



UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS
FACULTAD DE INGENIERÍA Y NEGOCIOS
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL INDUSTRIAL

“PROPUESTA DE MEJORA PARA NORMALIZAR EL RENDIMIENTO METALICO DEL LAMINADOR DE BARRAS RECTAS DE CAP ACERO S.A.”

Autores:

Celso Antonio Herrera Puentes - 13.510.902-9

Álvaro Ramiro Reyes González - 13.997.879-k

2017

UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS
FACULTAD DE INGENIERÍA Y NEGOCIOS
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL INDUSTRIAL

“PROPUESTA DE MEJORA PARA NORMALIZAR EL RENDIMIENTO METALICO DEL LAMINADOR DE BARRAS RECTAS DE CAP ACERO S.A.”

Trabajo de titulación presentado en conformidad a los requisitos para obtener el título de Ingeniero Civil Industrial.

Profesor guía: Rodrigo Andrés Matamala Osbén.
10.040.953-4

Autores
Celso Antonio Herrera Puentes - 13.510.902-9
Álvaro Ramiro Reyes González - 13.997.879-k

2017

Resumen

El siguiente trabajo presenta una propuesta de mejora para normalizar el rendimiento metálico del proceso denominado Laminador de Barras Rectas en la Planta CAP Acero de la ciudad Talcahuano, Chile.

La problemática a resolver y la solución, son abordados con las herramientas que la Carrera de Ingeniería Civil Industrial de la Universidad de Las Américas ha entregado a ambos autores de este proyecto, quienes utilizando distintas metodologías determinan el problema, las causas que lo generan y presentan una propuesta que permite entregar una solución eficiente y eficaz a la empresa.

En el escenario actual que vive el mercado internacional del acero, con una sobre producción que eleva los niveles de inventario, una demanda en contraída que hace caer los precios. Este proyecto de mejora cobra un valor fundamental ya que la solución presentada tiene un impacto positivo en la reducción de los costos de operación, mejora el factor de utilización de la materia prima y hace que la empresa sea más rentable.

Summary

This paper presents an improvement proposal to standardize the metallic performance of the process called the Laminador de Barras Rectas in the company CAP Acero of Talcahuano City, Chile.

In the problem and the solution, are used the tools of the Industrial Civil Engineering Career of the Universidad de las Americas Has taught to authors of this project, those using various methodologies determine the problem, the causes they generate and present a proposal that allows to deliver an efficient and effective solution to the company.

Today the international steel market go through a complex situation, with high level of production that raises inventory levels, a low demand that causes prices to lowed too. This improvement project takes on a fundamental value since the current solution has a positive impact on the reduction of operation costs, improves the raw material utilization factor and makes the company more profitable.

INDICE

CAPITULO 1: Antecedentes Generales.	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Proceso de Laminado de Barras Rectas (LBR)	3
1.3 Definición del Problema.	5
1.4 Justificación.	6
1.5 Objetivos del proyecto.....	9
1.5.1 Objetivo General.....	9
1.5.2 Objetivos Específicos	9
1.6 Limitaciones y Delimitaciones	9
1.6.1 Limitaciones	9
1.6.2 Delimitaciones.....	10
1.7 Estado del Arte	10
1.8 Metodología.....	11
CAPITULO 2: Descripción de la Empresa y Análisis del Proceso.	13
2.1 Misión y Visión de CAP Acero	13
2.1.1 Misión.....	13
2.1.2 Visión	13
2.2 Procesos Productivos.....	14
2.2.1 Preparación de Materias Primas.	15
2.2.2 Planta de Coque.	15
2.2.3 Altos Hornos.....	16

2.2.4 Desulfuración	16
2.2.5 Acería de Convertidores al Oxígeno (CONOX).	17
2.2.6 Colada Continua.	17
2.2.7 Laminación.	18
2.3 Resultados del Laminador de Barras Rectas.	22
2.3.2 Rendimiento Metálico Global.	24
2.3.3 Costos de Producción.	25
2.4 Análisis de la Problemática del Laminador de Barras Rectas	26
2.4.1 Diagrama de Causa Efecto Etapa del Laminador	26
CAPITULO 3: Desarrollo de una Propuesta de Mejora.	31
3.1 Estudio de la variabilidad de las palanquillas.....	31
3.1.1 Ensayo N°1	33
3.1.2 Ensayo N°2.....	37
3.2 Propuesta de Mejora	40
3.2.1 Delimitaciones	40
CAPITULO 4: Análisis Económico.	45
4.1 Costos relacionados a la propuesta de mejora	45
4.2 Evaluación Financiera del Proceso de Transformación de Palanquillas a Producto Terminado.....	46
4.2.1 Proyección de costos de producción sin la propuesta de mejora.....	47
4.2.2 Proyección de costos de producción con la propuesta de mejora.....	48

CAPITULO 5: Conclusiones	51
---------------------------------------	-----------

CAPITULO 6: Bibliografía y Anexos.....	52
---	-----------

5.1 Bibliografía.....	52
-----------------------	----

5.2 Anexos.....	52
-----------------	----

5.2.1 Software de apoyo.-.....	52
--------------------------------	----

5.2.2 Tabla de Imágenes.-.....	53
--------------------------------	----

5.2.3 Tabla de Datos.-.....	54
-----------------------------	----

CAPITULO 1: Antecedentes Generales.

1.1 Introducción

CAP Acero, pertenece al Grupo CAP, lleva a cabo sus actividades a productivas a través de su planta siderúrgica, ubicada en la ciudad Talcahuano, región del Biobío, Chile, es el mayor productor de acero laminado del país.

Inicialmente recibió el nombre de Compañía Siderúrgica Huachipato, luego Compañía de Aceros del Pacífico y actualmente se denomina CAP Acero, lo anterior ha correspondido a los cambios de las sociedades accionarias a las que ha pertenecido esta compañía.

Fundada en 1946 con capitales de Corfo, Caja Autónoma de Amortización de la Deuda Pública y Particulares, inaugurada el 25 de Noviembre de 1950, Huachipato fue la segunda compañía siderúrgica de gran envergadura instalada en Chile, sucesora de la Compañía Electro siderúrgica de Valdivia “ESVAL” originalmente fundada bajo el nombre de Sociedad de Altos Hornos de Corral. Existió un fuerte lazo entre ambas compañías, debido a la participación de Corfo en ambas sociedades, incluso Huachipato estuvo a cargo de las operaciones de ESVAL entre 1950 a 1957.- (*Historia de la Compañía de Acero del Pacífico S.A. Antonia Echenique C. Concepción Rodríguez G., página 55*)

Creada para abastecer la demanda de acero en el periodo de industrialización más intenso que ha tenido el país, ese rol clave, se ha mantenido a lo largo de su historia, contribuyendo siempre al desarrollo de Chile.

En la actualidad la participación de CAP Acero en el mercado nacional le permite tener una posición dominante, sin embargo su resultado operacional durante la última década no ha sido muy exitoso, incluso enfrentando el año 2013 el cierre de uno de sus altos hornos y la eliminación de la línea de productos planos. Dos de las principales causas de los problemas que ha enfrentado la compañía se relaciona a los altos precios de la energía, que aumenta los costos de producción y la vuelve menos competitiva y la fuerte

competencia del acero importado, a precios difíciles de igualar, de origen principalmente de Chino, país que además enfrenta acusaciones en varios mercados por prácticas que afectan la libre competencia, (*Mercado del Acero: Análisis sobre medidas de protección, página 7*)

El escenario actual de CAP Acero es muy diferente al escenario de bonanza de décadas anteriores, hoy en día el bajo precio, la competencia impuesta por el acero importado, la ausencia de un plan de modernización durante varias décadas, el alto costo de las materias primas, además del alza sostenida de la energía eléctrica, han provocado una reducción de sus utilidades, presentando periodos de rendimiento con balances negativos. (*Memoria Anual CAP 2013, página 5*)

Este complejo escenario, exige a la compañía buscar iniciativas que logren aumentar el rendimiento sus áreas y optimizar el uso de los recursos en todos sus procesos.

El presente trabajo recoge los nuevos desafíos de la Compañía y presenta una propuesta de mejora que optimice en el proceso de laminado de barras rectas, donde se elaboran diferentes tipos de productos terminados, con el fin de contribuir enmendar el rumbo y conseguir resultados operacionales financieramente aceptables.

1.2 Proceso de Laminado de Barras Rectas (LBR)

Este proceso adopta su nombre de la máquina principal denominada laminadora de barras rectas, instalada en un área extensa de la industria, donde además interactúan otras maquinarias formando subprocesos que en su conjunto forman el proceso de laminado de barras rectas, esta área fue concebida dentro del plan de expansión de la compañía anunciado a mediados de la década del 2000, la cual tenía por objeto satisfacer la creciente demanda de productos largos de acero; barras para molienda, barras de construcción para el hormigón reforzado, entre otros. La capacidad instalada de producción luego de la ampliación quedó preparada para producir un millón cuatrocientas mil toneladas anuales, capacidad que aseguraba una adecuada oferta para cubrir los la demanda de los sectores mineros y de construcción, que proyectaban un fuerte crecimiento de su producción en el mercado local.

La ejecución del proyecto estuvo a cargo de la firma italiana Danieli con una inversión cercana a los 65 millones de dólares. Finalmente la construcción, montaje y otros gastos, significó una inversión cercana a los 85 millones de dólares. (*Fuente interna CAP Acero*)

Su construcción se inició a mediados de 2006 por un periodo de 24 meses, la puesta en marcha se llevó a cabo en febrero de 2008 y su inauguración se realizó a fines de agosto del mismo año, en la que participó la Presidenta de la República de Chile de ese entonces, es importante indicar que debido a las proyecciones de esa época y al escenario económico internacional la Presidenta en su discurso de inauguración anunció un proyecto de ampliación que llevaría a CAP Acero a producir 3 Millones de Toneladas, eso finalmente no ocurrió, ya que al año siguiente la economía mundial enfrentó una de las crisis más grandes de la historia denominada “Crisis Subprime”, de ahí en adelante el mercado del acero nunca volvió a ser el mismo.

La principal ventaja que ofrece el proceso de laminado de barras rectas es la variedad de barras que puede producir, desde barras para construcción de 8 milímetros hasta barras para molienda de minerales de 101,6 milímetros, esta flexibilidad de seteo permite incluso que hoy se está explorando el atractivo mercado de aceros especiales, que mejoran la rentabilidad en la producción por tratarse de productos de mayor precio.



Imagen 1: Barras en diferente formato, CAP Acero.

El actual proceso de laminado de barras cuenta con equipos de última generación, incorpora tecnologías limpias que permiten la recirculación total de aguas y residuos líquidos, sin que existan afluentes que descartar.

1.3 Definición del Problema.

El problema del rendimiento del Laminador de Barras Rectas es que presenta una desviación de estimada de un 2% con respecto al diseño, presentando un rendimiento metálicos actual de 95%, preliminarmente parece ser un buen indicador, pero si se cuantifica ese 2 % de material procesado que se pierde como desecho en un año, el monto involucrado podría alcanzar U\$ 1.100.000.- dólares.

Según los datos de producción de CAP Acero, el 50 % de la producción del proceso laminador de barras rectas corresponde a barras gruesas entre 50,8 milímetros a 101,6 milímetros de diámetro, con largos comerciales de 5 metros a 7 metros, dependiendo del tipo de producto.

La materia prima que abastece este proceso corresponde a barras de acero en formato rectangular denominadas palanquillas, el sistema se programa para maximizar el uso de la materia prima, pero solo se logra que el 95% de la materia prima sea transformada en producto terminado, el 5% restante corresponde a producto disconforme, por no cumplir con las dimensiones para alcanzar los requerimientos de largos comerciales.

Un problema detectado es que durante el proceso de laminación, se generan barras más largas y otras más cortas, dependiendo de la habilidad del operador del sub proceso de corte, solo una parte es reprocesado, en ocasiones resulta más conveniente asumir la pérdida de rendimiento que la reprogramar el sistema, porque el reseteo del programa en este sub proceso de corte puede poner en riesgo la continuidad del proceso completo. Finalmente lo que no alcanza a ser reprocesado se clasifica como desecho, se elimina como chatarra y se deriva como materia prima al área de fundición.

Para alcanza a ser reprocesado se clasifica como desecho, se elimina como chatarra y se deriva como materia prima al área de fundición.

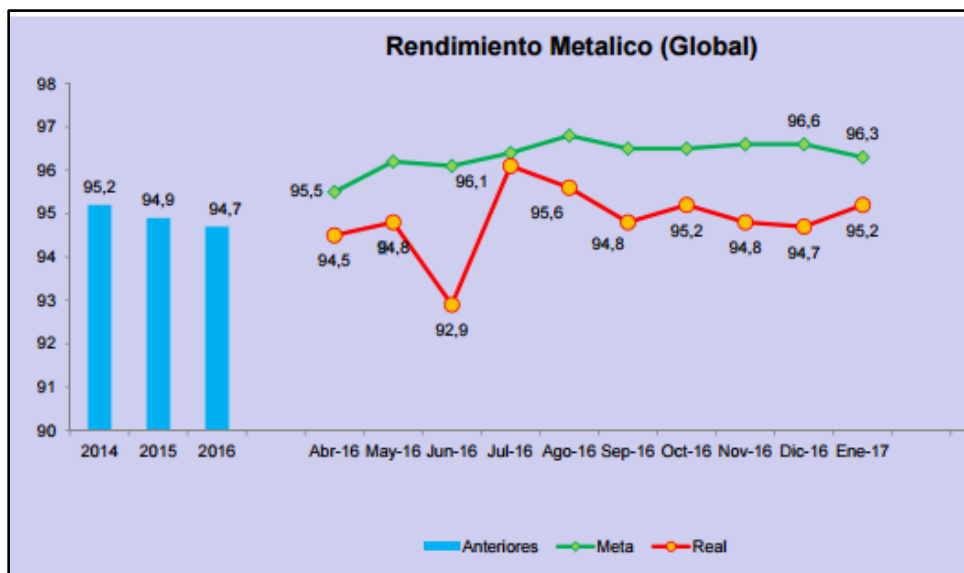


Imagen 2: Rendimiento metálico LBR, fuente interna CAP Acero.

1.4 Justificación.

Debido al complejo escenario que enfrentan los productores de acero y en especial CAP Acero, enfrentando una caída en el precio del acero, un incremento en el precio de la energía y fuerte competencia de mercado, toda iniciativa que busque disminuir los costos contribuye a mejorar las utilidades. En este caso particular presentar un rendimiento de 95%, pero si considera recuperar un 2 % de material procesado que se pierde como desecho en un año, el monto involucrado estimado alcanza los U\$ 1.100.000.- dólares, esto debería ser muy bien recibido por el directorio de la compañía y esta cifra es buen argumento para justificar un proyecto de mejora en el proceso de laminado de barras rectas.

El mercado del Acero es liderado actualmente por los productores Asiáticos teniendo como principal actor a China, quien posee también las mayores reservas de material debido a una política interna de sobre producción que le permite especular con el precio del material a nivel mundial, el impacto que ha generado la desaceleración de la economía China ha impactado también en el precio del Acero en el mercado internacional.

Se presenta el mapa de los principales productores de acero en el mundo, las cifras están en millones de toneladas, para tener un marco de referencia, Chile actualmente produce cerca de 1,5 millones.

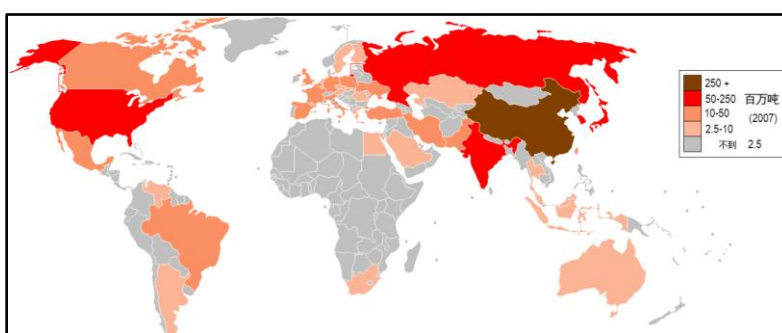


Imagen 3: Principales productores de Acero, cifran en millones de toneladas

Adicionalmente se presenta un gráfica de la evolución del precio del acero, si bien durante la década pasada el escenario era de bonanza, las constantes crisis han hecho que el precio decaiga a niveles mínimos, presentando un complejo escenario para los productores.



Imagen 4: Evolución del precio del Acero en dólares, fuente Bloomberg.

Revisando datos reales obtenidos desde el sistema “MES”, plataforma informática utilizada para el monitoreo el proceso productivo de la CAP Acero, se obtiene el dato que el rendimiento metálico promedio o de la materia prima promedio en el año 2016 para el proceso de laminado de barras rectas para molienda de minerales que fue de 94.7 %. Esta cifra presenta variabilidad entre los meses del año, al compararla con la producción nominal, especificada en la ficha técnica del fabricante de 97.5%, se obtiene una diferencia de rendimiento negativo de 2.8 % entre la producción nominal y la producción real

Si consideramos el dato anterior y establecemos la meta de incrementar en un 2% el rendimiento del proceso de laminado de barras rectas en una producción de 230.000 toneladas anuales para el producto barra de molienda, el resultado esperado para un año alcanzaría 4.600 toneladas adicionales de producto terminado, a un precio promedio de los últimos 10 años de 240 dólares por tonelada de acero, el monto involucrado, como resultado de primera línea, sería de \$1.100.000 dólares, que en estos momentos son desechado como chatarra,

1.5 Objetivos del proyecto

1.5.1 Objetivo General

- Optimizar el rendimiento del proceso de laminado barras rectas en CAP Acero.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Incrementar el rendimiento metálico a través de la disminución del reproceso y reducción en productos disconformes.
- Disminución de los costos y un aumentando en la rentabilidad del área

1.6 Limitaciones y Delimitaciones

1.6.1 Limitaciones

El presente trabajo busca soluciones que consideran la calidad de la materia prima que utiliza el proceso de laminado de barras rectas, esto puede involucrar otra área de la compañía, se estima que pueden existir obstáculos en la búsqueda de iniciativas o resistencia en la adopción de mejoras, en las áreas internas de la compañía que no son de la administración del área de proceso de laminado de barras rectas.

Una porción de los datos de análisis serán estimados o extrapolados, debido a que la fuente de información no permite develar con exactitud la información confidencial de la Compañía.

El alcance de los resultados planteados en este trabajo constituirá una herramienta que ayudará en la toma de decisiones por parte de la gerencia del área, no tiene atribuciones para generar cambios inmediatos con las conclusiones que se presenten en este trabajo de tesis.

1.6.2 Delimitaciones

. Respecto del alcance, se pretende realizar una propuesta de mejoramiento del sistema de producción actual del departamento Laminador de Barras Rectas, utilizando datos históricos de las recurrentes pérdidas de rendimiento metálico y sugerir propuestas de mejoras en tecnologías para controlar la desviación del estándar de diseño del sistema.

1.7 Estado del Arte

El estado del arte o marco de referencia del trabajo está dado a revisión de publicaciones relacionadas al mundo del acero como; ASIMET y revistas Catálogo del Fabricante del Laminador.

Adicionalmente se incorporará el conocimiento empírico de un equipo de ingenieros pertenecientes a CAP Acero que se desempeñan actualmente en la planta y que además, durante el año 2016, participaron de un proceso de capacitación en Europa en fábricas laminadoras de acero de características semejantes CAP Acero, destacándose en esa visita el rendimiento metálico alcanzado, por las fábricas europeas, de Cogne, Valbruna (Vicenza), Ori Martin, ABS y BMZ, cercano al 97%, gracias a la incorporación de nuevas tecnologías, mejores prácticas de operación y estandarización de los equipos.

Tabla 1: Producción Mundial de Acero (Steel Statical Year Book 2016)

Pais	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Acumulado	Participación	Posición
China	882.310	1.057.237	1.137.030	1.290.626	1.617.343	1.627.443	1.742.954	1.961.217	2.023.682	1.986.926	15.326.768	68,09%	1
Japón	104.121	108.203	106.082	76.686	97.765	95.666	94.807	96.965	97.882	93.020	971.197	4,31%	2
Estados Unidos	99.338	96.551	89.354	56.396	75.699	83.339	87.043	86.567	89.130	78.514	841.931	3,74%	3
India	50.305	55.912	56.977	59.355	66.120	74.521	80.198	85.277	92.470	89.927	711.062	3,16%	4
Corea del Sur	50.795	54.272	56.105	51.057	59.031	66.473	66.317	64.541	68.905	67.756	605.252	2,69%	5
Rusia	58.200	59.375	56.313	50.840	43.997	46.551	47.629	47.595	49.150	48.074	507.724	2,26%	6
Alemania	42.949	43.823	41.508	29.990	38.103	39.286	37.843	36.381	36.449	36.551	382.883	1,70%	7
Italia	32.384	32.935	31.521	20.743	25.359	27.978	26.309	23.553	23.150	21.730	265.662	1,18%	8
Turquía	19.000	20.900	22.000	20.700	21.700	26.400	28.305	30.070	29.830	30.500	249.405	1,11%	9
Brasil	23.453	25.850	24.693	20.223	25.401	25.240	25.696	26.263	24.916	22.629	244.364	1,09%	10
Ucrania	24.760	26.490	20.470	14.900	17.586	19.616	18.199	17.745	15.060	12.453	187.279	0,83%	11
Méjico	14.473	14.983	14.174	12.994	14.809	15.793	16.269	16.357	17.742	17.573	155.167	0,69%	12
España	18.608	19.049	18.444	14.406	15.511	15.251	13.166	12.954	13.529	13.781	154.699	0,69%	13
Francia	17.028	16.900	15.526	11.704	14.062	14.387	13.529	14.716	15.464	14.994	148.310	0,66%	14
Irán	9.179	9.285	8.809	9.880	15.395	16.813	17.261	16.656	16.482	15.133	134.893	0,60%	15
Chile	1.520	1.538	1.517	1.279	1.473	1.514	1.594	1.289	1.017	1.035	13.776	0,06%	47
Producción Mundi:	1.622.749	1.820.244	1.871.347	1.878.924	2.306.412	2.354.776	2.468.511	2.690.825	2.771.876	2.709.917	22.509.357	100,00%	-

1.8 Metodología

El siguiente apartado describe de forma sistemática la metodología a seguir, para llevar a cabo el objetivo planteado. Se Pretende abordar una secuencia de trabajo que entregue soluciones integrales al problema del rendimiento metálico presente en el Laminador de Barras Rectas.

Se debe considerar el proceso global de fabricación de barras, sabiendo que de una palanquilla se forman las barras de molienda de minerales.

Para realizar nuestra evaluación económica o de factibilidad, realizaremos la siguiente metodología:

- Revisaremos la información histórica del laminador, obteniéndola del sistema MES de CAP Acero y utilizaremos recursos estadísticos, realizaremos tablas dinámicas de datos y gráficos.
- Con la información obtenida, se realizarán análisis de Pareto y metodología Kaoru Ishikawa para determinar donde se encuentra el 80-20 de las pérdidas de rendimiento metálico.

- Con la ayuda de metodologías Kaoru Ishikawa, determinaremos las causas y los efectos de las áreas del proceso que presenten las mayores distorsiones.
- Una vez obtenido el 20 % de las causas que más afectan el rendimiento metálico se deben buscar las soluciones y posibles implementaciones.
- Realizaremos un análisis económico de las pérdidas de tiempos de operación y reproceso de barras, que son ocasionados por factores que afecten el rendimiento metálico.
- Realizaremos análisis económico de las posibles soluciones, entregaremos resultados y conclusiones que contribuyan en la toma de decisión de gerencia y directorio.

CAPITULO 2: Descripción de la Empresa y Análisis del Proceso.

2.1 Misión y Visión de CAP Acero

2.1.1 Misión

Producir y proveer productos y soluciones en acero de excelente calidad y servicio que superen las expectativas de sus clientes, privilegiando el desarrollo del recurso humano como factor determinante del éxito. Desarrollar ventajas competitivas, que generen rentabilidad, a través de la innovación de sus procesos mediante el uso de tecnologías sustentables.

2.1.2 Visión

Liderar en Chile el negocio del acero en todas sus formas y desarrollar nuevas oportunidades en el área de tecnologías siderúrgicas.

2.2 Procesos Productivos.

Se presenta el mapa de procesos de CAP Aceros, debido a que la problemática de la compañía es el rendimiento metálico, nos enfocaremos en área de procesos productivos, específicamente en el sub proceso de laminación.

A continuación se describen los sub procesos del área procesos productivos.

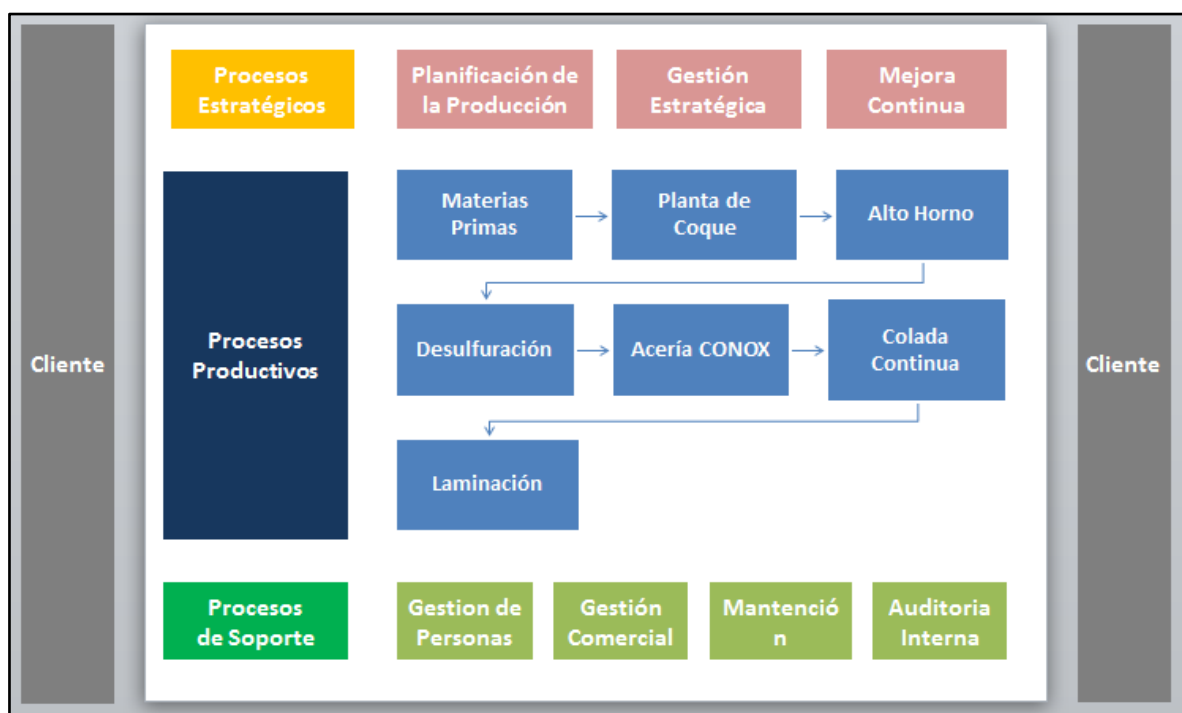


Imagen 5: Diagrama de bloque de Procesos General, CAP Acero.

2.2.1 Preparación de Materias Primas.

Es donde se descargan, clasifican y almacenan las materias primas necesarias para la elaboración del acero, que son básicamente mineral de hierro (granza y pellets), caliza y carbón mineral.



Imagen 6: Patio acopio de materias primas, CAP Acero.

2.2.2 Planta de Coque.

Posee 58 hornos en donde el carbón mineral se somete a un proceso de destilación seca para obtener coque metalúrgico. Como subproducto se obtiene un gas de alto poder calorífico, que se reutiliza como combustible en el resto de las instalaciones.



Imagen 7: Horno de Carbón, CAP Acero.

2.2.3 Altos Hornos.

Estos hornos son grandes reactores verticales en contracorriente en que el aire precalentado, insuflado realiza la combustión del coque a elevadas temperaturas para reducir el mineral, fundir la carga y obtener hierro líquido a la forma de arrabio.



Imagen 8: Alto Horno, CAP Acero.

2.2.4 Desulfuración

Una vez transportado a la Acería, el arrabio se vacía a una cuchara o recipiente, donde se realiza la desulfuración (eliminación del azufre), mediante la inyección de cal y magnesio. El azufre queda retenido en la escoria resultante y las emisiones son capturadas por un eficiente sistema limpiador de gases.



Imagen 9: Etapa Desulfuración, CAP Acero.

2.2.5 Acería de Convertidores al Oxígeno (CONOX).

En esta fase se refina el arrabio inyectando oxígeno de alta pureza, se ajusta el contenido de carbono y se agregan ferroaleaciones que aportan las características básicas de cada tipo de acero.



Imagen 10: Fotografía y Esquema Convertidos de Oxígeno, CAP Acero.

2.2.6 Colada Continua.

Previo a ingresar a las máquinas de Colada Continua se realiza el proceso de Ajuste Metalúrgico para obtener la temperatura deseada, limpiar de impurezas y ajustar la los parámetros de colada del acero. Luego, a través de moldes de cobre y enfriamiento directo por agua, se solidifica y enfría, para obtener palanquillas, productos semi-terminados que se procesan en las fases de laminación.



Imagen 11: Etapa de Colado, CAP Acero.

2.2.7 Laminación.

A partir de las palanquillas se inicia el proceso final de laminación, del cual se obtiene una amplia gama de productos terminados, en donde se encuentra:

2.2.7.1 Laminador de Barras Rectas

Aquí ingresan las palanquillas para ser sometidas a sucesivas etapas de laminación. Los productos finales incluyen barras rectas, lisas y con resaltes, según el uso final.



Imagen 12: Producto Terminado, CAP Acero.

2.2.7.2 Características del Laminador de Barra s Rectas.

- Dimensiones: 320 m. de longitud y una superficie de 12 mil m².
- Estructura Obras Civiles: 2 mil toneladas de acero y 16 mil m³ de hormigón.
- Peso: 6.500 toneladas (equipos mecánicos, eléctricos y grúas).
- Origen equipamiento: 90 por ciento europeo y 10 por ciento asiático.
- Ahorro energético: La nave cuenta con planchas transparentes que permiten aprovechar la luz natural y el horno consume un 40 por ciento menos de gas en comparación al de un laminador común.
- Dimensiones palanquillas: 160 x 160 x 10.000 mm de largo.
- Tren de laminación: 18 stands (configuración horizontal y vertical), línea de tratamiento térmico, una mesa de enfriamiento de 84 metros útiles y una guillotina de corte en frío de 1200 toneladas.

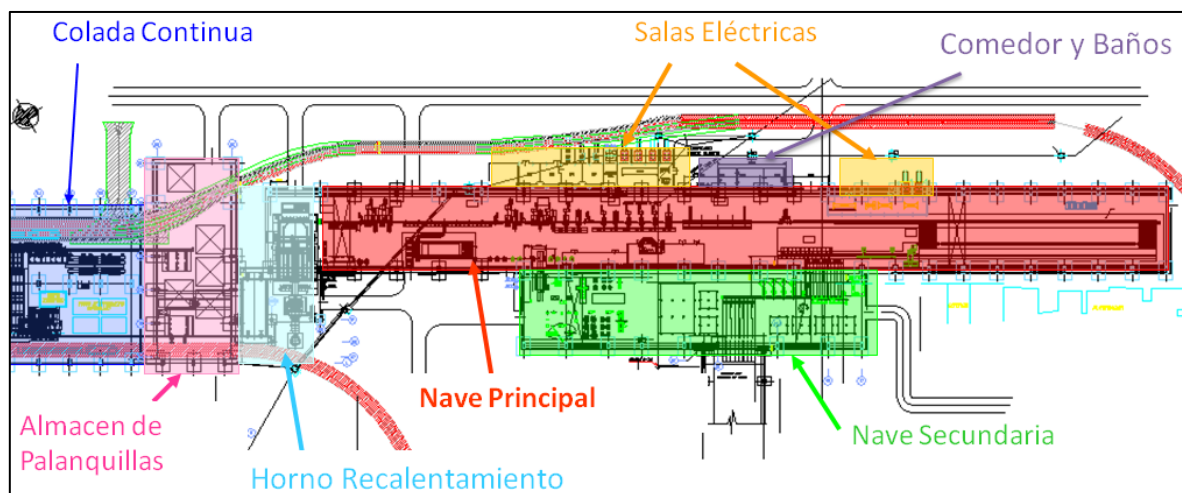


Imagen 13: Plano del Laminador, CAP Acero.

2.2.7.3 Proceso de Laminación.

El proceso de laminación comienza con la carga de palanquillas al horno de recalentamiento la que puede ser, en caliente o en frío.

La carga fría consiste en que las palanquillas recibidas desde la unidad de Colada Continua, son encastilladas en el patio de acopio según composición y grado del acero. La carga caliente se realiza directamente desde la colada continua y debe coordinarse, de modo que en ese momento se encuentre colando el grado y composición que se desea laminar.

En este caso la palanquilla entra al rojo en el horno (600 a 800°C aproximadamente), por lo que el choque térmico es menor y por ende el horno necesita menor consumo de combustible y tiempo para elevarles la temperatura hasta aproximadamente 1100°C, con la cual están listas para ser laminadas.

Las palanquillas cargadas en el horno son transportadas interiormente por un sistema de vigas galopantes. A la salida del horno se encuentra el desescamador, el cual arroja agua a una presión de 150 bar. Para quitarle a las palanquillas la laminilla que se forma en el proceso de recalentamiento.

Una vez que pasan por el desescamador, continúan a través de una mesa de rodillos hasta llegar al arrastrador número uno (de tres), los que se encargan de entregar estabilidad y dar el empuje necesario para que la barra ingrese a los rodillos de laminación.



Imagen 14: Laminador Barras de Acero, CAP Acero.

Comienza la laminación de la palanquilla en los primeros stands del tren de laminación, dicho tren está constituido por: Tren de Desbaste desde el stand 1 al 6, luego viene el Tren Intermedio, constituido por el stand 7 hasta el 12 y finalmente el Tren Terminador, que incluye desde el stand 13 al 18, en el cual sólo el stand 14 es vertical y el stand 18 es abatible, es decir, puede ser utilizado en posición vertical u horizontal dependiendo del producto que se laminará.

De acuerdo al diagrama de pases se puede determinar cuántos stands se usaran y qué tipo de pases deben tener los rodillos para obtener los diferentes diámetros. Para las barras de menor área transversal se utiliza el sistema de laminación dividida, donde la barra sufre una división en hebras durante su paso por la salida y guiado de los stands. Este proceso ocurre entre los últimos cuatro stands.

. Por otra parte, el tren de laminación tiene cinco guillotinas. Una neumática de seguridad, dos despuntadoras que se encuentran entre los stands 6 y 7, y la segunda entre los stands 12 y 13. A la salida del QTB y junto al arrastrador 3, se encuentra la guillotina de corte a medida, la que dimensiona los largos antes de que la barra caiga a la mesa de enfriamiento. Por último, para dar el corte adecuado según las especificaciones para su comercialización, a la salida de la mesa de enfriamiento se encuentra la guillotina de corte comercial, la cual tiene incorporado un tope dimensionado con el cual se regulan los largos finales de las barras.

Para que la barra no sufra problemas de velocidad entre los stands o mal guiado, existe un sistema de control en cascada que regula la velocidad de los motores de los stands. Además, desde el stand 10 en adelante, se encuentran 8 loopers que le dan mayor o menor tensión a la barra en el momento del tiro de esta entre stands.

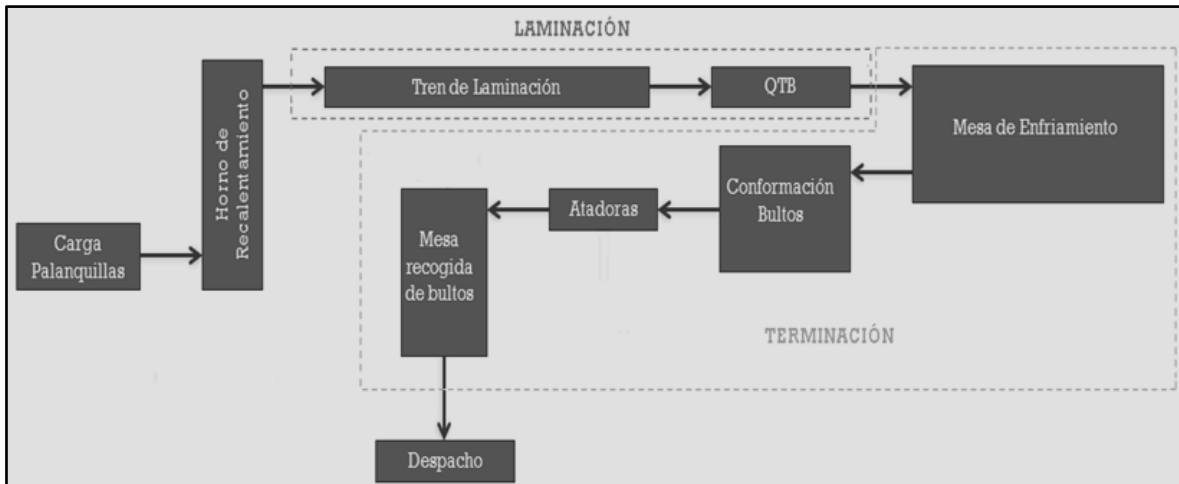


Imagen 15: Diagrama Proceso de Laminación, CAP Acero.

2.3 Resultados del Laminador de Barras Rectas.

2.3.1.1 Cumplimiento del Programa de producción 2016 (Tons.)

Tabla 2: Datos de Producción 2016 Laminador de Barras Rectas, Sistema MES CAP Acero.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Plan	38866	39352	36477	42784	44396	44748	49529	27667	28683	42797	43650	42901
Real	38942	38493	32667	39040	43159	37347	43005	26659	31807	42855	42255	42898
Cumplimiento	100,2	97,8	89,6	91,2	97,2	83,5	86,8	96,4	110,9	100,1	96,8	99,99

Este programa incluye el total de productos del Laminador, Barras gruesas para molienda de minerales (BG) y para construcción BH).

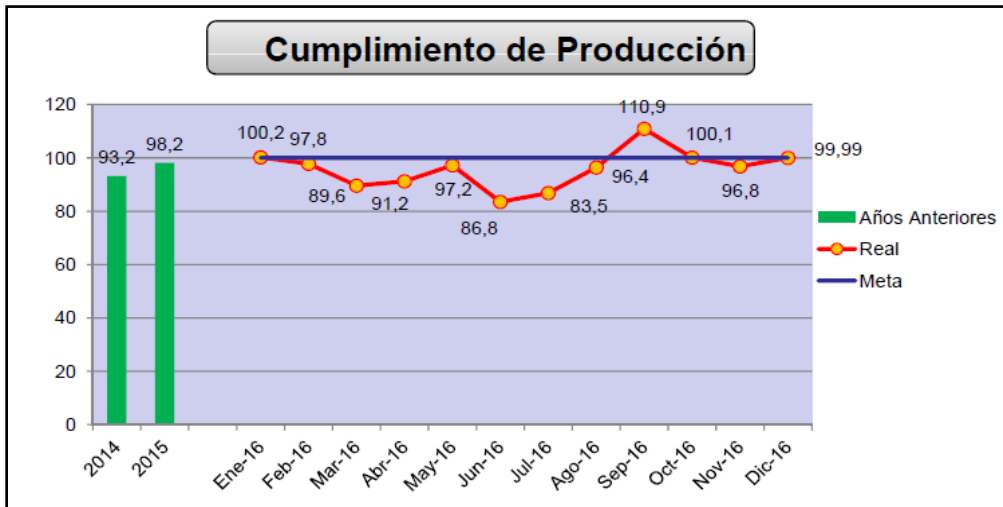


Imagen 16: Gráfica Cumplimiento de Producción 2016, CAP Acero.

Los meses que no se logra cumplir el programa de producción, están influenciados por fallas mecánicas y/o eléctricas en equipos

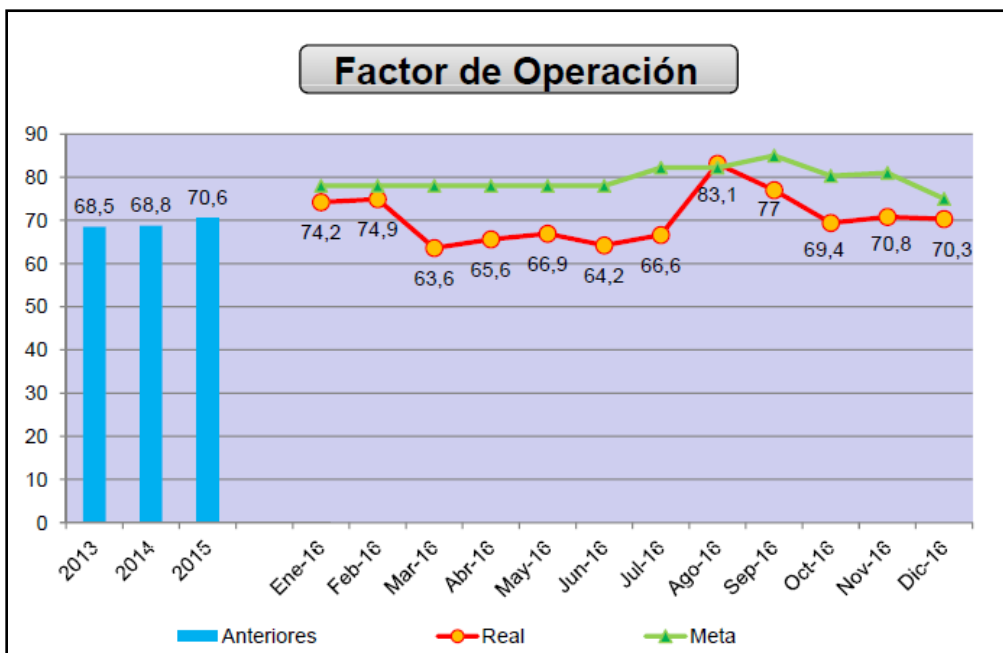


Imagen 17: Gráfica Factor de Operación, Laminador de Barra Recta, CAP Acero.

2.3.2 Rendimiento Metálico Global.

A continuación se presenta gráficamente la curva de rendimiento metálico global de CAP Acero durante el periodo de producción 2016.-

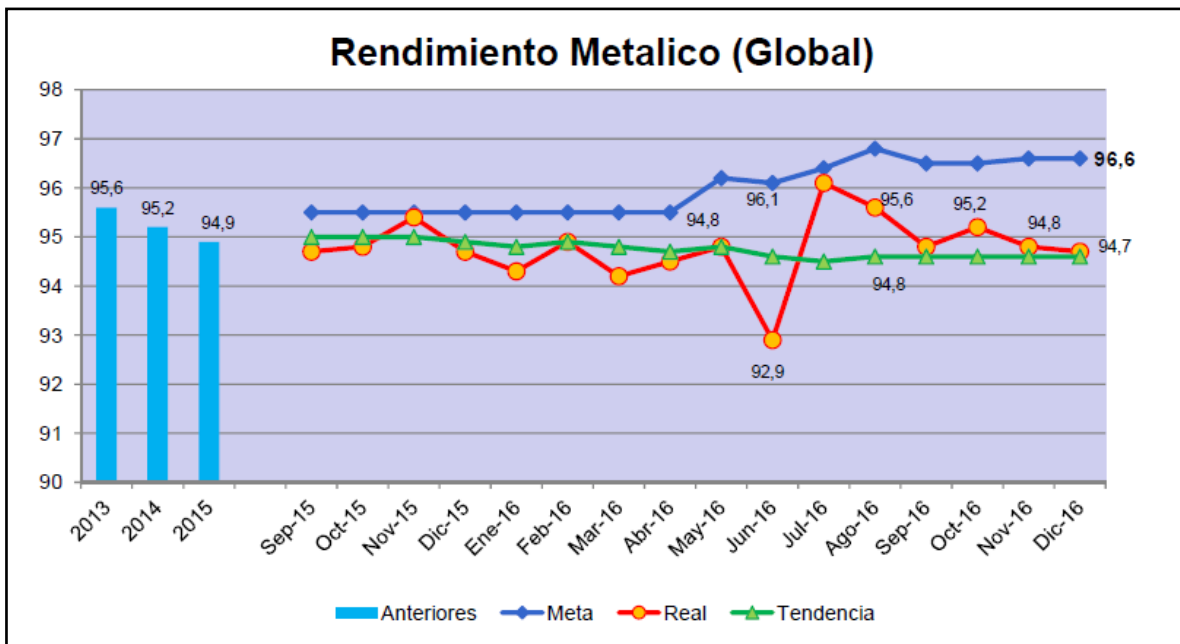


Imagen 18: Rendimiento Metálico Laminador de Barra Recta, CAP Acero.

2.3.3 Costos de Producción.

Para describir los costos de producción del Laminador de Barras Rectas se toma como referencia la producción de mes de Abril de 2017, para una producción de 45.144 toneladas es el que se describe a continuación:

Tabla 3: Costos de Producción Abril 2017 Laminado de Barras Rectas, CAP Acero

COSTOS		
Materias Primas		
Palanquillas	US\$/t	534.4
Subproducto		
Chatarra de acero	US\$/t	-6.5
Laminilla	US\$/t	-0.2
Energía		
Combustible	US\$/t	13.1
Vapor	US\$/t	0.0
Energía eléctrica	US\$/t	5.2
Gasto		
Gasto en personal	US\$/t	4.8
Materias primas	US\$/t	2.1
Materiales de operación	US\$/t	0.7
Materiales generales	US\$/t	0.1
Contratistas de operación	US\$/t	1.9
Contratistas de mantención	US\$/t	0.2
Contratistas de servicios generales	US\$/t	1.7
Otros contratistas	US\$/t	0.1
Gastos generales	US\$/t	0.0
Depreciación	US\$/t	5.5
MOVPER	US\$/t	0.1
Casino	US\$/t	0.2
Energía eléctrica gasto	US\$/t	0.2
Vapor	US\$/t	0.0
IDAC	US\$/t	0.6
Materiales	US\$/t	0.2
Combustible gasto	US\$/t	2.9
Transporte Ferroviario	US\$/t	0.1
Subrepartos	US\$/t	4.3
Órdenes de mantenimiento y PEP operación	US\$/t	10.4
TOTAL	US\$/t	577.7

- Los costos anteriores son con un rendimiento metálico 95.5 %.
- El costo total de producción para las 45.114 toneladas de producto terminado fue de 26.060.901,6 dólares.
- Las palanquillas cargadas al horno fueron 47.240 toneladas.
- Las toneladas perdidas por el rendimiento metálico son 2.126.

2.4 Análisis de la Problemática del Laminador de Barras Rectas

2.4.1 Diagrama de Causa Efecto Etapa del Laminador

Se construye un diagrama de causa efecto analizando los datos de producción del mes de Abril de 2017 donde se reflejan las pérdidas de rendimiento metálico.

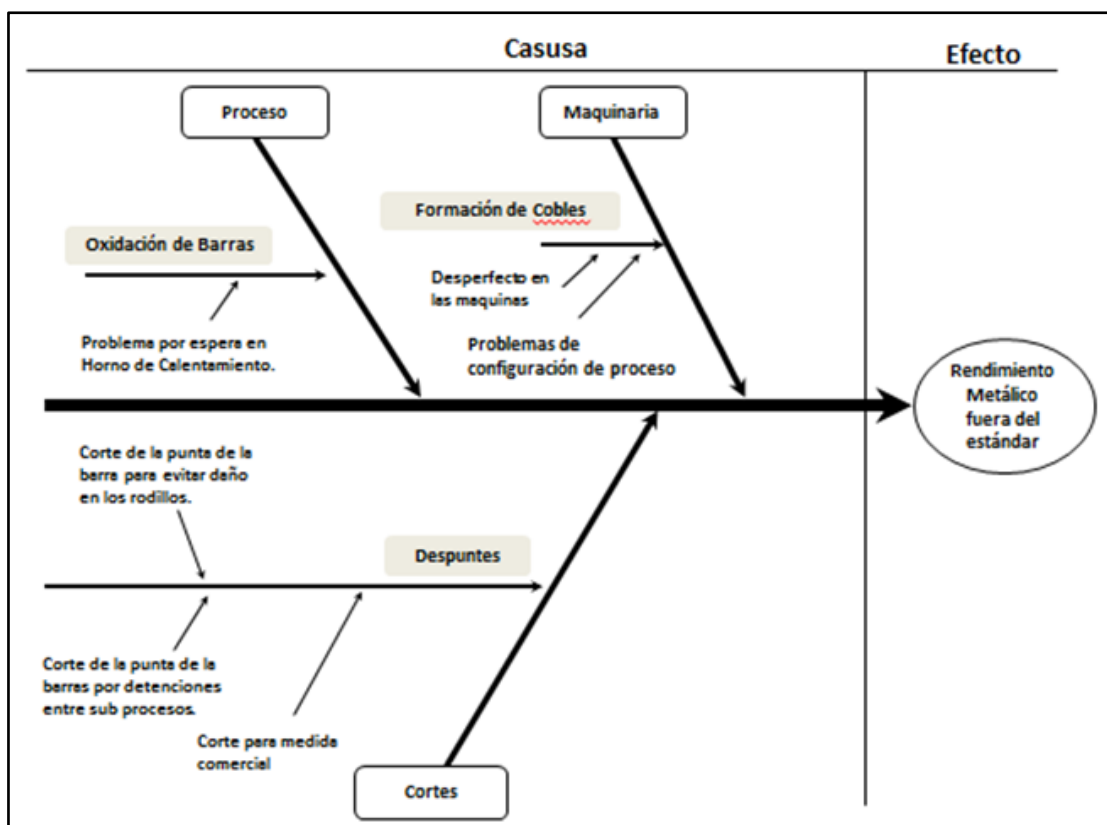


Imagen 19: Diagrama de Causa Efecto Etapa del Laminador, CAP Acero.

A continuación en el siguiente grafico Pareto se visualizara las proporcionalidades de cada uno de las entidades que intervienen en el proceso de Laminador de Barras Rectas.

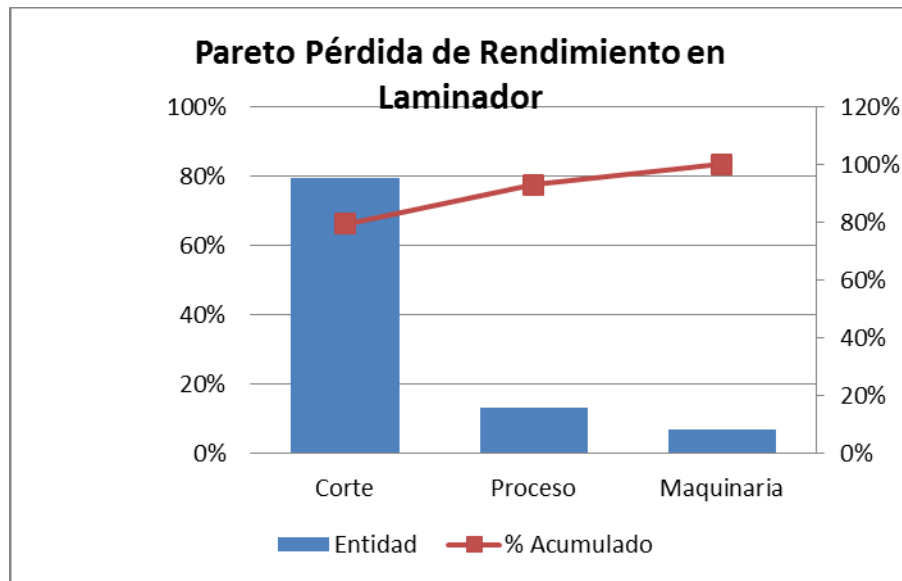


Imagen 20: Diagrama de Pareto Etapa del Laminador, CAP Acero.

Tabla 4: Pareto Etapa del Laminador

Item	Sub Causa	Causa	Entidad	% vs. Imput	Toneladas
1	Problema por espera en Horno de Calentamiento	Oxidación en Horno	Proceso	0,60%	283,44
2	Desperfecto en las máquinas	Formación de Codles	Maquinaria	0,32%	151,00
	Problemas de configuración de proceso				
3	Corte de la punta de la barra para evitar daño en los rodillos al iniciar un proceso	Despunte	Corte	3,58%	1.691,56
	Corte de la punta de la barras por detenciones entre sub procesos.				
	Corte para medida comercial				

Del análisis de los diagramas de causa efecto y Pareto se determina que el 80% de los problemas del Laminador de Barras Rectas se encuentra en la entidad Corte.

Luego, una vez determinado que en la entidad Corte se encuentra el 80% de los problemas, se repite el ejercicio en esa etapa para acotar las causas que generan la mayor cantidad de pérdidas en el proceso de laminado.

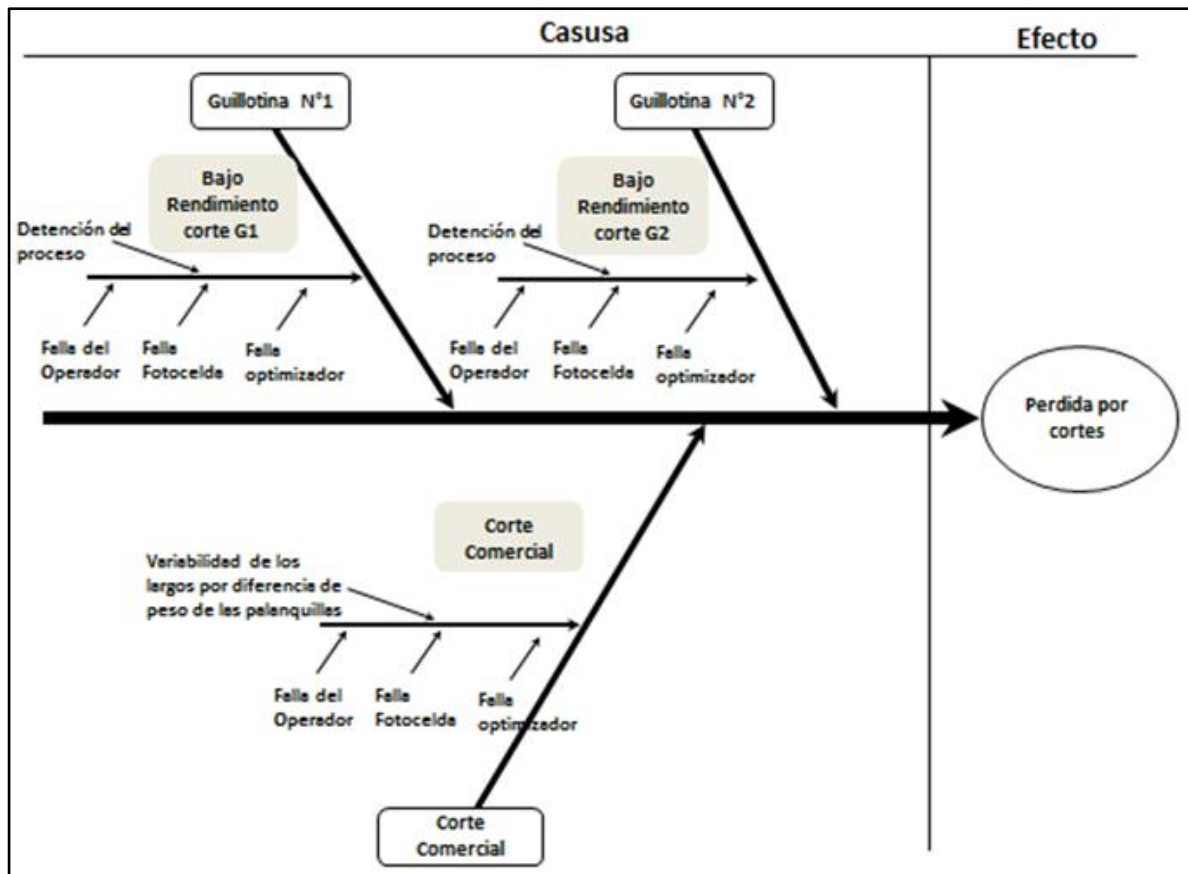


Imagen 21: Diagrama de Causa Efecto Pérdidas por Corte

Gráfico de Pareto se visualizara las proporcionalidades de las nuevas entidades.

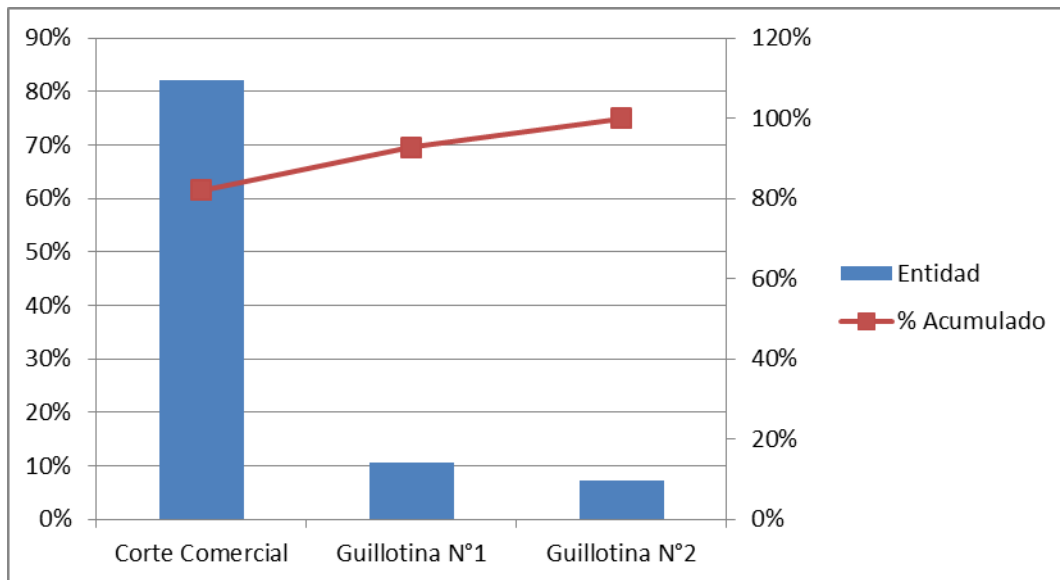


Imagen 22: Diagrama de Pareto Pérdidas por Corte.

Tabla 5: Pareto Etapa de Cortes.

Item	Sub Causa	Causa	Entidad	% vs. Imput	Toneladas
1	Detención del proceso	Bajo rendimiento corte G1	Guillotina N°1	0,47%	219,90
	Falla del Operador				
	Falla Fotocelda				
	Falla Optimizador				
1	Detención del proceso	Bajo rendimiento corte G2	Guillotina N°2	0,32%	148,82
	Falla del Operador				
	Falla Fotocelda				
	Falla Optimizador				
3	Variabilidad del peso de las palanquillas	Bajo rendimiento por Corte Comercial	Corte Comercial	2,80%	1.322,80
	Falla del Operador				
	Falla Fotocelda				
	Falla Optimizador				

De este nuevo análisis se determina que en la entidad Corte Comercial se encuentran las mayores pérdidas de sistema, por lo tanto se realiza un nuevo Pareto para analizar cuáles de las sub causas están afectando en mayor medida a esta entidad.

Se construye un nuevo Gráfico de Pareto, esta vez para visualizar las causas que afectan la etapa de Corte Comercial.

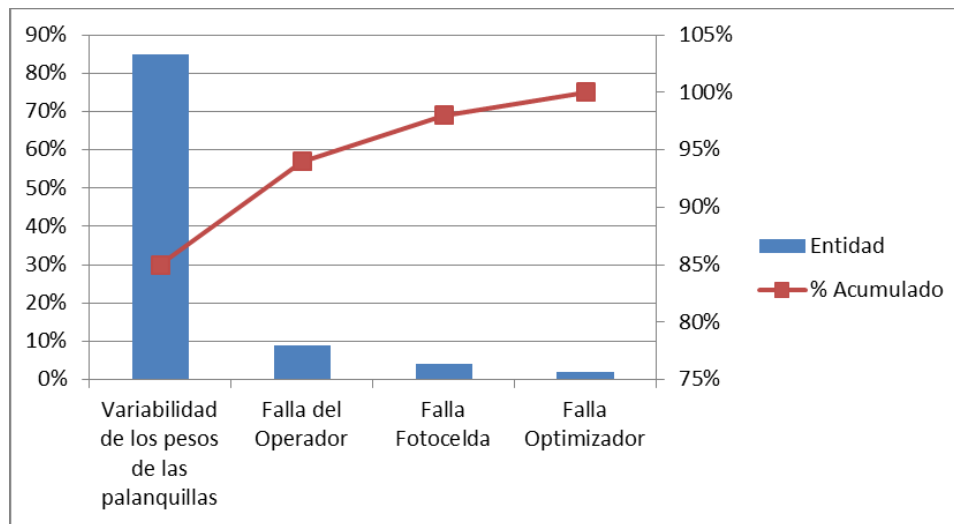


Imagen 23: Diagrama de Pareto Pérdidas por Corte Comercial.

Tabla 6: Pareto Etapa de Corte Comercial

Causa	Entidad	% vs. Imput	Toneladas
Variabilidad del peso de las palanquillas	Corte Comercial	2,38%	1.124,38
Falla del Operador		0,25%	119,05
Falla Fotocelda		0,11%	52,91
Falla Optimizador		0,06%	26,46

Finalmente se determina que la causa que más afecta a la guillotina de corte comercial es la variabilidad del peso de las palanquillas, por lo tanto esta será la variable que se analizará en el capítulo 3 para resolver la problemática del Laminador de Barras Rectas -

CAPITULO 3: Desarrollo de una Propuesta de Mejora.

3.1 Estudio de la variabilidad de las palanquillas.

Como se define en el capítulo anterior, se estudiara como mejorar el rendimiento metálico por las pérdidas generadas debido a la variabilidad de las palanquillas.

Para esto se realizan 2 ensayos con las palanquillas que se encuentran disponibles para laminación de los productos de mayor demanda.

Se realiza el análisis para la BG 76.2 mm, que representa un 30% de la producción anual del Laminador.

Del programa de carga de las palanquillas asignadas a la laminación de BG76.2 mm., se seleccionan 15 palanquillas las que son enviadas a romana para su pesaje, medición de largo y sección. Los resultados de estas mediciones son entregados en la siguiente tabla:

Tabla 7: Medición de Palanquillas.

PQ	Hornada	Pieza	Largo	Peso	Sección			
					Cabeza	Cola		
1	54029	22	9950	1961	159	160	159	161
2	54029	14	9908	1947	159	161	159	161
3	54029	21	9866	1946	161	160	162	159
4	54029	15	9938	1960	159	161	159	160
5	54028	43	9898	1947	160	159	160	159
6	54028	44	9948	1984	160	161	160	159
7	54028	45	9894	1952	161	159	159	160
8	54028	46	9876	1953	159	161	159	160
9	54029	17	9876	1942	161	160	161	159
10	54029	23	9868	1941	160	160	160	161
11	54029	13	9932	1999	159	160	159	161
12	54028	47	9872	1948	161	161	160	161
13	54028	48	9835	1944	161	159	161	159
14	54028	41	9900	1952	161	159	159	160
15	54028	42	9862	1936	159	160	160	160

Con los datos de las palanquillas se realizan los ensayos siguiendo los siguientes pasos:

Horno:

- Cargar las palanquillas en orden correlativo y ascendente, de acuerdo a la identificación de cada una de ellas para cada ensayo.
- Utilizar perfil térmico y temperatura de descarga para la laminación de aceros de alto carbono a 76.2 (mm), indicado en la siguiente tabla:

Tabla 8 Temperaturas del Horno.

• Zona	• Set Point (°C)
• Precalentamiento superior	1.000
• Precalentamiento inferior	1.000
• Calentamiento superior	1.170
• Calentamiento inferior	1.170
• Igualación inferior	1.150
• Igualación superior izquierda	1.150
• Igualación superior derecha	1.150

El perfil térmico anterior busca obtener entre 1020 ± 20 °C como temperatura de laminación.

Laminación

- Laminar de acuerdo a parámetros normales usados en la laminación de 76.2 (mm).
- Se deben recuperar e identificar todos los despuntes y descoles de cada palanquilla, para ello:
 - Sacar capacho de recepción de despuntes de G-1, el despunte se debe recuperar e identificar por cada palanquilla.
 - El despunte y descole de la GCC, se debe recuperar e identificar usando el carro de muestreo, palanquilla por palanquilla.

Terminación

- Las barras se deben cortar por palanquilla en la GCC.
- Los bultos se debe formar por palanquilla y pesar individualmente, esto permitirá conocer el peso resultante de cada bulto, el que se comparará con el peso de cada palanquilla.

3.1.1 Ensayo N°1

Se cargan 5 palanquillas en el siguiente orden:

Tabla 9: Palanquillas Cargadas para Producción.

Palanquilla	Hornada	Peso Palanquilla Teórico(kg)	Peso Palanquilla Romana OME(kg)	Diferencia (kg)
1	54029	1992,9	1961	31,9
2	54029	1992,9	1947	45,9
3	54029	1992,9	1946	46,9
4	54029	1992,9	1960	32,9
5	54028	1992,9	1947	45,9

De acuerdo al peso teórico de las 5 palanquillas se busca el mejor largo comercial del producto terminado, para este caso es de 6720 mm. (El largo acordado con el cliente es 6750 +- 50mm.)

Se obtienen los siguientes resultados:

- Se recuperaron e identificaron los despuntes y descoles de cada una de las palanquillas y se agruparon, los pesos totales se encuentran en la siguiente tabla:

Tabla 10: Pérdidas por despuntes.

Palanquilla	Hornada	Despunte (kg)
1	54029	34
2	54029	28
3	54029	23
4	54029	29
5	54028	18

Una vez cortadas las palanquillas se formaron bultos para cada una de ellas y los pesos son los siguientes:

Tabla 11: Peso de Bultos.

Palanquilla	Hornada	Peso Bulto Romana de Producto(kg)	Peso Bulto Romana OME(kg)	Diferencia (kg)
1	54029	1925	1911	14
2	54029	1930	1915	15
3	54029	1925	1917	8
4	54029	1925	1913	12
5	54028	1930	1912	18

Con los valores obtenidos, se calcula el rendimiento metálico teórico y el real.

Tabla 12: Rendimiento Metálico Teórico

Palanquilla	Hornada	Peso Palanquilla Teórico(kg)	Peso Bulto Romana Producto(kg)	Despunte(kg)	Rendimiento Teórico (%)
1	54029	1992,9	1925	34	96,59
2	54029	1992,9	1930	28	96,84
3	54029	1992,9	1925	23	96,59
4	54029	1992,9	1925	29	96,59
5	54028	1992,9	1930	18	96,84
Promedio		1992,9	1927	26,4	96,69

Tabla 13: Rendimiento Metálico Real

Palanquilla	Hornada	Peso Palanquilla Romana OME(kg)	Peso Bulto Romana OME(kg)	Despunte (kg)	Rendimiento Real(%)
1	54029	1961	1911	34	97,45
2	54029	1947	1915	28	98,36
3	54029	1946	1917	23	98,51
4	54029	1960	1913	29	97,60
5	54028	1947	1912	18	98,20
Promedio		1952,2	1913,6	26,4	98,02

Tabla 14: Diferencia de Rendimientos

Palanquilla	Hornada	Rendimiento Real (%)	Rendimiento Teórico (%)	Diferencia (%)
1	54029	97,45	96,59	0,86
2	54029	98,36	96,84	1,51
3	54029	98,51	96,59	1,92
4	54029	97,60	96,59	1,01
5	54028	98,20	96,84	1,36
Promedio		98,02	96,69	1,33

Comentarios

- De las 5 palanquillas cargadas ninguna tiene el peso nominal (min. 1946 y máx. 1961 kg).
- De las 5 palanquillas cargadas ninguna tiene el largo nominal de 9900 mm.
- Entre la palanquilla 3 y 4 hay una diferencia de 42 mm en el largo y ambas pesan lo mismo. Esto muestra que hay un problema en la sección de la palanquilla.
- Por la diferencia de peso de las palanquillas en el INPUT del horno, se pierde inmediatamente un 1.33% de rendimiento metálico.

3.1.2 Ensayo N°2

Se cargan 5 palanquillas considerando la de menor y mayor peso del grupo anterior, en el siguiente orden:

Tabla 15: Palanquillas Cargadas para Producción.

Palanquilla	Hornada	Peso Palanquilla Teórico(kg)	Peso Palanquilla Romana OME(kg)	Diferencia (kg)
1	54029	1992,9	1936	56,9
2	54029	1992,9	1984	8,9
3	54029	1992,9	1999	6,1
4	54029	1992,9	1942	50,9
5	54028	1992,9	1941	51,9

Estas 5 palanquillas se cortan considerando el mismo largo del ensayo 1, es decir 6720 mm.

Se obtienen los siguientes resultados:

- Se recuperaron e identificaron los despuntes y descoles de cada una de las palanquillas y se agruparon, los pesos totales se encuentran en la siguiente tabla:

Tabla 16: Pérdidas por Despunteros

Palanquilla	Hornada	Despunteros (kg)
1	54029	Última barra queda Corta.
2	54029	53
3	54029	59
4	54029	17
5	54028	26

Una vez cortadas las palanquillas se formaron bultos para cada una de ellas y los pesos son los siguientes:

Tabla 17: Peso de los Bultos.

Palanquilla	Hornada	Peso Bulto Romana de Producto(kg)	Peso Bulto Romana OME(kg)	Diferencia (kg)
1	54029	1685	1679	6
2	54029	1925	1919	6
3	54029	1925	1916	9
4	54029	1925	1918	7
5	54028	1930	1918	12

Con los valores obtenidos, se calcula el rendimiento metálico teórico y el real.

Tabla 18: Rendimiento Metálico Teórico

Palanquilla	Hornada	Peso Palanquilla Teórico(kg)	Peso Bulto Romana Producto(kg)	Despunte(kg)	Rendimiento Teórico (%)
1	54029	1992,9	1685	Última barra queda Corta.	84,55
2	54029	1992,9	1925	53	96,59
3	54029	1992,9	1925	59	96,59
4	54029	1992,9	1925	17	96,59
5	54028	1992,9	1930	26	96,84
Promedio		1992,9	1877		94,18

Tabla 19: Rendimiento Metálico Real

Palanquilla	Hornada	Peso Palanquilla Romana OME(kg)	Peso Bulto Romana OME(kg)	Despunte(kg)	Rendimiento Real(%)
1	54029	1936	1679	Última barra queda Corta.	86,72
2	54029	1984	1919	53	96,72
3	54029	1999	1916	59	95,84
4	54029	1942	1918	17	98,76
5	54028	1941	1918	26	98,81
Promedio		1960,4	1870		95,38

Tabla 20: Diferencia de Rendimientos

Palanquilla	Hornada	Rendimiento Real (%)	Rendimiento Teórico (%)	Diferencia (%)
1	54029	86,72	84,55	2,17
2	54029	96,72	96,59	0,13
3	54029	95,84	96,59	-0,75
4	54029	98,76	96,59	2,17
5	54028	98,81	96,84	1,97
Promedio		95,38	94,18	1,2

Comentarios

- De las 5 palanquillas cargadas ninguna tiene el peso nominal (min. 1936 y máx. 1999 kg).
- De las 5 palanquillas cargadas ninguna tiene el largo nominal de 9900 mm.
- De la primera palanquilla la última barra queda corta y no alcanza el largo del cliente 6720, el largo resultante es 6670 sin despuntar, esto debido a que la palanquilla tiene menos peso 1936 kg.

- Por la diferencia de peso de las palanquillas en el INPUT del horno, se pierde inmediatamente un 1.2 % de rendimiento metálico.
- Se detecta una baja en el rendimiento metálico promedio de los 5 bultos producto de la diferencia de peso en las palanquillas.

3.2 Propuesta de Mejora

Después de determinar donde se encuentran las perdidas por rendimiento metálico, se propone que las palanquillas para el Laminador de Barras Rectas deben venir pesadas y estandarizadas, es decir, para cada producto en particular y de acuerdo a los requerimientos de largo de los clientes deben tener un peso definido y fijo para poder optimizar el Laminador.

Para lograr lo anterior la propuesta de mejora es instalar una romana de palanquillas en La Colada Continua, que cuente con un lazo cerrado y realimentación del peso para evitar desviaciones mayores en el peso solicitado.

3.2.1 Delimitaciones

Se propone la instalación de una romana de palanquilla en Colada continua con las siguientes características:

- 5 Líneas de Colada.
- Palanquillas de 7 a 10 metros de largo.
- Palanquillas de sección de 160x160 mm.
- Utilización del Layout actual de la Colada Continua.



Imagen 24: Colada Continua de Palanquillas, CAP Acero

Se estudia el mercado y otras Plantas Siderúrgicas como Nucor Steel, Gerdau Ameristeel y CMC Steel, las tres plantas mencionadas cuentan con un sistema de pesaje de palanquillas que fue instalado para mejorar el rendimiento metálico.

El sistema de pesaje de palanquillas más moderno es implementado por la firma Canadiense **CCR-Tecnologies**, es con esta empresa con la que plantearémos la solución.

3.2.1.1 Características del sistema de pesaje de palanquillas.

El Sistema de Pesaje de Palanquillas de la empresa **CCR-Tecnologies** se ha desarrollado por una extensa investigación y pruebas en plantas pilotos. El foco principal ha sido la disminución de las pérdidas por rendimiento metálico de los clientes y los manejos posteriores que requiere este material, agregando costos extras a la producción.

El funcionamiento de la máquina es totalmente automático controlado por PLC y con el control procedente de una estación de operación. El modo de control se puede seleccionar entre automático o manual.



Imagen 25: Control de sistema de pesaje.

Cada módulo de pesaje se instala como una escala individual. Este concepto de diseño permite el retiro rápido y el reemplazo de cualquier módulo de pesaje para fines de mantenimiento.

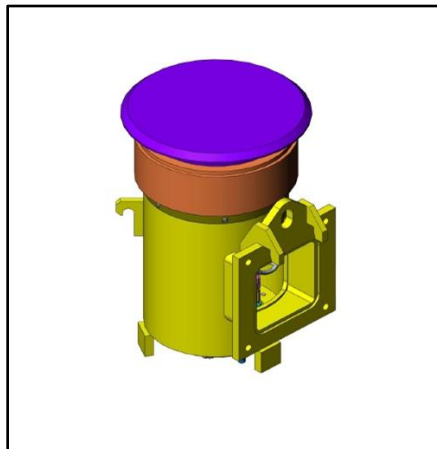


Imagen 26: Módulo de Pesaje

La precisión del equipo está garantizada como máximo en un 1%.

El sistema de control es de lazo cerrado, con realimentación para corregir el largo de las palanquillas en relación al peso establecido.

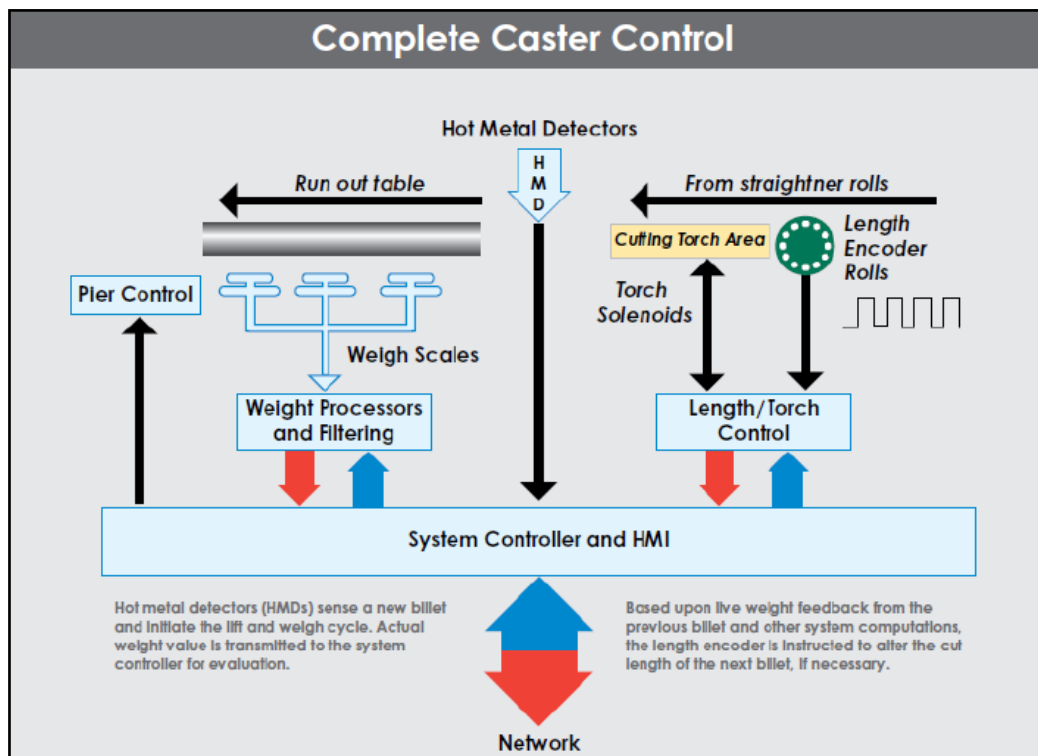


Imagen 27: Control de Lazo Cerrado del Sistema de Pesaje.

El Layout del sistema no modifica en gran parte lo instalado en Colada Continua.



Imagen 28: Romana de Palanquillas implementada en Nucor Steel

La Instalación y puesta en servicio del sistema de pesaje se describe a continuación y es realizada por la empresa **CCR-Tecnologies**:

- Día 1, entrega y revisión de componentes.
- Día 2-7, Instalación de equipos (necesitan 3 días de detención de las operaciones).
- Día 8, calibración y pruebas.
- Día 9-30, se comienzan a pesar las palanquillas para establecer el estándar de la planta.
- Día 31, Implementar el programa de corrección de longitud basado en el peso de las palanquillas.
- Día 32, se inician los ahorros por rendimiento metálico.

CAPITULO 4: Análisis Económico.

En este capítulo se presenta el valor monetario de la propuesta de mejora del rendimiento metálico del laminador de barra recta y además de realizará un análisis económico de la situación actual del proceso de laminación de Barra Recta de CAP Acero y se compararán los resultados con un análisis económico en un escenario de mejora.

4.1 Costos relacionados a la propuesta de mejora

Para esta propuesta se considerará un equipo comprendido por una romana de palanquillas que se instalará a la salida de la colada continua y antes del laminador.

El equipo propuesto es una romana de la empresa CSR Technologies de procedencia canadiense, con amplia experiencia en el rubro siderúrgico.

Costos totales de la implementación del equipo de Romanas.

Tabla 21: Costos del Sistema de Pesaje

Descripción	Costo en Dólares
Sistema de pesaje para 5 palanquillas	372.000
Sistema de Medición láser para 5 palanquillas	143.000
Sistema de cambio rápido para celdas de pesaje	20.000
Soportes de muelle de pesajes	25.580
Juego de Celdas de Carga para repuestos (KIT de 3 unidades)	11.325
Conjunto de cilindro hidráulico de Backup (KIT de 3 unidades)	4.320
Isumos para unidad de medición láser	18.810
Instalación, comisionamiento y puesta en marcha	267.766
Capacitación y asistencia por on line por 12 meses	119.007
Total	981.808

Si bien el costo de la implementación parece elevado, en las siguientes secciones veremos que la recuperación de la inversión tiene está dentro de los rangos.

4.2 Evaluación Financiera del Proceso de Transformación de Palanquillas a Producto Terminado.

La evaluación financiera del laminador de barras rectas, se realizará considerando los costos involucrados en el proceso, todas las variables están relacionadas a la cantidad de toneladas producidas al año.

Las proyecciones de los siguientes costos se realizarán considerando los siguientes supuestos.

- Se considerará un periodo de inversión de 5 años entre los años 2018 a 2022.-
- La producción se define con un incremento entre 2% y 3%.
- El precio de la palanquilla se definirá para el 2018 en U\$D 529 / Ton, con variación negativa de 3% anual, año tras año, esto considerando la fluctuación a la baja que ha presentado el precio internacional de las materias primas.
- El precio de la energía eléctrica se define con un incremento anual de 5% año a año.
- Los Gastos y otros tendrán un incremento de 3% considerando el alza del IPC futuro.

4.2.1 Proyección de costos de producción sin la propuesta de mejora.

Tabla 22: Detalle de Costos de Producción sin mejora

Línea	Producción	Moneda	Proyección de cierre 2017	Proyección 2018		Proyección 2019		Proyección 2020		Proyección 2021		Proyección 2022	
				%	Valor	%	Valor	%	Valor	%	Valor	%	Valor
1	BG laminada	Ton	324.456	3%	334.190	2%	340.874	2%	347.691	2%	354.645	0%	354.645
2	BH e <=12 mm laminada	Ton	81.902	3%	84.359	2%	86.047	2%	87.768	2%	89.523	0%	89.523
3	BH 12 < e <=36 mm laminada	Ton	59.311	3%	61.091	2%	62.312	2%	63.559	2%	64.830	0%	64.830
4	BHE laminada	Ton	2.787	3%	2.871	2%	2.928	2%	2.987	2%	3.046	0%	3.046
5	ESP laminada	Ton	439	3%	452	2%	462	2%	471	2%	480	0%	480
7	Producción Total	Ton	468.897	3%	482.964	2%	492.623	2%	502.475	2%	512.525	0%	512.525
8	Costos												
9	Materias												
10	Palanquilla Total	USD /Ton	529,0	-3%	513,1	-3%	497,7	-3%	482,8	-3%	468,3	-3%	454,3
11	Subproducto												
12	Chatarra de acero	USD /Ton	-7,1	0%	-7,1	0%	-7,1	0%	-7,1	0%	-7,1	0%	-7,1
13	Laminilla	USD /Ton	-0,2	0%	-0,2	0%	-0,2	0%	-0,2	0%	-0,2	0%	-0,2
14	Energía												
15	Combustible	USD /Ton	10,8	0%	10,8	0%	10,8	0%	10,8	0%	10,8	0%	10,8
16	Vapor	USD /Ton	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0	0%	0,0
17	Energía eléctrica	USD /Ton	5,9	5%	6,2	5%	6,6	5%	6,9	5%	7,2	5%	7,6
18	Gasto												
19	Gasto en personal	USD /Ton	5,0	3%	5,2	3%	5,3	3%	5,4	3%	5,6	3%	5,7
20	Materias primas	USD /Ton	1,3	3%	1,3	3%	1,4	3%	1,4	3%	1,4	3%	1,5
21	Materiales de operación	USD /Ton	2,7	3%	2,7	3%	2,8	3%	2,9	3%	2,9	3%	3,0
22	Materiales generales	USD /Ton	0,7	3%	0,7	3%	0,7	3%	0,7	3%	0,7	3%	0,7
23	Contratistas de operación	USD /Ton	2,6	3%	2,6	3%	2,7	3%	2,8	3%	2,8	3%	2,9
24	Contratistas de mantención	USD /Ton	0,2	3%	0,2	3%	0,2	3%	0,2	3%	0,2	3%	0,2
25	Contratistas de servicios generales	USD /Ton	1,2	3%	1,2	3%	1,2	3%	1,3	3%	1,3	3%	1,3
26	Otros contratistas	USD /Ton	0,0	3%	0,1	3%	0,1	3%	0,1	3%	0,1	3%	0,1
27	Gastos generales	USD /Ton	0,0	3%	0,0	3%	0,0	3%	0,0	3%	0,0	3%	0,0
28	Depreciación	USD /Ton	6,3	0%	6,3	0%	6,3	0%	6,3	0%	6,3	0%	6,3
29	Otros	USD /Ton	4,3	3%	4,4	3%	4,5	3%	4,7	3%	4,8	3%	4,9
30	Órdenes de Mant. y PEP operación	USD /Ton	11,2	3%	11,5	3%	11,8	3%	12,1	3%	12,4	3%	12,7
33	Costo Producción Anual sin Mejora	USD /Ton	574,0		559,2		544,9		531,0		517,7		504,8
34	Costos Anuales sin Mejora	USD	\$ 269.163.409		\$ 270.070.016		\$ 268.410.600		\$ 266.826.069		\$ 265.318.607		\$ 258.716.215
36	Costo de Transformación de Palanquilla a Producto Terminado	USD / TON	45,0		46,1		47,1		48,2		49,4		50,5

4.2.2 Proyección de costos de producción con la propuesta de mejora.

Tabla 23: Detalle de Costos de Producción con mejora

Linea	Producción	Moneda	Proyección de cierre 2017	Proyección 2018	Proyección 2019	Proyección 2020	Proyección 2021	Proyección 2022
				Valor	Valor	Valor	Valor	Valor
1	BG laminada	Ton	324.456	334.190	340.874	347.691	354.645	354.645
2	BH e <=12 mm laminada	Ton	81.902	84.359	86.047	87.768	89.523	89.523
3	BH 12 < e <=36 mm laminada	Ton	59.311	61.091	62.312	63.559	64.830	64.830
4	BHE laminada	Ton	2.787	2.871	2.928	2.987	3.046	3.046
5	ESP laminada	Ton	439	452	462	471	480	480
6	Aumento de producción x mejora 2%	Ton		7.244	7.389	7.537	7.688	7.688
7	Producción Total	Ton	468.897	490.208	500.012	510.012	520.213	520.213
8	Costos							
9	Materias							
10	Palanquilla Total	USD /Ton	529,0	513,1	497,7	482,8	468,3	454,3
11	Subproducto							
12	Chatarra de acero	USD /Ton	-7,1	-7,1	-7,1	-7,1	-7,1	-7,1
13	Laminilla	USD /Ton	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2
14	Energía							
15	Combustible	USD /Ton	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8
16	Vapor	USD /Ton	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
17	Energía eléctrica	USD /Ton	5,9	6,2	6,6	6,9	7,2	7,6
18	Gasto							
19	Gasto en personal	USD /Ton	5,0	5,2	5,3	5,4	5,6	5,7
20	Materias primas	USD /Ton	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,5
21	Materiales de operación	USD /Ton	2,7	2,7	2,8	2,9	2,9	3,0
22	Materiales generales	USD /Ton	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
23	Contratistas de operación	USD /Ton	2,6	2,6	2,7	2,8	2,8	2,9
24	Contratistas de mantención	USD /Ton	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
25	Contratistas de servicios generales	USD /Ton	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3
26	Otros contratistas	USD /Ton	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
27	Gastos generales	USD /Ton	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
28	Depreciación	USD /Ton	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3
29	Otros	USD /Ton	4,3	4,4	4,5	4,7	4,8	4,9
30	Órdenes de Mant. y PEP operación	USD /Ton	11,2	11,5	11,8	12,1	12,4	12,7
31	Disminución de Costo por Mejora	USD /Ton		- 8,3	- 8,1	- 7,8	- 7,7	- 7,5
32	Aumento de costo x menor venta de Chatarra	USD /Ton		5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
33	Costo Producción Anual sin Mejora	USD /Ton	574,0	559,2	544,9	531,0	517,7	504,8
34	Costo Producción Anual con Mejora	USD /Ton	574,0	555,9	541,8	528,2	515,0	502,3
35	Costos Anuales sin Mejora	USD	\$ 269.163.409	\$ 270.070.016	\$ 268.410.600	\$ 266.826.069	\$ 265.318.607	\$ 258.716.215
36	Costos Anuales con Mejora	USD	\$ 269.163.409	\$ 272.521.055	\$ 270.910.661	\$ 269.376.131	\$ 267.919.670	\$ 261.317.278
37	Costo de Transformación de Palanquilla a Producto Terminad Sin Mejora	USD / TON	45,0	46,1	47,1	48,2	49,4	50,5
38	Costo de Transformación de Palanquilla a Producto Terminado	USD / TON	45,0	42,8	44,1	45,4	46,7	48,1
39	Beneficio por implementación de sistema de pesaje de palanquillas con Romana CCR Technologies	USD / TON	-	3,26	3,05	2,85	2,65	2,46
40	Beneficio en Valor	USD	-	1.600.010	1.526.098	1.452.329	1.378.716	1.279.680

4.2.2.1 Flujo de caja de Propuesta con Mejora.

Para realizar este análisis se consideran los beneficios obtenidos por concepto de implementación de la propuesta de mejora en un plazo de 5 años.

Consideraciones:

- Financiamiento Propio.
- Los impuestos a la empresa según SII para el año 2018 son de 25,5% y los demás años de 27%
- La máquina se considera con depreciación lineal a 5 años.

Se realiza el cálculo de la tasa de descuento con los siguientes datos obtenidos del EEFF de CAP Acero S.A. 2016 y datos Bursátiles del 2016.

Tabla 24: Betas de compañías relacionadas.

Compañía Relacionada	Beta Apalancado	Beta Desapalancado
Gerdau SA (Brasil)	1,32	0,73
Nucor Steel INC. (USA)	1,46	1,35
Steel Dynamics Inc. (USA)	0,87	0,78
Beta Promedio	1,22	0,95

Tabla 25: Datos financieros

Datos Financieros		
Rd:		3,97%
Rf:		1,14%
E(Rm):		11,30%
TC:		25%
Deuda	MM USD	2.648
Patrimonio	MM USD	3.151
Relación D/V		0,46
Relación P/V		0,54
Relación D/P		0,84

Tabla 26: Tasa de descuento calculada.

Beta Apalancado CAP Acero	1,55
CAPM	0,17
Wacc	0,11

La tasa de descuento a utilizar para el proyecto es del 11%.

Tabla 27: Flujo de caja con implementación de propuesta de mejora.

ITEM	PERIODO EN AÑOS					
	0	1	2	3	4	5
Ingresos por Mejora		1600010,3	1526098,2	1452329,1	1378715,9	1279680,0
Operación de la Maquina		-73846,2	-76061,5	-78343,4	-80693,7	-83114,5
Ingresos Operacionales		1526164,1	1450036,7	1373985,7	1298022,2	1196565,5
Devaluación de la Maquina		-196361,6	-196361,6	-196361,6	-196361,6	-196361,6
Utilidad Antes de impuesto		1329802,5	1253675,1	1177624,1	1101660,6	1000203,9
Tasa de Impuesto SII Chile		25,5%	27,0%	27,0%	27,0%	27,0%
Impuesto		-339099,6	-338492,3	-317958,5	-297448,4	-270055,1
Utilidad Despues de Impuesto		990702,9	915182,8	859665,6	804212,2	730148,9
Depreciación		196361,6	196361,6	196361,6	196361,6	196361,6
Flujo Operacional		1187064,5	1111544,4	1056027,2	1000573,8	926510,5
Inversión	-981808,0					
Flujo de Caja	-981808,0	1187064,5	1111544,4	1056027,2	1000573,8	926510,5
VPN	-981808,0	1069427,5	902154,4	772158,0	659109,0	549838,9
VAN U\$D	\$ 2.970.880					
TIR	65%					

Resultado del análisis; Al observar los resultados del flujo de caja, se observa que el VAN del proyecto es positivo, ascendiendo a 2.97 Millones de dólares en un periodo de evaluación de 5 años, además el resultado de la TIR es de 65% muy superior a la tasa de descuento del proyecto.

Se establece el fundamento financiero para optar por la implementación de esta propuesta de mejora en el laminador de Barras Rectas de CAP Acero.

CAPITULO 5: Conclusiones

Este trabajo ha permitido la validación económica para la implementación de una romana que controla el peso de las palanquillas en CAP Acero.

El beneficio obtenido o VAN durante el periodo de evaluación (5 años) es de 2.97 Millones de dólares y la TIR de 65%.

El aumento del rendimiento metálico del Laminador de barras Rectas será de un 2% aprox. Lo que permitirá lograr los valores de diseño y mejorar todos los indicadores.

Se recomienda una vez implementado el sistema realizar un levantamiento completo de todos los productos del Laminador, con estos valores se pueden mejorar las prácticas operativas, definir los pesos de las palanquillas por producto y mejorar aún más el rendimiento metálico.

Se logran disminuir los costos de transformación de palanquilla a producto terminado y aumenta la producción anual del Laminador.

Para finalizar, al implementar el proyecto se sitúa al Laminador en un “WORLD CLASS” con tecnología e indicadores de punta.

CAPITULO 6: Bibliografía y Anexos.

5.1 Bibliografía

1. Memoria anual de CAP Acero S.A 2016.
2. Memoria anual de CAP Acero S.A 2013
3. Datos bursátiles SVS y banco Central de Chile.
4. Publicaciones Revista Asimet, Julio 2014
5. Página Web Hellenic and International Shipping www.hellenicshippingnews.com.
6. Página Web CAP Acero: www.capacero.cl
7. Página Web financiera: www.infinancials.com
8. Página Web Nucor Steel: www.nucor.com
9. Página Web Gerdau S.A: www.gerdau.com
10. Página Web e información empresa CCR-Technologies: www.ccr-technologies.com
11. Libro Historia de la Compañía de Acero del Pacífico S.A. Antonia Echenique C. Concepción Rodríguez.
12. Revista Mercado del Acero.

5.2 Anexos.

5.2.1 Software de apoyo.-

Sistema de información MES, CAP Acero.

5.2.2 Tabla de Imágenes.-

Imagen 1: Barras en diferente formato, CAP Acero.	4
Imagen 2: Rendimiento metálico LBR, fuente interna CAP Acero.	6
Imagen 3: Principales productores de Acero, cifran en millones de toneladas	7
Imagen 4: Evolución del precio del Acero en dólares, fuente Bloomberg.	7
Imagen 5: Diagrama de bloque de Procesos General, CAP Acero.	14
Imagen 6: Patio acopio de materias primas, CAP Acero.	15
Imagen 7: Horno de Carbón, CAP Acero.	15
Imagen 8: Alto Horno, CAP Acero.	16
Imagen 9: Etapa Desulfuración, CAP Acero.	16
Imagen 10: Fotografía y Esquema Convertidos de Oxígeno, CAP Acero.	17
Imagen 11: Etapa de Colado, CAP Acero.	17
Imagen 12: Producto Terminado, CAP Acero.	18
Imagen 13: Plano del Laminador, CAP Acero.	19
Imagen 14: Laminador Barras de Acero, CAP Acero.	20
Imagen 15: Diagrama Proceso de Laminación, CAP Acero.	22
Imagen 16: Gráfica Cumplimiento de Producción 2016, CAP Acero.	23
Imagen 17: Gráfica Factor de Operación, Laminador de Barra Recta, CAP Acero.	23
Imagen 18: Rendimiento Metálico Laminador de Barra Recta, CAP Acero.	24
Imagen 19: Diagrama de Causa Efecto Etapa del Laminador, CAP Acero.	26
Imagen 20: Diagrama de Pareto Etapa del Laminador, CAP Acero.	27
Imagen 21: Diagrama de Causa Efecto Pérdidas por Corte	28
Imagen 22: Diagrama de Pareto Pérdidas por Corte.	29
Imagen 23: Diagrama de Pareto Pérdidas por Corte Comercial.	30
Imagen 24: Colada Continua de Palanquillas, CAP Acero	41
Imagen 25: Control de sistema de pesaje.	42
Imagen 26: Módulo de Pesaje	42
Imagen 27: Control de Lazo Cerrado del Sistema de Pesaje.	43
Imagen 28: Romana de Palanquillas implementada en Nucor Steel	44

5.2.3 Tabla de Datos.-

Tabla 1: Producción Mundial de Acero (Steel Statical Year Book 2016).....	11
Tabla 2: Datos de Producción 2016 Laminador de Barras Rectas, Sistema MES CAP Acero.	22
Tabla 3: Costos de Producción Abril 2017 Laminado de Barras Rectas, CAP Acero ...	25
Tabla 4: Pareto Etapa del Laminador	27
Tabla 5: Pareto Etapa de Cortes.	29
Tabla 6: Pareto Etapa de Corte Comercial	30
Tabla 7: Medición de Palanquillas.	31
Tabla 8 Temperaturas del Horno.	32
Tabla 9: Palanquillas Cargadas para Producción.	33
Tabla 10: Pérdidas por despuntes.	34
Tabla 11: Peso de Bultos.	34
Tabla 12: Rendimiento Metálico Teórico.....	35
Tabla 13: Rendimiento Metálico Real.....	35
Tabla 14: Diferencia de Rendimientos	36
Tabla 15: Palanquillas Cargadas para Producción.	37
Tabla 16: Pérdidas por Despueses	37
Tabla 17: Peso de los Bultos.....	38
Tabla 18: Rendimiento Metálico Teórico.....	38
Tabla 19: Rendimiento Metálico Real.....	39
Tabla 20: Diferencia de Rendimientos	39
Tabla 21: Costos del Sistema de Pesaje.....	45
Tabla 22: Detalle de Costos de Producción sin mejora	47
Tabla 23: Detalle de Costos de Producción con mejora.....	48
Tabla 24: Betas de compañías relacionadas.	49
Tabla 25: Datos financieros	49
Tabla 26: Tasa de descuento calculada.....	50
Tabla 27: Flujo de caja con implementación de propuesta de mejora.....	50