valor de Cp, suponiendo que el proceso está centrado. Ahí se ve que el Cp debe ser mayor a 1.33 si se quiere tener un proceso bueno, pero debe ser mayor o igual que dos si se quiere tener un proceso de clase mundial (calidad Seis Sigma).

Un aspecto que es necesario destacar es que la interpretación que se da en la **tabla 1** está fundamentada en cuatro supuestos: que la característica de calidad se distribuye de manera normal, que el proceso está centrado y estable (está en control estadístico), y que se le conoce la desviación estándar del proceso. Es decir, la desviación estándar no es una estimación basada en una muestra. La violación de alguno de estos supuestos, sobre todo de los últimos dos, afecta de manera sensible la interpretación de los índices.

**TABLA 3.1**

<b>VALOR DEL INDICE Cp</b>	<b>CLASE O CATEGORIA DEL PROCESO</b>	<b>DECISION (SI EL PROCESO ESTA CENTRADO)</b>
$Cp > 2$	Clase mundial	Se tiene calidad Seis Sigma.
$Cp > 1.33$	1	Adecuado.
$1 < Cp < 1.33$	2	Parcialmente adecuado, requiere de un control estricto.

$0.67 < C_p < 1$	3	No adecuado para el trabajo. Es necesario un análisis del proceso. Requiere de modificaciones serias para alcanzar una calidad satisfactoria.
$C_p < 0.67$	4	No adecuado para el trabajo. Requiere de modificaciones muy serias.

Si al analizar el proceso se encuentra que su capacidad para cumplir especificaciones es mala, entonces algunas alternativas de actuación son: mejorar el proceso (centrar y reducir variación), su control y el sistema de medición, modificar tolerancias o inspeccionar al 100% los productos. Por el contrario, si hay una capacidad excesiva, ésta se puede aprovechar, por ejemplo: con la venta de la precisión o del método, reasignando productos a maquinas menos precisas, así como al acelerar el proceso y reducir la cantidad de inspección.

### **Indices C<sub>pi</sub>, C<sub>ps</sub> y C<sub>pk</sub>**

Como ya se mencionó, la desventaja de los índices C<sub>p</sub> es que no toma en cuenta el centrado del proceso, debido a que en la fórmula para calcularlo no se incluye de ninguna manera la media del proceso,  $\mu$ . Una forma de corregir esto consiste en evaluar por separado el cumplimiento de la especificación inferior y superior, a través del índice de capacidad para la especificación inferior, C<sub>pi</sub>, y el índice de capacidad para la especificación superior, C<sub>ps</sub>, respectivamente, los cuales se calculan de la siguiente manera:

$$C_{pi} = \frac{\mu - EI}{3\sigma} \quad Y \quad C_{ps} = \frac{ES - \mu}{3\sigma}$$

Estos índices si toman en cuenta  $\mu$ , al calcular la distancia de la media del proceso a una de las especificaciones. Esta distancia representa la variación tolerada para el proceso en un solo lado de la media. Por esto solo se divide en  $3\sigma$  porque solo está tomando en cuenta la mitad de la variación natural del proceso. Para considerar que el proceso es adecuado, el valor de C<sub>pi</sub> o C<sub>ps</sub> debe ser mayor que 1.25 en lugar de 1.33.

El índice Cpk, que se conoce como índice de capacidad real del proceso, es considerado una versión corregida del Cp que si toma en cuenta el centrado del proceso. Existen varias equivalencias para calcularlo, una de las más comunes es la siguiente:

$$C_{pk} = \text{Mínimo}\left[\frac{\mu - EI}{3\sigma}, \frac{ES - \mu}{3\sigma}\right]$$

Como se aprecia, el índice cpk es igual al valor más pequeño de entre Cpi y Cps, es decir, es igual al índice unilateral más pequeño, por lo que si el valor del índice Cpk es satisfactorio (mayor que 1.25), esto indica que el proceso en realidad es capaz. Si  $C_{pk} < 1$ , entonces el proceso no cumple con por lo menos una de las especificaciones. Algunos elementos adicionales para la interpretación del índice Cpk son los siguientes:

- El índice Cpk siempre va a ser menor o igual que el índice Cp. Cuando son muy próximos, eso indica que la media del proceso está muy cerca del punto medio de las especificaciones, por lo que la capacidad potencial y real son similares.
- Si el valor del índice Cpk es mucho más pequeño que el Cp, significa que la media del proceso está alejada del centro de las especificaciones. De esa manera, el índice Cpk estará indicando la capacidad real del proceso, y si se corrige el problema de descentrado se alcanzará la capacidad potencial indicada por el índice Cp.
- Cuando el valor del índice Cpk sea mayor a 1.25 en un proceso ya existente, se considerará que se tiene un proceso con capacidad satisfactoria. Mientras que para procesos nuevos se pide que  $C_{pk} > 1.45$ .
- Es posible tener valores del índice Cpk iguales a cero o negativos, e indicaran que la media del proceso está fuera de las especificaciones.

### **Índice Cpm (Índice de Taguchi)**

Los índices Cp y Cpk están pensados a partir de lo importante que es reducir la variabilidad en un proceso para cumplir con las especificaciones. Sin embargo, desde el punto de vista de G. Taguchi, cumplir con especificaciones no es sinónimo de buena calidad y la reducción de la variabilidad debe darse en torno al valor nominal (calidad

óptima). Es decir, la mejora de un proceso según Taguchi debe estar orientada a reducir su variabilidad alrededor del valor nominal,  $N$ , y no solo para cumplir con especificaciones. En consecuencia, Taguchi (1986) propone que la capacidad de un proceso se mida con el índice  $C_{pm}$  que está definido por:

$$C_{pm} = \frac{ES - EI}{6\tau}$$

Donde  $\tau$  (tau) está dada por:

$$\tau = \sqrt{\sigma^2 + (\mu - N)^2}$$

Y  $N$  es el valor nominal de la característica de calidad;  $EI$  y  $ES$  son las especificaciones inferior y superior. El valor de  $N$  por lo general es igual al punto medio de las especificaciones, es decir,  $N=0.5(ES-EI)$ . Nótese que el índice  $C_{pm}$  compara el ancho de las especificaciones con  $6\tau$ , pero  $\tau$  no sólo toma en cuenta la variabilidad del proceso, a través de  $\sigma^2$ , sino que también toma en cuenta su centrado a través de  $(\mu - N)^2$ . De esta forma, si el proceso está centrado, es decir si  $\mu=N$ , entonces  $C_p$ ,  $C_{pk}$  y  $C_{pm}$  son iguales.

Cuando el índice  $C_{pm}$  es menor que uno ( $C_{pm}<1$ ) significa que el proceso no cumple con especificaciones, ya sea por problemas de centrado o por exceso de variabilidad.

Por el contrario, cuando  $C_{pm}$  es mayor que uno, eso quiere decir que el proceso cumple con especificaciones, y en particular que la media del proceso está dentro de la tercera parte central de la banda de especificaciones. Si  $C_{pm}$  es mayor que 1.33 ( $C_{pm}>1.33$ ), entonces el proceso cumple con las especificaciones, pero además la media del proceso está dentro de la quinta parte central del rango de especificaciones.

Para finalizar es necesario recordar que según las interpretaciones de los índices antes vistos, para que estos sean aplicables como pronósticos del desempeño del proceso en el futuro inmediato, es importante que los procesos sean estables. Además, se requiere que la característica de calidad se distribuya en forma normal o por lo menos de una manera no tan diferente a ésta. Algo relevante es que los cálculos de los índices estén basados en

los parámetros poblacionales del proceso  $\mu$  y  $\sigma$ . Si los cálculos están basados en una muestra pequeña, la interpretación cambia.

### 3.1.5 Teoría De Restricciones<sup>3</sup>

La teoría de las restricciones es una filosofía administrativa cuyo objetivo es hacer dinero, tanto en el presente como en el futuro. TOC ofrece a las compañías manufactureras una mejora significativa en productividad de planta y entrega a tiempo. Sin embargo, la obtención de tales ganancias requiere de entrenamiento de personal y cambio de políticas, tanto a nivel de la administración como en la planta.

En 1979 el físico israelí Eliyahu Goldratt lanzó un sistema computarizado de programación de producción (OPT –Optimized Production Technology) presentándolo como una alternativa para ganar la guerra comercial a los productos japoneses.

El enfoque, basado en un flujo de producción equilibrado y en la programación de la producción con base en los recursos cuellos de botella, pronto se aplicó en numerosas empresas occidentales las cuales alcanzaron resultados muy satisfactorios.

Posteriormente Goldratt amplió un estudio para desarrollar una teoría que permitiera mejorar la gestión de todo tipo de organizaciones, industriales o de servicios. Para ello siguió el mismo esquema básico de análisis que ya empleaba OPT, el cual era descubrir las limitaciones del sistema y hacer girar todo el proceso de gestión con base en ellas. A esta teoría le dio el nombre de teoría de las limitaciones o teoría de las restricciones.

#### **“LA META”**

E. Goldratt hace hincapié en que la única meta de una organización con ánimo de lucro es ganar dinero, ahora y en el futuro, considerando los demás objetivos como simples medios para conseguir la meta final.

---

<sup>3</sup> Teoría de las Restricciones y Eliyahu M. Goldratt, libro la meta. <http://www.elprisma.com>

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

El beneficio neto o utilidad neta es la medida absoluta del dinero ganado por la compañía durante un período determinado de tiempo. La rentabilidad o retorno sobre la inversión (ROI - Return on investment) es una medida relativa que complementa a la anterior en el sentido de medir la “productividad” del dinero invertido.

La liquidez, entendida en el sentido tradicional y que puede convertirse en una determinante del fracaso o éxito de la empresa. Es una medida de supervivencia, pues ninguna empresa puede subsistir si no honra sus compromisos.

Es evidente que cualquier aumento de la utilidad neta acompañado de un incremento paralelo en la tasa de rentabilidad y de la liquidez acerca a la consecución de la meta, sin embargo, no siempre se observa una buena marcha de los tres parámetros simultáneamente.

Estos indicadores son demasiado generales para ayudar a la toma de decisiones en los niveles operativos de la empresa. El enlace tradicional entre estos parámetros y las decisiones operativas es el concepto clásico de coste, el cual es atacado por Goldratt, y en su lugar propone otros tres parámetros, denominados de explotación, los cuales permiten establecer una serie de procedimientos operativos para dirigir las plantas productivas, pues permiten evaluar fácilmente el impacto de una decisión local sobre la meta de la empresa. Estos parámetros de explotación son:

El ingreso neto (Throughput) es el dinero generado a través de las ventas, es decir, todo el dinero que entra en el sistema.

El inventario es todo el dinero que el sistema invierte en adquirir bienes que luego pretende vender, es decir, todo el conjunto de dinero que por algún motivo es retenido en el sistema.

Los gastos de operación son todo el dinero que gasta el sistema para convertir el inventario en ingresos netos, es decir, todo el dinero que sale del sistema.

Para discernir si una acción local contribuirá o no al acercamiento a la meta general de la empresa, que evaluar su impacto sobre los tres parámetros anteriores. Por ejemplo, un efecto positivo sobre uno sólo de ellos y negativo sobre los otros dos podría ocasionar efectos indeseables para la compañía.

En cuanto al orden de importancia de los parámetros de explotación, Goldratt está claramente en contra de lo estipulado convencionalmente. Para él, cualquier organización que desee realizar un proceso de mejora continua debe situar como primer elemento de referencia a los ingresos netos, ya que su incremento no está limitado por nada, al contrario de lo que sucede con las posibles disminuciones de los gastos operativos o los inventarios (limitados por cero). El inventario se sitúa en el segundo lugar en esta nueva escala de valores, y los gastos operativos en el último lugar.



## **Anexo 4: La Teoría de las Limitaciones**

El punto de partida de la TOC es la identificación de las características fundamentales de las organizaciones.

Su estructura jerárquica piramidal: en este tipo de estructura, los problemas surgen cuando cualquier mando intermedio intenta buscar el óptimo local para su propia parcela de poder, el cual no coincide necesariamente con el óptimo global de la organización. Para asegurar la consecución de la meta de la compañía es necesario coordinar los esfuerzos de todas las áreas de la compañía y buscar la integración. La configuración organizacional es como una sucesión de acciones en cadena. El rendimiento de cualquier cadena siempre está determinado por su eslabón más débil. Estos eslabones son denominados en TOC limitaciones del sistema y se definen como aquellas partes débiles de la organización.

El objetivo principal debe ser que ninguna decisión de un área local pueda repercutir negativamente en una limitación global del sistema. Según TOC, cualquier empresa que desee lograr un proceso de mejora continua en la búsqueda de su meta, debería seguir los siguientes cinco pasos:

### **1-Identificar las restricciones del sistema**

Deben localizarse aquellas limitaciones del sistema, es decir, aquellos recursos que por su escasa disponibilidad limitan el rendimiento global del sistema, para “explotarlos” a su máxima capacidad. Su eliminación inmediata puede ser difícil y puede conducir a inversiones innecesarias.

### **2-Decidir cómo explotar las limitaciones**

Cuando las limitaciones se encuentran en determinados centros de trabajo (CT), explotarlas significa obtener el máximo rendimiento de la maquinaria de estos CT.

### **3-Subordinar todo a las decisiones adoptadas en el paso anterior:**

Todas las actividades de la compañía deben dirigirse a explotar al máximo las limitaciones. Por ejemplo al programar la producción debe considerarse que un centro de trabajo que es una limitación puede ser paralizado si otros centros de trabajo no le proporcionan los componentes que necesita.

#### **4-Elevar la limitación**

Esto significa aumentar la capacidad de las limitaciones. Sin embargo, puede suceder que una vez que se ha analizado el trabajo de la limitación y se explota al máximo su capacidad (pasos 1 a 3), la limitación desaparece. Por ello es recomendable no precipitarse y realizar este paso al final.

**5-Si en los pasos anteriores se ha roto una limitación, hay que regresar al primer paso, pero no hay que permitir que la inercia provoque una limitación al sistema.**

Una vez realizados los cuatro pasos anteriores es posible que la limitación haya desaparecido, debido a la mejora de la utilización de su capacidad o al incremento de su capacidad. Sin embargo, este no es el final del proceso de mejora continua perseguido, puesto que aparecerá una nueva limitación en alguna otra parte de la organización. En este punto hay que considerar que existen en las compañías muchas reglas, formales e informales, que de no ser revisadas, aparecen como nuevas limitaciones con nuevas normas para su explotación (limitaciones políticas).

#### **TOC APLICADA AL MPC: CONCEPTOS BÁSICOS DE OPT**

Sus principios básicos pueden resumirse en las siguientes nueve reglas las cuales guardan coherencia con los cinco pasos del TOC:

**Regla 1:** No se debe equilibrar la capacidad productiva con la demanda del mercado, sino el flujo de producción Según Goldratt, el intento de equilibrar la capacidad de la empresa con la demanda del mercado conduce a un descenso de las ventas y un aumento de los inventarios.

Esto sucede porque en toda planta productiva se producen: sucesos dependientes: determinados por la propia secuencia de operaciones que obligatoriamente tiene que seguir el producto en su elaboración, en un orden predeterminado y rígido fluctuaciones

estadísticas: aparecen en determinados hechos sobre los que no se puede determinar su cifra exacta, sino sólo su valor medio.

Puede demostrarse matemáticamente que las fluctuaciones estadísticas sólo se ajustan a la media cuando los sucesos son independientes, pero no cuando, como sucede en todo proceso de producción, los sucesos son dependientes entre sí, lo que ocasiona que las desviaciones se acumulen, provocando retrasos que posteriormente será difícil o costoso salvar y acumulaciones de inventario en proceso.

Goldratt propone una solución basada en el conocido concepto del cuello de botella (CB). En la empresa puede darse la existencia de recursos CB (no necesariamente permanentes, pero al menos móviles y coyunturales) los cuales determinarán la capacidad global y deben aprovecharse para marcar el ritmo de programación de la producción y controlar el flujo de materiales, intentando a la vez que su capacidad sea lo más parecida posible a la demanda del mercado.

No hay que preocuparse de equilibrar la capacidad de la planta, sino de intentar equilibrar el ritmo de producción de los recursos no cuello de botella (NCB) al ritmo que marca la limitación del CB y elevar la capacidad de éste hasta que logre un equilibrio con la demanda del mercado. Esto permitirá proteger los ingresos netos y a la vez disminuir de forma importante el nivel de inventario en planta.

### **Regla 2:**

La utilización de un recurso que no es un cuello de botella no está determinada por su propia capacidad, sino por alguna otra limitación del sistema. Siendo que en ningún caso son los recursos no cuellos de botella los que determinan la facturación del sistema, cuando estos trabajan por encima de la capacidad de los recursos CB lo único que se consigue es aumentar el inventario y no los ingresos netos.

### **Regla 3:**

La utilización y la activación de un recurso no son lo mismo. “Utilizar” un recurso significa hacer uso de él para que el sistema se dirija hacia la meta. “Activar” un recurso es como apretar el botón de encendido de una máquina para que funcione, se obtenga o no beneficio de su trabajo.

**Regla 4:**

Una hora perdida en un cuello de botella es una hora que pierde todo el sistema. Los recursos cuellos de botella también pueden definirse como aquellos cuyas limitaciones locales de capacidad se convierten en limitaciones para todo el programa de producción. Por lo tanto, cualquier tiempo que se pierda en él o cualquier disminución de su capacidad disminuirá en la misma medida, la capacidad global del sistema.

**Regla 5:**

Una hora ganada en un recurso no cuello de botella es un espejismo. Al equilibrar la capacidad de los recursos no cuellos de botella con los CB, a los primeros les sobrará tiempo. Este tiempo debe permanecer ocioso si no se le da otra utilidad productiva, pues cualquier aumento en su producción conducirá a una acumulación de inventario innecesario.

El enfoque OPT recomienda no invertir dinero, ni energías, ni aumentar la capacidad en los recursos NCB puesto que no aumentará la facturación de la empresa.

**Regla 6:**

Los cuellos de botella rigen tanto el inventario como la facturación del sistema. No tiene sentido planear en la programación de producción exigencias superiores a la capacidad de los CB. La OPT critica algunas simplificaciones del sistema MRP el cual realiza la explosión de necesidades suponiendo, en principio, capacidad infinita aunque posteriormente haga consideración expresa de las limitaciones de la misma, modificando, si fuese necesario, el Programa Maestro.

Otras simplificaciones del MRP, concretamente, el suponer lotes y tiempos de suministro constantes y predeterminados, pueden dar lugar a programas de producción no realistas que deben ser modificados a posteriori. El enfoque OPT considera que si las limitaciones de capacidad y la variabilidad del tamaño de lote y tiempos de suministro se incluyesen desde el principio, no serían necesarias correcciones posteriores y se facilitaría la producción.

**Regla 7:**

El lote de transferencia puede no ser, y de hecho muchas veces no debe ser, igual al lote en proceso. En el proceso de manufactura OPT distingue dos tipos de lotes:

El lote de proceso es el realizado por un determinado centro de trabajo entre dos preparaciones sucesivas

El lote de transferencia es el que se emplea para transportar ítems entre dos centros de trabajo

Tradicionalmente los lotes de proceso tienen un tamaño grande para evitar las grandes ineficiencias de los largos tiempos de preparación de la maquinaria (para conseguir disminuir los costes medios unitarios) y con frecuencia se utiliza un tamaño igual o similar para el lote de transferencia, sin advertir que con esto se incrementa el tiempo total de fabricación y se acumulan inventarios en curso.

La aplicación de la regla 7 posibilita el acortamiento del tiempo total de fabricación, pues un determinado centro de trabajo no deberá esperar a la terminación de un lote completo para comenzar su traspaso al siguiente, sino que podrá hacerlo de forma gradual a través de lotes de transferencia de menor tamaño.

#### **Regla 8:**

El lote de proceso debe ser variable a través de la ruta y también en el tiempo. Los lotes pueden y deben acortarse, solaparse y dividirse para adaptarse al comportamiento dinámico de cualquier proceso de producción, donde los cuellos de botella pueden ser flotantes a lo largo del tiempo, dependiendo del programa de producción a realizar.

#### **Regla 9:**

Las prioridades sólo se pueden fijar teniendo en cuenta simultáneamente todas las limitaciones del sistema.

El tiempo de fabricación es un derivado del programa. Muchos de los casos en los que los resultados del proceso de fabricación no corresponden con los esperados, no se debe a los famosos imprevistos, sino a una deficiente forma de programar la actividad productiva. Es común que en una empresa, una vez que se producen retrasos en ciertos pedidos, se decida fabricarlos con máxima urgencia, incluso interrumpiendo el

procesamiento de otras series y sin tener en cuenta las consecuencias que eso puede tener para los diferentes CT. La mayoría de los retrasos que suceden en el proceso de producción se deben a la falta de análisis y la frecuente ocurrencia de fenómenos aleatorios desfavorables

## **VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE TOC/OPT**

Algunas ventajas de la implementación del enfoque TOC es que no requiere grandes cambios físicos ni organizacionales como el JIT, por lo cual su proceso de implementación resulta más fácil y rápido. Además, el sistema informático tiene una gran velocidad de ejecución, muy superior a la de los sistemas MRP y es una poderosa herramienta para la simulación.

La OPT permite separar los “pocos vitales” de los “muchos triviales”, y, posteriormente, emplear ese conocimiento para una mejor planificación y control de la manufactura. Le permite a la empresa planificar simultáneamente los materiales y las capacidades, e integrar conceptos importantes de la carga finita al MPC.

Otra ventaja de la OPT es que al considerar la capacidad de los cuellos de botella permite obtener un programa maestro de producción realizable. Permite generar un MPS válido y con una alta probabilidad de ser realizado por la empresa, basado en los parámetros de capacidad usados en la programación.

En el caso de que no existan cuellos de botella, la OPT trabaja con la lógica MRP; la única diferencia es que en este caso, OPT reducirá los tamaños de los lotes hasta el punto que algunos recursos casi se vuelven cuellos de botella. El resultado es menos trabajo en proceso, menor tiempo de preparación, mayor velocidad de materiales y un cambio hacia la fabricación “cero inventarios”.

Otra contribución importante de la OPT es que prácticamente elimina el aspecto fundamental de las prioridades de conflicto entre la MRP y la carga finita. Dando carga finita a sólo algunos de los centros de trabajo, desaparecen bastante los conflictos de prioridad. Además, el tiempo de computador requerido se reduce notablemente.

El empleo de los buffers de tiempo es una ventaja comparativa para las empresas que trabajan bajo el enfoque OPT, pues disminuyen los inventarios intermedios y aseguran la producción vendida.

Sin embargo, la TOC/OPT presenta algunas dificultades en su implantación. En general, no es para el novato. La empresa necesita comprender los principios básicos de programación finita, así como sistemas sólidos, educación, apoyo de la alta gerencia y desechar algunos hábitos arraigados.



## **Anexo 5: Definiciones del Código General de Normas de Operación**

Para aclarar la aplicación de estas normas, las siguientes definiciones serán utilizadas:

**Área de Abastecimiento de Locomotoras:** Una o más vías dentro de un área donde la revisión, inspección, reparación y abastecimiento de las locomotoras está controlada exclusivamente por el personal de mecánica.

**Área de Reparación de Carros:** Una o más vías dentro de un área donde la revisión, inspección y reparación del equipo rodante está controlada exclusivamente por el personal de mecánica.

**Autorización Uso de Vía:** un método que autoriza el movimiento de trenes en la vía principal dentro de límites específicos en un territorio y *rumbo* designado en el *Itinerario e Instrucciones Especiales*.

**Banderero:** cualquier trabajador designado para proteger *trenes*, hombres o equipamientos, con banderas y/u otros elementos.

**Acoplar:** enganchar o unir por medio de los aparatos de acople dos o más locomotoras, *carros* u otro equipo rodante.

**Boletín de Servicio:** publicación periódica que contiene normas, procedimientos e información con respecto a la operación del ferrocarril, modificando, agregando, o suprimiendo instrucciones previamente otorgadas.

**Boletín de Vía:** boletín emitido por la Oficina de Control de Tráfico, contiene informaciones, restricciones temporarias de velocidad o alteraciones sobre las condiciones de vía u otras situaciones que pueden afectar la operación segura de los trenes

y los detalles de su circulación en un sector específico, modificando o agregando informaciones en el *Itinerario e Instrucciones Especiales*.

**Carro:** Unidad de equipo de arrastre destinada al transporte de carga

**Cambio de Vía:** Sistema colocado en la vía férrea para direccionar en forma manual o automática el paso de una vía férrea a otra.

**Cambio Manual:** dispositivo operado manualmente para efectuar un cambio de vía.

**Cambio Clavado:** cambio de vía que por razones operacionales y/o seguridad fue clavado para mantenerlo en una sola posición.

**Cambio con Candado:** cambio de vía que por razones operacionales y/o de seguridad es maniobrado solo por los trabajadores que tienen llave.

**Candado de Mecánica.** Se utiliza para la protección de un cambio manual o un descarrilador en una línea bloqueada bajo bandera azul. Los trabajadores de Mecánica son los únicos que poseen la llave.

**Centro de Control de Tráfico:** sector responsable por coordinar el programa de trenes y la circulación de los mismos.

**Coche:** Vehículo ferroviario remolcado, destinado al transporte de pasajeros.

**Controlador de Tráfico:** trabajador encargado de coordinar y autorizar el movimiento de trenes en la vía principal con el apoyo de archivos manuales, computadora y sistema de comunicaciones, utilizando el Sistema de Autorización de Uso de Vía para la emisión de Autorizaciones Uso de Vía y Boletines de Vía.

**Cruce a Nivel:** cruce de una o más vías con una carretera principal o secundaria en el mismo nivel.

**Descarrilador:** dispositivo utilizado en algunos lugares para proteger la vía principal o vías secundarias; su función principal es descarrilar el material rodante y/o equipos en casos de emergencia.

**Desvío:** Vía auxiliar conectada por uno o ambos lados a la vía principal, o a un ramal, o a otro desvío, para permitir el desarrollo de las operaciones ferroviarias.

**Desvío de Seguridad:** Vía férrea auxiliar de corta longitud, conectada a una vía principal, instalada en una zona de gradiente descendente, inmediatamente a la salida de un patio o desvío, mediante un cambio cuyas agujas se encuentran permanentemente en la posición que conduce el tránsito al desvío, y cuyo objetivo es captar el material rodante que eventualmente escapen del patio o desvío sin control, evitando que se corran por la vía férrea principal.

**Desvío Muerto:** desvío que contiene solo un cambio de vía, y en el extremo opuesto tiene un tope final.

**Estación:** Localidad de la red del ferrocarril identificada en el *Itinerario e Instrucciones Especiales*.

**Jefe de Tren:** trabajador responsable por la seguridad del tren y su carga; en la vía principal, en un patio, o una estación. Este trabajador supervisa el trabajo del brequero; vela también, por la documentación de los *carros* del tren y por realizar los informes y/o reportes establecidos.

**Gálbo:** Contorno de referencia contenido en un plano transversal y perpendicular a la vía férrea, que determina las dimensiones a la que deben adecuarse las nuevas instalaciones fijas y el material rodante, para que el tránsito ferroviario se realice sin interferencias (Fuente: Reglamento Nacional de Ferrocarriles).

**Grupo de Trabajadores:** Dos o más trabajadores del mismo o diferentes cuadrillas de Mecánica que trabajan como una unidad mantienen contacto entre si, y están bajo la tutela del mismo supervisor.

**Hombres Trabajando:** Trabajadores del ferrocarril de Mecánica designados para revisar, inspeccionar, probar, reparar o abastecer al equipo rodante o sus componentes, incluyendo el sistema de frenos.

**Límite de Patio:** tramo en la vía principal señalado por placas de Límites de Patio. Los kilómetros delimitadores están establecidos en el *Itinerario e Instrucciones Especiales*.

**Locomotora:** vehículo ferroviario con propulsión propia utilizado para remolcar el material rodante en la vía principal o patios.

**Locomotora auxiliar:** Es la que ayuda a un tren, sea que vaya después de la que comanda, o a la cola, empujándolo.

**Locomotora comandante:** Locomotora puntera cuyo número identifica al tren.

**Maniobras:** Son los movimientos consistentes en: agregar o quitar carros de un tren, formar o descomponer un tren, clasificar los carros, desplazar un tren o carros por la misma vía, o de una a otra y llevar o traer material de instalaciones internas y externas.

**Maquinista:** trabajador capacitado responsable por la seguridad, operación de locomotoras y la conducción de trenes de servicio o patio.

**Material Rodante:** Vehículos tractivos o remolcados que circulan en la vía férrea.

**Obstrucción:** A los efectos de la circulación de los trenes se considera "obstrucción" todo vehículo o tren detenido, la vía cortada o averiada y todo otro obstáculo que impida o pueda poner en peligro el paso de los trenes.

**Operadores:** trabajador responsable por la *seguridad*, operación y conducción de máquinas especiales para el *Área de Mantenimiento* de Vías.

**Patio de Maniobras:** un sistema de vías para la formación de trenes, estacionamiento de *material rodante* y otros fines.

**Piloto:** trabajador capacitado para acompañar a un Maquinista o un Jefe de Tren que no está familiarizado con las normas o aquella porción del ferrocarril en la cual está operando.

**Placa:** señalización fija o invariable que indica las condiciones que afectan la marcha de un tren.

**Punto de Libranza:** lugar que un cambio de vía indica el límite de donde pueden llegar los trenes si posibilidad de colisión con otro tren detenido o en circulación por la otra vía concurrente.

**Radio:** cualquier receptor o transmisor que permite la comunicación entre el Controlador de Tráfico y el personal de campo; entre trenes o entre miembros de la misma tripulación.

**Ruta:** Trayecto determinado por el que transita un tren entre su punto de origen y de destino

**Señal Azul (Bandera Azul).** *Indica que hay hombres trabajando dentro, debajo, sobre o entre el material rodante.* Durante el día, una luz o bandera azul visible y durante la noche una luz azul. La luz azul puede centellar o quedar fija.

**Señal de Advertencia.** Un aviso, de fondo blanco, que diga “Vagón de Servicio Ocupado” en letras negras.

